

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
HUARI EN ANCASH”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

ALEXANDER TAMAYO VIDAL

HUACHO - PERÚ

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
HUARI EN ANCASH”**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador

**Dr. Ranulfo Flores Briceño
PRESIDENTE**

**Víctor Raúl Coca Ramírez
Secretario**

**Ing. Marco Tulio Sánchez Calle
VOCAL**

**Ing. Chávez Barbery Luis Miguel
ASESOR**

HUACHO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico con mucho cariño a mis progenitores por la abnegada labor que han realizado conmigo, apoyándome de manera moral y económica en este largo camino, ya que fueron los que me encaminaron a terminar mis estudios superiores.

Alexander Tamayo Vidal

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por haberme abierto las puertas para iniciar poder estudiar mi carrera profesional.

A mi Asesor, el Ing. Chávez Barbery, Luis Miguel quien me brindo su apoyo y sus conocimientos de firma integral para poder culminar esta investigación.

A la Ing. Andrés León, Yahaira por haber contribuido a que este trabajo se culmine de la mejor manera.

Mis agradecimientos también van dirigido a los diferentes amigos y profesionales que me brindaron sus conocimientos y apoyo para la culminación de este trabajo de investigación.

Primeramente, agradezco a Dios por guiarme en esta nueva etapa, ya que me permitió tomar las decisiones correctas y me acompaño en todos los días de mi existir cotidiano.

Alexander Tamayo Vidal

ÍNDICE

| | Pág.: |
|--|-------------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN | 9 |
| ABSTRACT | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 12 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática | 12 |
| 1.2. Formulación del problema | 14 |
| 1.2.1. Problema general | 14 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 14 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 14 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 14 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 14 |
| 1.4. Justificación de la investigación..... | 15 |
| 1.4.1. Justificación Practica | 15 |
| 1.4.2. Justificación Social | 15 |
| 1.4.3. Justificación Ambiental | 15 |
| 1.5. Delimitación del estudio | 16 |
| 1.6. Viabilidad del estudio | 16 |
| 2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1. Antecedentes de la Investigación | 17 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales..... | 17 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales | 23 |
| 2.2. Bases teóricas | 25 |
| 2.2.1. Importancia del agua..... | 25 |
| 2.2.2. Calidad del agua..... | 25 |
| 2.2.3. Efectos en la salud de los agentes patógenos..... | 27 |
| 2.2.4. El agua en el Perú | 28 |
| 2.2.5. Aplicación <i>del índice de la calidad del agua</i> | 29 |
| 2.2.6. Determinación del ICA-PE para un monitoreo..... | 33 |
| 2.2.7. Marco Legal | 35 |
| 2.3. Definiciones conceptuales..... | 36 |
| 2.4. Formulación de hipótesis | 43 |
| 2.4.1. Hipótesis general..... | 43 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.4.2. | Hipótesis específicas | 43 |
| 3. | CAPÍTULO III METODOLOGÍA | 44 |
| 3.1. | Diseño metodológico | 44 |
| 3.1.1. | Tipo de investigación | 44 |
| 3.1.2. | Nivel de investigación | 44 |
| 3.1.3. | Diseño de estudio | 44 |
| 3.1.4. | Enfoque | 44 |
| 3.2. | Población y muestra | 44 |
| 3.2.1. | Población | 44 |
| 3.2.2. | Muestra | 45 |
| 3.3. | Procedimiento de Monitoreo | 45 |
| 3.3.1. | Premonitoreo | 45 |
| 3.3.2. | Monitoreo | 48 |
| 3.3.3. | Posmonitoreo | 51 |
| 3.4. | Técnicas e instrumentos para recolección de datos | 52 |
| 3.5. | Técnicas para el procesamiento de información | 54 |
| 4. | CAPÍTULO IV RESULTADOS | 55 |
| 4.1. | Presentación de cuadros, gráficos e interpretación | 55 |
| 4.1.1. | Parámetros Fisicoquímicos | 55 |
| 4.1.2. | Parámetros Inorgánicos | 57 |
| 4.1.3. | Parámetros Microbiológico | 63 |
| 4.2. | Resultados de la verificación del cumplimiento normativo | 64 |
| 4.3. | Calculo los F1, F2 y F3 (según fórmula de la metodología ICA – PE) | 65 |
| 5. | CAPÍTULO V DISCUSIÓN | 68 |
| 6. | CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 71 |
| 6.1. | Conclusiones | 71 |
| 6.2. | Recomendaciones | 71 |
| 7. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 73 |
| 8. | ANEXOS | 79 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Delimitación del lugar de estudio | 16 |
| Tabla 2 Organismo y enfermedades comunes del agua contaminada..... | 27 |
| Tabla 3 Interpretación de la calificación ICA | 32 |
| Tabla 4 Escala ICA | 35 |
| Tabla 5 Composición del agua..... | 40 |
| Tabla 6 Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistemas frecuentes | 41 |
| Tabla 7 Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua | 45 |
| Tabla 8 Puntos de muestreo | 46 |
| Tabla 9 Parámetros a monitorear | 47 |
| Tabla 10 Equipos para el monitoreo | 47 |
| Tabla 11 Conservación y preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado. | 49 |
| Tabla 12. Los Resultados de los Puntos, P1, P2 y P3. | 65 |
| Tabla 13 Hallar los F1, F2 y F3 | 65 |
| Tabla 14. Tabla de los excedentes para poder hallar el F3 | 66 |
| Tabla 15 Resultados de la Investigación de Aguilar y Solano, (2018) | 79 |
| Tabla 16 Resultados de los análisis in situ y ex situ | 80 |
| Tabla 17 Resultados obtenidos de la Investigación de Chávez..... | 81 |
| Tabla 18 Variación espacial y temporal del pH..... | 82 |
| Tabla 19 Variación espacial y temporal de Temperatura (°C)..... | 82 |
| Tabla 20 Variación espacial y temporal de Conductividad (uS/cm)..... | 82 |
| Tabla 21 Variación espacial y temporal de Oxígeno Disuelto (mg/l)..... | 83 |
| Tabla 22 Variación espacial y temporal de DBO5 (mg/l)..... | 83 |
| Tabla 23 Variación espacial y temporal de SST (mg/l)..... | 83 |
| Tabla 24 Variación espacial y temporal de Nitratos (mg/l)..... | 84 |
| Tabla 25 Variación espacial y temporal de Fósforo Total | 84 |
| Tabla 26 Caracterización de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)..... | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Clasificación mediante el sistema Horton (1954)..... | 46 |
| Figura 2. Clasificación mediante el sistema..... | 51 |
| Figura 3. Variación del potencial de Hidrogeno en los tres puntos | 55 |
| Figura 4. Variación de Oxígeno disuelto en los tres puntos. | 56 |
| Figura 5. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos | 57 |
| Figura 6. Variación del Arsénico en los tres puntos | 57 |
| Figura 7. Variación del Cadmio en los tres puntos | 58 |
| Figura 8. Variación del Cobre en los tres puntos | 58 |
| Figura 9. Variación del Cromo en los tres puntos..... | 59 |
| Figura 10. Variación del Hierro en los tres puntos | 60 |
| Figura 11. Variación del Manganeseo en los tres puntos. | 60 |
| Figura 12. Variación del Mercurio en los tres puntos..... | 61 |
| Figura 13. Variación del Plomo en los tres puntos | 62 |
| Figura 14. Variación del potencial de Hidrogeno en los tres puntos | 63 |
| Figura 15. Variación de los Coliformes Termotolerantes | 64 |
| Figura 16. Mapa ICA - PE | 67 |

RESUMEN

Objetivo: La investigación se determinó el índice de la calidad del agua (ICA) mediante la metodología establecido por la R.J N°-068-2018-ANA (Autoridad Nacional del Agua), que está en proceso de mejora. **Metodología:** La técnica de la investigación es de acuerdo a la R.J N° 010-2016-ANA, asimismo se selecciono los parametros de acuerdo a la R.J N°-068-2018-ANA, categoría 1-A2. Por tanto se determino 3 puntos separados por 500 metros cada uno. P_A aguas arriba, P_B en la desembocadura al río Huari y el último P_C a 500 metros agua abajo, las mediciones fueron realizadas en las horas de 11am, 11:30 am y 12 pm con tres evaluaciones por cada punto, siendo un total de 9 muestras. Se realizó la comparación con el marco normativo D.S N°-004-2017-MINAM (Ministerio del Ambiente) y el ICA-PE donde se encuentra las fórmulas que determinan la calidad del agua. **Resultados:** Evidenciaron el incremento de la concentración del plomo en el P_B por ser boca de los vertidos el valor máximo fue 0.06 mg/L, arsénico en los P_A, P_B, P_C en el rango de 0.02 mg/L - 0.05 mg/L, cadmio en los P_B, P_C el valor máximo es de 0.006 mg/L, cromo en el rango 0.05 mg/L- 0.12 mg/L, pH en el P_B llegó al máximo 8.51 mg/L y los coliformes en el rango de 2001 NMP/100 mL - 2006 NMP/100 mL. Por otra parte los ICA-PE encontrados en esta investigación para P_A (84.592); P_B (80.022); P_C (83.094). **Conclusión:** Los ICA-PE en los 3 puntos son de “buena” calidad. Se puede inferir que en el punto 2 hay una variación relativamente significativa, esto se debe a la materia orgánica provenientes del vertido de aguas residuales domésticas sin tratamiento, especialmente los parámetros microbiológicos y aquellos que estén relacionados al OD presentes en el cuerpo de agua. Asimismo la gran mayoría de parámetros cumplen la categoría 1-A2.

Palabras claves: Contaminación hídrica superficial, índice, calidad de agua, estándares de calidad ambiental.

ABSTRACT

Objetivo: La investigación se determinó el índice de la calidad del agua (ICA) mediante la metodología establecido por la R.J N°-068-2018-ANA (Autoridad Nacional del Agua), que está en proceso de mejora. **Metodología:** La técnica de la investigación es de acuerdo a la R.J N° 010-2016-ANA, asimismo se selecciono los parametros de acuerdo a la R.J N°-068-2018-ANA, categoría 1-A2. Por tanto se determino 3 puntos separados por 500 metros cada uno. P_A aguas arriba, P_B en la desembocadura al río Huari y el último P_C a 500 metros agua abajo, las mediciones fueron realizadas en las horas de 11am, 11:30 am y 12 pm con tres evaluaciones por cada punto, siendo un total de 9 muestras. Se realizó la comparación con el marco normativo D.S N°-004-2017-MINAM (Ministerio del Ambiente) y el ICA-PE donde se encuentra las fórmulas que determinan la calidad del agua. **Resultados:** Evidenciaron el incremento de la concentración del plomo en el P_B por ser boca de los vertidos el valor máximo fue 0.06 mg/L, arsénico en los P_A, P_B, P_C en el rango de 0.02 mg/L - 0.05 mg/L, cadmio en los P_B, P_C el valor máximo es de 0.006 mg/L, cromo en el rango 0.05 mg/L- 0.12 mg/L, pH en el P_B llegó al máximo 8.51 mg/L y los coliformes en el rango de 2001 NMP/100 mL - 2006 NMP/100 mL. Por otra parte los ICA-PE encontrados en esta investigación para P_A (84.592); P_B (80.022); P_C (83.094). **Conclusión:** Los ICA-PE en los 3 puntos son de “buena” calidad. Se puede inferir que en el punto 2 hay una variación relativamente significativa, esto se debe a la materia orgánica provenientes del vertido de aguas residuales domésticas sin tratamiento, especialmente los parámetros microbiológicos y aquellos que estén relacionados al OD presentes en el cuerpo de agua. Asimismo la gran mayoría de parámetros cumplen la categoría 1-A2.

Palabras claves: Contaminación hídrica superficial, índice, calidad de agua, estándares de calidad ambiental.

INTRODUCCIÓN

En este siglo XXI, el abastecimiento del elemento líquido vital para el ser humano requiere satisfacer una demanda mayor, esto debido al incremento de la población. Por eso hoy en día todo respecto a la calidad del agua es una causa de inquietud a nivel del mundo, ya que es un bien hídrico el cual es de suma importancia para garantizar la subsistencia de los seres vivos en el mundo.

Respecto a la necesidad nace en la determinación de conocer los valores de los diversos parámetros ya sean físico-químicos como también podrían ser microbiológicos de los cuerpos receptores, para determinar si dichas concentraciones se encuentran bajo el Estándar de Calidad Ambiental, y ya en función a ello determinar si las actividades antropicas están generando un impacto negativo en dicho cuerpo receptor. (MINAM, 2015)

El distrito de Huari, capital de la provincia de Huari, departamento de Ancash ubicada en el flanco oriental de la cordillera blanca a una altitud de 3149 m.s.n.m en las coordenadas N: 8965884; Este: 261575. Sin duda, uno de los principales problemas del río Huari es el vertimiento de aguas residuales domésticas al cuerpo de agua sin ningún tratamiento. Debido a ello es importante tener datos sobre la calidad de agua existente. El principal objetivo es evaluar el índice de calidad de agua (ICA) del río Huari, aplicando la metodología establecida en la R.J N°-068-2018-ANA y comparando con la normativa D.S N°-004-2017-MINAM lo cual ayudara a conocer el estado de dicho recurso hídrico, estos índices nos brindan datos sintetizados y de fácil comprensión asimismo de acuerdo a los resultados de los parámetros establecidos por la categoría 1-A2 se obtendrán la calificación del ICA-PE donde puede ser “Excelente”, “Buena”, “Regular”, “Malo” o “Pésimo”.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En función a la Ley General del Ambiente N° 28611, en el artículo 1 menciona que toda persona tiene derecho de vivir en un ambiente saludable, equilibrada para el pleno desarrollo para vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente. (Ley General de Ambiente, 2005)

En nuestro país como también en el resto de los países, se tiene dos realidades, uno de ellos es que las aguas residuales ya sean de origen doméstico o industrial se van directamente al alcantarillado y la otra realidad es que las aguas residuales deben de ser tratadas por cada empresa que las genera, así sea pública o privada, en ambos casos se deben de tener en cuenta la responsabilidad y el cumplimiento obligatorio de los ECA. (Sánchez Montes, 2017)

Las entidades reguladoras del Perú, son las normas OS,090 (plantas de tratamiento de aguas residuales) y OS. 070 (redes de aguas residuales) las que se encargan de realizar la supervisión del cumplimiento de toda la normativa relacionada respecto al tratamiento de las aguas residuales, así como también velan por la ejecución de los Límites Máximos Permisibles y también acerca de los valores de los ECA que están comprometidas las empresas ya sean privadas o públicas, cuando solicitan un permiso para vertimiento, el riego o para la reutilización del agua efluente. Dichas entidades ejecutan su labor de manera exigente y total, pero lo que se debe de buscar es eliminar el temor a la multa, si no las medidas correctivas que se tomen sean por el tema de conciencia y el cuidado del ambiente. (Sánchez Montes, 2017)

Alrededor de todo el país muchas de las infraestructuras de tratamiento de aguas no realizan su desempeño de manera correcta, esto a causa de que han sido sobre

dimensionadas por lo que no son eficaces, ya que muchas veces cuentan con una tecnología que no es recomendada para las condiciones en que han sido instaladas. En la mayoría de los casos, los módulos importados no se adecuan a la realidad problemática de nuestro país, como también se da el caso de que las empresas privadas por su falta de compromiso y sus intereses económicos hacen que existan plantas que no son utilizadas, una de ellas en la subida a del Municipalidad del Centro Poblado Colcas ubicada en las coordenadas (E: 261419.46 , N: 8967523.99) y también la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la provincia de Huari ubicada en las coordenadas (E: 262362.57 , N: 8966236.67) que se dejó en el olvido por ello las aguas utilizadas en diferentes actividades son vertidas de manera directa al Rio Huari ya que la realidad que se observa es la existencia de diversas infraestructuras de tratamiento en estado de abandono, o, en otros casos más agravantes, son utilizadas pero donde el agua tiene su paradero de manera directa al río, sin pasar por otro tipo de supervisión. (Sánchez Montes, 2017)

Con el afán de contribuir con acciones que mejoren la calidad del ambiente de nuestra ciudad de Huari se realizara la Evaluación del índice de la calidad del agua del Rio en donde tiene que ser una mecanismo matemático que nos permite resumir y realizar un promedio de la calidad del agua y así manifestar los productos obtenidos de una forma simple para así facilitar el manejo, su interpretación y la equiparación que viene a cargo de los diestros en la calidad de agua, a los actores relacionados con respecto a su gestión como también acerca de bienes hídricos y de manera general con el público en común. (Sánchez Montes, 2017)

De acuerdo a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), en nuestro país para el abastecimiento con respecto a las aguas residuales es aún muy limitado. Debido a que de las 253 localidades que están a cargo de las EPS, el 35% no cuenta con las infraestructuras del tratamiento de las aguas que son residuales. Mientras

que para las aguas servidas correspondientes a las EPS grandes que van desde los 40 mil hasta más del millón de conexiones pueden llegar al 58%, muy por el contrario, en las EPS de categoría media (va desde 15 mil y los 40 mil conexiones) y en las que son pequeñas (hasta las 15 mil conexiones) que equivale desde los 36% y los 10%, de manera respectiva. Con respecto a lo nacional, las PTAR poseen el volumen de 29,6 m³/s, de las que resaltan la Taboada y La Chira. En la Taboada, es el encargado del tratamiento de las aguas de aproximadamente 27 distritos que se encuentran entre Lima y el Callao, ya que cuenta con un volumen de procesamiento de los 19 m³/s. en cambio en la PTAR de La Chira, la cual se encuentra en el distrito de Chorrillos, cuenta con un volumen de tratamiento de aproximadamente de 6,3 m³/s. (SUNASS, 2008)

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el índice de calidad de agua (ICA) del río Huari en Ancash?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros de la categoría 1-A2 R.J-N° 068-2018-ANA, de la calidad de agua del Río Huari en Ancash en el año 2019?
- ¿Cuál es el nivel de cumplimiento normativo con respecto de la calidad de agua del río Huari en Ancash en el año 2019.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el índice de calidad de agua (ICA) del río Huari de la región Ancash.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las concentraciones de los parámetros de la categoría 1-A2 R.J-N° 068-2018-ANA, de la calidad de agua del Río Huari en Ancash.

- Evaluar el cumplimiento normativo de la calidad del agua del rio Huari en Ancash.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Practica

Se convirtió en una necesidad imprescindible para el distrito de Huari comparar, estudiar, analizar, determinar, registrar los parámetros de la calidad del agua de rio de Huari, para así poder proponer soluciones eficientes que puedan ser aplicadas para ejecutar una adecuada gestión del agua de tal manera que se frenen el impacto negativo ambiental generado en dicho cuerpo de agua por distintos factores tanto naturales como antrópicos.

1.4.2. Justificación Social

Las políticas públicas relacionadas al tema del cuidado y conservación del agua han evolucionado muy rápido en las últimas décadas, pero lamentablemente las actividades antrópicas también han aumentado, con ello han producido que la contaminación del agua cada día sea peor. Por esta razón, en la presente investigación hemos enmarcado fundamentos cimentados de los múltiples beneficios sociales que conlleva el cuidado del agua, ya que es un recurso de vital importancia que se debe de cuidar, y ello se podrá a través de la capacitación y de la delegación de responsabilidades a los ciudadanos del distrito.

1.4.3. Justificación Ambiental

Es de gran relevancia, debido a que se lleva acabo con la finalidad de brindar datos acerca de la calidad del agua del rio Huari, ya que el agua viene a ser un líquido elemental para la alimentación, la higiene y las diversas actividades cotidianas del ser humano, por ende, es necesario conocer su condición. En tal sentido es importante conocer y evaluar el ICA – PERU, aplicado a los cuerpos de agua continentales

superficiales, esta herramienta matemática representa la condición o estado de calidad de agua a partir de rasgos establecidos, a través de un método simple, conciso y válido según la R J N°- 068-2018-ANA, sobre la base de los resultados generados en el análisis de las muestras de agua, en el curso de agua del Río Huari. Así mismo esta metodología brinda información simplificada facilitando su manejo, interpretación y comparación por parte de actores vinculados con la gestión y administración de los recursos hídricos y el público en general.

Los resultados del monitoreo fueron comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, en este caso la categoría ECA-A2, esto se realizará determinando los parámetros tanto físicos, químicos y microbiológicos.

1.5. Delimitación del estudio

El lugar de ejecución de la investigación se desarrolló en los cuerpos de agua del río Huari, el cual pertenece al distrito de Huari, Provincia de Huari, Departamento de Ancash. Se llevó a cabo el periodo de realización el año 2020.

Tabla 1

Delimitación del lugar de estudio

| Región | Ubicación Política | | Ubicación Geográfica (UTM WGS 84) | |
|---------------|--------------------|----------|-----------------------------------|--------|
| | Provincia | Distrito | Norte | Este |
| Ancash | Huari | Huari | 8965884 | 261575 |

Fuente: Elaboración propia

1.6. Viabilidad del estudio

Esta investigación es descriptiva, y su carácter de viabilidad surge como condición para el desarrollo de la sociedad, con el fin de gestionar y mejorar los bienes y servicios de agua del río Huari, esto a partir del conocimiento de sus parámetros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Gutiérrez, V. (2018) en su investigación titulada “*Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME–WQI y el ICA–PE, Puno – 2018*” empleó un estudio de diseño no experimental, donde realizó la identificación de 2 puntos de muestreo (M1 y M2), los cuales fueron ubicados de acuerdo al protocolo nacional (RJ.0.10-2016-ANA), la muestra se realizó en temporada de bajos regímenes de lluvia. La determinación de los parámetros y el cálculo de los valores de índice de calidad de agua se evaluaron en función a la RJ.068-2018-ANA Categoría 3. Los resultados hallados fueron que: el pH en los puntos de monitoreo M1 y M2 estaban dentro del rango de 6.5 – 8.5, de acuerdo al ECA-Cat 3, D2. La concentración del O₂ disuelto estuvo en una concentración ≥ 5 . La concentración de la conductividad eléctrica fue de 1209,1397 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto M1 y 1154,1493 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto M2. La DBO₅ encontrada en el punto M1 fue de 2.83 mg/l y en el punto M2 fue de 28.3 mg/l. Estos resultados indicaron que el incremento de contaminación en el cauce del río Coata por las descargas procedentes del río Torococha que contiene mucha más materia orgánica, bacterias, hongos y microorganismos que consumen más oxígeno para degradar y oxidar los restos orgánicos. Respecto a los Coliformes Termotolerantes los resultados hallados fueron que en el punto M1 y M2 estuvieron por encima de la norma, en el Aluminio los valores hallados en los puntos de muestreo estuvieron por debajo de 5 mg/l de acuerdo a la norma, en la evaluación del Arsenico los valores establecidos por el ECA es de 0.2 mg/, mientras que los hallados

fueron de 0.3 mg/l, los valores hallados respecto al boro estuvieron por debajo de 5 mg/l que son establecidos en la normativa, la concentración del cobre hallado fue menor a la norma, la cual era 0.5 mg/l. La concentración del mercurio de acuerdo a la norma debe de ser como máxima de 0.01 mg/l, los valores encontrados estuvieron en el rango de 0.00003 y 0.0005. La concentración del mercurio halladas fueron < a 0.005 mg/l cumpliendo la normativa que establece un valor máximo de 0.05 mg/l de Pb. El Zinc de acuerdo a norma debe de tener una concentración máxima de 24 mg/l y los valores halladas estaban en concentraciones < a 0.1 mg/l. Llegandose a la conclusión que los valores del ICA-PE, obtuvieron una calificación excelente para ambos puntos de monitoreo; con un valor de 99 en el punto M1 y un valor de 90 en el punto M2.

Aguilar, S. y Solano, G. (2018) en su investigación titulada “*Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizando en Villavicencio-Meta*” consideró 3 fases generales, que iniciaba desde la captura y revisión de la información primaria y secundaria, el reconocimiento de la zona de estudio y la identificación de las estaciones de muestreo y de los puntos de puntos de vertido, la medición de los parámetros tanto In Situ y Ex Situ y finalizó con el análisis de los resultados. Los resultados de las pruebas In-situ y Ex-Situ correspondientes a las diferentes fechas de muestreo se pueden observar en el Anexo I. Los resultados de Coliformes totales en la estación 1 son más bajos, por la inexistencia de puntos de vertimiento en las zonas, las estaciones 2 y 3, presentan resultados iguales. En el caso de la DBO₅, los reportes del laboratorio señalaron que se encuentra por debajo del mínimo detectable por el método de cuantificación. El O₂ disuelto en los diferentes puntos de muestreo señalan un valor promedio de 7.5 mg/l. El valor del pH un valor

promedio alcalino ($\text{pH} = 8$) en la estación 1 con tendencia a la neutralidad en las estaciones 2 y 3. Para el ICOMO se hace uso de tres variables (OD, DBO y Coliformes), y por ende se llegó a la conclusión que se presentó un incremento del 0.05 entre las estaciones reflejando contaminación por materia orgánica a medida que los vertimientos se descargaron directamente en los cuerpos de agua. Caño Grande se presentan ICOMO promedio de 0.48 en el lugar donde se realizó el estudio, evidenciando una afectación media, concluyendo así que la microcuenca está siendo severamente afectada por el vertido directo de las aguas residuales domésticas corroborando la hipótesis formulada.

Laurente, J. (2015) en su investigación titulada "*Variación del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ICA- NSF) en un tramo de la quebrada Cruz de Motupe*" menciona que la investigación se centró en tres puntos de recolección de muestras de agua en la quebrada de Cruz de Motupe, para ello se utilizó el método de determinación del índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Los valores hallados fueron: que el O_2 disuelto se encontró en forma descendente donde el P1 (90%); P2 (84%); P3 (80%). Los valores de pH encontrados estuvieron en el rango de 6.5 y 8.5, la DBO5 hallado en los tres puntos fue de 2.8, 3.03 y 3.04 mg/L, los valores de la turbidez en el P1 fue de 9 NTU, en el P2 fue de 11.7 NTU y en el P3 fue de 12.7 NTU, los valores de los sólidos totales en el ECA categoría A-1 establece un valor de 1000 mg/l por tanto se encontró que los valores hallados estuvieron por debajo de ello. Respecto al fosfato los valores hallados en los tres puntos de estudio con un valor de 0.8 mg/l, en el del nitrato los valores hallados se encontraron por debajo del ECA (10 mg/l). Se llegó a la conclusión que la metodología ICA-NSF en el P1 fue de 73.13 y en el P2 de 71.05, por ello se le

clasificó como agua “buena”, asimismo en el P3 fue de 67.48 por lo que se le clasificó como “agua regular”.

Martínez, A. (2010) en su investigación titulada *“Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Naolinco, Veracruz”*, realizó la selección de los parámetros, designó los puntos de muestreo, ejecutó el análisis de laboratorio, para que finalmente realizará la comparación con los criterios ecológicos, y el cálculo del ICA, el muestreo lo realizó de acuerdo a las estaciones del año. Los resultados encontrados de los parámetros en invierno fueron que los fosfatos estuvieron en un rango de 0.12 mg/l y 7.92 mg/l, en cuanto a los nitratos los valores estuvieron entre 5.18 y 6.14 mg/l, el pH estuvo entre 4.5 y 9.3, con respecto al OD estuvieron en un rango de 4.3 mg/l y 7.6 mg/l. Por otra parte la DBO sobrepasó los niveles establecidos para uso doméstico (6 mg/l), asimismo, los coliformes fecales no sobrepasaron los niveles máximos para uso doméstico (1000 NMP/100 ml), en cuanto a los sólidos totales no rebasó los niveles máximos establecidos para uso doméstico (1000 mg/l). Los valores encontrados de los parámetros en el verano son: Los fosfatos tuvieron un nivel máximo es 0.1 mg/l, los nitratos sobrepasaron los límites establecidos para uso doméstico (5 mg/l) y pecuario (90.3 mg/l). En cuanto al pH los resultados encontrados son marcadamente alcalinos sobrepasando los límites de uso doméstico (5 - 9) y agrícola (4.5 - 9), el OD en Temporal Ermita sobrepasa el nivel de uso doméstico, la DBO sobrepasó los niveles máximos de uso agrícola, donde estableció el valor de 6 mg/l. La conclusión fue que en la temporada de verano, la zona más alta presentó un ICA de 54.89%, en la parte media fue de 56.77%; por ello se catalogó que agua contaminada por el uso doméstico, en la zona baja tuvo un ICA de 38.10% y se categorizó como fuertemente contaminada.

Villa, A. (2011) en su investigación titulada “*Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi*” aplicó el ICA-NSF (Fundación Nacional De Sanidad de Estados Unidos De América) , el cual se basa en 9 parámetros (DBO₅, Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Coliformes Totales, Nitratos, pH, variación de Temperatura, Sólidos Totales, fosfatos y turbidez). Los resultados hallados fueron que en el Punto N° 1 situado en el puente Tutupali, alcanzo la categoría de calidad Media con valor del ICA de 70.33, en el Punto N° 2 fue 70.1, obteniendo una calidad media y los valores del ICA para cada parámetro, en el Punto N° 3 fue de 67.44 correspondiente al ICA obtiene una calidad Media, en el Punto N° 4 el ICA determinado fue de 73.87, obteniendo una calidad buena, en el Punto N° 5 se mantiene con un valor de 73.80 con calidad buena del cauce, en el Punto N° 6 el ICA (70.90) por lo que se le aplicó como calidad Media. La conclusión fue que el ICA obtenido respecto a los resultados globales del río de los 5 puntos, fue que se encuentra en una calidad de manera aceptable esto con fines de distintos usos que se le puede dar al agua y para la diversidad de las vidas acuáticas.

Cevallos, P. (2020), en su investigación titulada “*Determinación de la calidad del agua en la microcuenca Zaruma Urcu mediante la aplicación de un índice de calidad de agua (ICA)*”, dentro de este estudio se consideró el análisis estadístico y matemático en la evaluación de la calidad de agua de la quebrada Zaruma Urcu aplicando el ICA-NSF. En la investigación se tomaron 3 puntos de muestreo (Estación 1, Estación 2, Estación 3), donde se muestreaban 9 parámetros de acuerdo a la metodología del índice de calidad de agua (NSF). Los resultados hallados fueron que el pH se encuentran dentro de los límites permisibles a excepción de Coliformes fecales y la DBO₅. La DBO₅ encontrada sobrepasaba los límites establecidos para uso doméstico, en la estación 1 es de 3.7 mg/l; estación 2 es de 9 mg/l y por último

estación 3 con 5.46 mg/l. El hierro sobrepasaba los límites permisibles (0.30 mg/l), en cuanto al Aluminio sobrepasa los límites (0.005 mg/l). Aplicando el ICA- NSF en la estación 1 se encontró valores de 61,56 que califica con valoración media, en la estación 2 se encontró el valor más bajo del ICA-NSF CON 60.23, considerado agua de calidad media, en la estación 3 es el más alto (71.11) considerando como buena calidad, lo cual refleja que el estado del agua en el mismo punto es de mejor calidad en comparación a los otros puntos de muestreo, asimismo el único valor elevado en referencia a los otros puntos es el de nitrato con 1.3 mg/l. se llegó a la conclusión que el ICA-NSF general menciona que la quebrada Zaruma-Ucru se encuentra en el rango de calidad media (64.52), y que es importante realizar un tratamiento del agua, para que este sea apto para consumo humano y destinados a la agricultura sin ningún riesgo al mismo tiempo se desarrolle mejor la biodiversidad.

Chávez, L. (2015) en su investigación titulada “*Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazonas en Coatzintla*” señala que los puntos de muestreo son 3, el primero en Coatzintla, la segunda en la zona industrial La Laja y el último punto de muestreo cerca de la bocatoma de agua potable en Corralillos. El muestreo se realizó durante un año tomando muestras desde abril 2013 a marzo 2014, para ello usó la metodología el índice de Brown modificado por la National Foundation sanitation (NSF). Los resultados promedios obtenidos por época se encuentran en el anexo III donde el valor del pH del agua se mantuvo entre 6.6 – 8.21, en cuanto a los fosfatos se obtuvieron un promedio de 6 mg/l, resultando muy alto de acuerdo a lo establecido, por otro lado los nitratos manejan un promedio de 2.0 mg/l, los coliformes fecales estuvieron entre los 11 y 140 UFC. La turbiedad y la DBO fueron los parámetros más críticos, con un promedio de 106.7 mg/l y 16.71 mg/l respectivamente. Una vez finalizado el muestreo, se obtuvo un ICA promedio de

63.94, por ello se especificó en relación al resultado que el río Cazonos tiene una calidad media. Basáñez-Cobos (2007) presentó un ICA alrededor de 70 unidades, calificando como agua de buena calidad. El ICA del río Cazonos son de 65.15 en temporada seca, 58.9 en épocas de lluvia y por último en nortes 67.77. el río Cazonos tiene mejor calidad del agua a comparación de otros.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Puerta, C. (2019) en su investigación 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*” indica que la zona de investigación se centró en el distrito de Shapaja, Provincia de San Martín, departamento de San Martín, Perú, antes y después de la confluencia de los ríos Mayo y Huallaga; los parámetros de calidad de agua fueron 9 (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales en suspensión, fósforo total, DBO₅, nitrato y Coliformes Termotolerantes) en los tres puntos de muestreo, realizando 4 monitores según lo establecido en la “Metodología para la determinación de calidad de agua ICA-PE”. Los resultados obtenidos fueron que el pH en los 3 puntos de muestreo fueron que los valores se encuentran dentro del rango establecido (6.5 - 8.5), la conductividad presentó valores bajos de conductividad, excepto durante del tercer monitoreo con 295 uS/cm, para el O₂ disuelto se encontró valores mucho más altos en el mes diciembre en los 3 puntos ya que alcanzó una concentración de 7.04 mg/l, la DBO₅ reflejó valores inferiores a <2.60, con referencia a los sólidos totales se alcanzaron valores máximos de 2890 mg/l, los nitratos mostraron concentraciones < 0.994 mg/L, en cuanto al fósforo total se presentaron concentraciones mayores a 0.503 mg/l, los Coliformes Termotolerantes mostraron valores superiores a 16000 NMP/100ml. La conclusión fue que Rhual 1 alcanzó un índice de calidad de agua de 83.05, por lo que se le clasifica como de calidad buena,

por otra parte, la determinación del índice de calidad de agua Rmayo1 alcanzo un valor único de 71.84, por lo que se le define un ICA de calidad regular.

Monteagudo, M. (2015), en su investigación titulada “Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa y Cabanillas” se centró en los ríos Cabanillas y Lampa, los que componen la cuenca del río Coata, y que sus aguas son vertidas al lago Titicaca, para ello se realizó tomas de muestras en los puntos establecidos, y su posterior análisis de laboratorio acreditado. Se procedió a coger 08 muestras del rio Lampa y 07 muestras del rio Cabanillas en relación se procedió a calcular el ICA-NSF con los resultados de los parámetros. Los resultados del valor del pH en el rio Lampa no sobrepasaban el ECA-Cat 1, Subcat A1 (6.5 - 8.5). Asimismo, los resultados de potencial de hidrogeno del rio Cabanillas, el valor más alto fue de 7.83, cumpliendo la normativa del ECA-Cat 1, Subcat A1. Con respecto a la turbiedad del rio Lampa, los valores no sobrepasan el ECA-Cat 1, (100 FTU). El oxígeno disuelto en el rio Lampa, se registraron valores más altos es en el distrito de Lampa sin embargo ninguno de los valores no sobrepasaban el ECA-Cat 1, (≥ 4). Respecto al O₂ disuelto, el valor más altos se encuentran dentro los Estándares de Calidad Ambiental, cuyo rango establecido es de ≥ 4 , en relación con la DB05 del rio Lampa, los resultados más altos no sobrepasaban el ECA-Cat 1, (15 mg/l), respecto a los Fosfatos del rio Lampa, los resultados no excedían el ECA-Cat 1, Subcat A1, (1 mg/l), los nitratos del rio Lampa, los resultados hallados se encontraron dentro del rango de la normativa ECA-Cat 1, (10 mg/l), los Sólidos Disueltos Totales del rio Lampa, se encontró valores que cumplen con el ECA-Cat 1, (1000 mg/l), los Coliformes Fecales, el valor más alto que se halló se encontraba dentro del ECA-Cat 1, (1000 NMP/100ml). La conclusión fue que el ICA-NSF para el rio Lampa es de

70.16 considerado calidad media (Color Amarillo) y para el rio Cabanillas con 54.14 también considera calidad media (Color Amarillo).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Importancia del agua

Hernández, S. (2010), indica que el factor abiótico más importante del planeta y también es un constituyente más importante del ambiente donde vivimos y de todos los seres vivos. El 71 % aproximadamente de la superficie terrestre está casi en su mayoría cubierta por agua que se encuentra en el estado líquido, y que está distribuida entre las cuencas saladas y las dulces, con ello se originan los océanos, mares, y lagos. En los océanos esta el 97 % del agua, así como también se encuentra en el estado gaseoso los cuales forman parte de la humedad atmosférica, y las nubes y así mismo en la forma sólida se encuentra también en forma de nieve o hielo.

Hernández (2010), este líquido elemental forma la hidrosfera, los cuales no tienen límites precisos con lo que viene a ser la atmósfera y la litosfera debido a que ambas se porque se compenetran. Para el desarrollo de la vida tanto de los organismos y de los ambientes, depende bastante del agua. Los distintos seres vivos, están compuestos por agua en una gran proporción, así como por ejemplo el caso de los insectos que tiene un 45%, para los mamíferos un 70% y para otros casos ya sea la medusa llega hasta un 95 %. Por lo que se llega a la conclusión a que este elemento liquido es el más abundante de un componente inorgánico.

2.2.2. Calidad del agua

Ki-Moon, (2014), nos dice que esa característica dependerá de varios factores como los naturales como también los que son antrópicos. Si en caso no existiera la influencia antrópica, solo estaría influenciada solamente por la erosión de los minerales, el de los procesos que son atmosféricos y el de la sedimentación de los

diversos lodos y así como las sales, como también los nutrientes que son del suelo ya sea por factores hidrológicos como también los biológicos.

Ki-moon (2014), para determinar ello se compara las características que son físicas y también las químicas de las diversas muestras de aguas que deben de estar según los estándares de la calidad del agua, para la potable, la normativa se da con la finalidad de asegurar un abastecimiento de manera limpia para que sea saludable y así ser consumida por las personas, para así cuidar la salud de las personas. Estas normas están basadas de manera normal en niveles de toxicidad de manera científica aceptados para los seres vivos en los que incluye los organismos acuáticos. El daño al agua se ha transformado en una problemática alrededor del mundo debido al crecimiento de la población humana, así como también el crecimiento de las actividades industriales y agrícolas y también considerar el cambio climático como fuente de las perturbaciones en el ciclo del agua.

Ki-moon (2014), en el mundo, la problemática con relación al agua lo compone la eutrofización, el cual es originado por el incremento de las concentraciones de los diversos nutrientes tales como el fósforo y también el nitrógeno, los cuales afectan para el uso del agua. Para las principales fuentes de los diversos nutrientes es el resultado de las escorrentías agrícolas y el de las aguas que son residuales de fuentes domésticas, y los efluentes industriales. Para el caso de los lagos y de los pantanos están expuestos a diversos impactos que son de característica negativa de la eutrofización, esto según el complicado dinamismo, que tiene un tiempo de residencia del agua de manera relativa largo, y a la situación de la concentración de los diversos contaminantes que vienen de las cuencas de drenaje. Los valores de nitrógeno que son mayores a 5 mg/l de agua de manera seguida indican y evidencian una contaminación que procede de los residuos de las personas y de los animales los cuales vienen o son

resultado de las escorrentías de los fertilizantes en las que vienen a ser las zonas agrícolas.

2.2.3. Efectos en la salud de los agentes patógenos

Son aquellos agentes patógenos que ocasionan enfermedades, los cuales pueden ser microorganismos como las bacterias, los virus, los protozoarios que están en el agua, los que son causados debido al desagüe doméstico y también por los residuos que generan a diario los animales. En los países subdesarrollados o también conocidos como tercermundistas, vienen a ser la razón de la generación de las enfermedades, en las cuales, las cantidades de los niños menores a los cinco años son los más afectados.

Un agua de calidad es igual al número de bacterias Coliformes que se encuentran en una muestra de 100 mililitros de agua. Acceder a un agua de calidad es de suma importancia, ya que si los parametros del agua no estan de acuerdo a la normativa, pueden afectar de manera directa a la salud de quien los consuman. Ya que si dichos microorganismos se encuentran en el agua pueden afectar negativamente. (Tyler, 1994)

Tabla 2

Organismo y enfermedades comunes del agua contaminada

| Tipo de Organismo | Enfermedad | Efectos |
|--------------------------|-----------------------|---|
| Bacterias | Fiebre Tifoidea | Diarreas, vómitos y genera bazos crecidos. También generar la muerte. |
| | Cólera | Diarrea, vómito y deshidratación. Puede propiciar la muerte. |
| | Disentería bacteriana | Diarrea. Es muy raro que provoque la muerte. |
| | Enteritis | Dolores estomacales fuerte, náuseas y vómitos. Raras veces es mortal. |

| | | |
|--------------------------------|----------------------|---|
| Virus | Hepatitis infecciosa | Fiebre, dolor de cabeza, disminución del apetito, dolores abdominales, temblores y daños de manera permanente al hígado. Podría causar la muerte. |
| Protozoarios, parásitos | Poliomielitis | Fiebre alta, dolor de cabeza, dolores musculares y parálisis en piernas y brazos. |
| | Disentería amebiana | Diarrea severa y puede generar perforaciones intestinales y hasta ocasionar la muerte. |
| Gusanos Parásitos | Giardia | Diarrea, calambres abdominales, fatiga y gases. |
| | Esquistosomiasis | Dolores abdominales, anemia, fatigas de manera crónica y generar mala salud. |

Fuente: Tyler, 1994

2.2.4. El agua en el Perú

SENAMHI (1996), menciona que en nuestro país el agua se encuentra en 3 vertientes, donde las cantidades se distribuyen de la siguiente manera:

2.2.4.1. La vertiente del Pacífico

Su superficie representa el 22% del territorio nacional, las aguas que nacen en el occidente de la Cordillera de los Andes es decir va desde la sierra occidental y la costa, por medio de las 53 cuencas que son hidrográficas, donde los ríos salen de manera directa al Océano Pacífico. Pero de manera contradictoria, en esta vertiente, la que presenta mayores características de estar seca se da el caso que vive mayor al 60% de la población y se consumen al 87% de la totalidad de las aguas utilizadas en nuestro país. (SENAMHI, 1996).

2.2.4.2. La vertiente del Atlántico

Su superficie representa al 74% de la demarcación del Perú, y con ello las aguas que se producen por el lado del oriente de la Cordillera de los Andes en las que incluye la sierra oriental y la Amazonía, esto mediante las 44 cuencas hidrográficas, las cuales se conducen a las aguas, y lo que se encuentra de manera exterior del territorio nacional, por el Océano Atlántico. (SENAMHI, 1996).

2.2.4.3. La vertiente del Titicaca

Sus dimensiones son pequeñas, que apenas el 4% del territorio del Perú, y a su vez proporciona el 0,5 % del volumen en su totalidad del agua que se dirige al complejo hidrográfico que pertenece al lago Titicaca, por medio de las 9 cuencas. Es consumida 103 millones de m³ de agua, de las cuales la mayoría es para uso agrícola un 69%, para lo poblacional es el 17% y en lo pecuario es el 2,2%. (SENAMHI, 1996)

2.2.5. Aplicación del índice de la calidad del agua

En el acuerdo del R.J. N° 068-2018-ANA según la especificación del índice de calidad de agua es aplicada para lo que viene a ser una fórmula canadiense, la cual está en diversos factores tales como el alcance, las frecuencias y las amplitudes, ya que finalmente se obtiene el cálculo matemático y se obtiene un valor único que está entre el 0 y el 100, y que va a figurar y así realizar la descripción del estado de las calidades de las agua de un lugar de muestreo, o también de un curso de agua, o de los ríos o de cuencas. (ANA, 2018)

Para su obtención se realiza lo siguiente:

2.2.5.1. Alcance (F1)

Es la cantidad de los diversos parámetros de la calidad y que no están dentro de las estimaciones instauradas dentro de las normas correspondientes, en el ECA- Agua, con referente a la totalidad de los parámetros que deben de evaluar. (ANA, 2018)

$$F1 = \frac{\text{Número de parámetros que No cumplen los ECA – Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

2.2.5.2. Frecuencia (F2)

Es la cantidad de los datos que no están de acuerdo a la normativa ambiental del ECA-Agua con referente a la totalidad de los valores de los parámetros a

determinar, esa información es producto 4 monitoreos como mínimo. (ANA, 2018)

$$F2 = \frac{\text{Número de parámetros que No cumplen los ECA – Agua de los datos evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

Donde:

Datos: Productos de los diversos monitoreos

2.2.5.3. Amplitud (F3)

Es la medida de las desviaciones y de la que hay información, las cuales son determinadas por la suma que está normalizada de los excedentes, ya que con los excesos de la totalidad de los datos con referencia del número total de datos. (ANA, 2018)

$$F3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}}$$

EXCEDENTE, esto se presenta en cada uno de los parámetros, ya que la estimación que figura las diferencias del valor del ECA y las estimaciones del dato que es a partir del valor del ECA- Agua.

Caso 1.

(ANA, 2018) Se da cuando el valor de la concentración de los parámetros es mucho más que el valor constituido en los ECA- Agua, y en los cálculos del remanente:

$$\text{Excedente} = \left(\left(\frac{\text{Valor del parámetro que No cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del párametro del ECA Agua}} \right) - 1 \right)$$

Caso 2.

(ANA, 2018) La concentración del parámetro tiene un valor menor al que se encuentra ya determinado en el ECA- Agua, infringiendo la condición que se encuentra específica ahí mismo, ejemplo de ello tenemos a: el Oxígeno Disuelto que es (> 4), y el pH ($>6.5, <8.5$), donde el procesamiento del excedente se ejecuta así:

$$\text{Excedente} = \left(\left(\frac{\text{Valor del parámetro que No cumple el ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro del ECA Agua}} \right) - 1 \right)$$

(ANA, 2018) Alcanzando de los factores sus valores como (F1, F2, y F3) se debe de ejecutar el Cálculo del Índice de la Calidad del Agua: la cual son las diferencias de los rangos que va desde el 0 al 100, siendo así el 100 el valor que simboliza un ICA de calidad excelente y el 0 de calidad mala, la diferencia se obtiene con el valor que viene por la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de los (03) factores, F1, F2 y F3, se expresan en la siguiente ecuación:

$$\text{ICA-PE} = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

(ANA, 2018) en la ejecución del cálculo del índice de la calidad del agua, se utilizó el programa de Microsoft Excel (Hoja de Cálculo), el cual donde fueron incluidos de todos los Datos y el de las fórmulas matemáticas para así obtener los factores de (F1, F2 y F3) y de la misma manera los valores del índice de la calidad de agua, CCMEWQI, es procesado y obtenido como producto, el valor del índice se muestra como son números con características de manera adimensional que comprende desde el 1 hasta el 100, el que permitirá realizar escalas en hasta cinco rangos, los cuales son diversos niveles de las

sensibilidades que manifiestan y que califican los estados de la calidad, las cuales podrían ser Mala, Regular, Favorable, Buena o Excelente.

Tabla 3

Interpretación de la calificación ICA

| CCME_WQI | Calificación | Interpretación |
|----------|--------------|---|
| 90- 100 | Excelente | Se encuentra con omisión de las amenazas o los perjuicios. Y para las condiciones que están demasiado cerca a los niveles que son naturales o preferibles. |
| 75- 89 | Bueno | Se aleja en cierto grado de la calidad de manera natural. Pero las condiciones que son deseadas y podrían manifestarse con ciertos daños que son de bajas magnitudes. |
| 45- 74 | Regular | Esta ocasionalmente amenazada o dañada, y a menudo se aleja de los valores óptimos. Por ello para darle ciertos usos es necesario aplicarle tratamiento. |
| 30- 44 | Malo | No se cumple con los fines de calidad, y de manera frecuente las condiciones óptimas se ven amenazadas o dañadas, en consecuencia, la mayoría de los usos que se les da se realiza con un previo tratamiento. |
| 0- 29 | Pésimo | No se cumple los objetivos de las calidades, y muy a menudo se ve amenazada, y por ende a con ello todos los usos que se les aplique necesitan un previo tratamiento. |

Fuente: ANA, 2018

(ANA, 2018) La calificación de manera cualitativa está relacionado a la escala cromática, es decir que cada uno de los colores tiene una calificación, ya que tiene por finalidad la comunicación del estado de calidad.

(ANA, 2018) Es un indicador de calidad, el cual es aplicado durante un tiempo donde se valora la incidencia de los distintos parámetros tales como los físicos, los químicos y los que son microbiológicos los cuales están puestos en cuenta y a través de la herramienta matemática la cual puede procesar gran cantidad de los datos ya que tienen una escala de medición que es única, y esta

expresada en porcentaje. Un valor ICA que está cerca al 0%, y que significa una alta afectación en lo que viene a ser la calidad de las aguas de ese punto, y si en caso muestre buenas condiciones puede tener un valor cerca al 100%.

Dicha metodología es aplicada en diversos casos, donde es muy considerable que se debe de contar con información de los diversos monitoreos para así poder calcular y obtener los ICA's de un área o de un cuerpo de agua, la información de la totalidad de los monitoreos, ya sea en época Seca o en época Húmeda, en las aguas Superficiales y Subterráneas. (ANA, 2018).

2.2.6. Determinación del ICA-PE para un monitoreo

Para realizar el control y la supervisión de los diversos recursos que son hídricos por el ANA, la ejecución de monitoreos que pueden ser con participación de la ciudadanía y que se ha convertido en una herramienta que facilita que la información que como resultado se determina, como también el estado de las características físicas, químicas y biológicas que se hallan en las distintas épocas de cada año. Con las cuales se puede dar una respuesta de manera rápida del estado de la calidad del agua de manera puntual, y para el uso de indicadores son aquellos que ayudan en el procesamiento de la información de los distintos productos de datos de los monitoreos. (ANA, 2018)

El empleo del ICA-PE para un monitoreo será dable, siempre y cuando el indicador sea de manera puntual, ya sea referido al espacio y el tiempo, lo que significa que las redes de los puntos de monitoreos y también para la fecha de ejecución de los monitoreos.

En cuanto a la obtención de los distintos productos de la valoración de la calidad se realiza en una fecha específica, y se realizará con el empleo del ICA-PE, y con él se tuvo datos que pueden representar de manera resumida los resultados de las calidades, y también en los mapas están ubicados los distintos puntos de monitoreo, los cuales

estarán expuestos en los resultados en las escalas de varios colores que caracterizan al ICA. (ANA, 2018)

En el cálculo para determinar el ICA para cualquiera de los monitoreos, se realizarán los pasos que se señalaron antes, ya que indican la data que es requerida para el cálculo respectivo de cada factor (F1, F2y F3) y a su vez indicar los valores de los índices de las calidades del agua (CCMEWQI). Para realizar lo mismo, se necesita insertar los Datos y las también las distintas fórmulas matemáticas requeridas en las hojas de cálculos de Excel. (ANA, 2018)

Para las aplicaciones para un (01) monitoreo, debe de ser la data de manera completada es correspondiente a su monitoreo, se realiza:

$$F1 = F2$$

$$\checkmark F1 = \frac{\text{Número de parámetros que No cumplen los ECA-Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

$$\checkmark F2 = \frac{\text{Número de parámetros que No cumplen los ECA-Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

$$\checkmark F3 = \left(\frac{\text{Suma de Excedentes}}{\text{Suma de Excedentes}+1} \right) * 100$$

Cálculo del ICA: el que viene a ser la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de los tres factores, F1, F2 y F3, con el mismo criterio que el ítem.

$$ICA - PE = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

Alcanzando el producto, que es un valor para el caso del índice que se muestra como un valor adimensional que comprende desde 1 y el 100, el que permitirá para determinar escalas en varios rangos, los cuales son diversos niveles de sensibilidades que se ven expresadas y se califican los estados de las calidades de las aguas, tal y como se demuestra en la siguiente tabla. (ANA, 2018)

Tabla 4

Escala ICA

| ICA | 95- 100 | 80- 94 | 65- 79 | 45- 64 | 0- 44 |
|--------------|-----------|--------|---------|--------|--------|
| Calificación | Excelente | Bueno | Regular | Malo | Pésimo |

Fuente: ANA, 2018

2.2.7. Marco Legal

- ✓ Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- ✓ Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- ✓ D.S. N° 001-2010-AG, reglamento de la Ley de los RH el cual es modificada por el D.S. N° 005-2013-AG.
- ✓ R.J. 202-2010-ANA, La ANA pública de la clasificación de los cuerpos de agua superficial y marinos costeros.
- ✓ R.J. N° 068-2018-ANA, Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA- PE, Aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.
- ✓ D.S. N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- ✓ R.J. N° 010-2016-ANA, Protocolo de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial.
- ✓ NORMA OS.090, Plantas de Tratamiento De Aguas Residuales.
- ✓ NORMA OS.070, Redes de Aguas Residuales.
- ✓ Valores Máximos Admisibles D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, Aprueban valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema del alcantarillado Sanitario.

2.3. Definiciones conceptuales

- *Índices de calidad de agua:* Viene a ser una expresión de manera simplificada de unas combinaciones que son complejas de cierta cantidad de parámetros, y los cuales nos sirven para realizar las medidas de la calidad del agua. El índice viene a ser representados por números, rangos, y la descripción verbal, y también de un símbolo o de un color. (Pamplona, s.f.)
- *Indicador de calidad del agua:* La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2003) la definió como un parámetro que es derivado de parámetros, y que proporcionan informaciones acerca del carácter de un fenómeno o en el ambiente, con un grado de significancia que se expande mucho más de lo que estén de manera directa asociados con el valor de los parámetros. (Pablo Loné, 2016)
- *Estándar de calidad ambiental de agua:* Vienen a ser medidas que definen los niveles de concentraciones de sustancias o parámetros ya sean físicos, químicos y también biológicos, que están concurrentes en el agua, en condición de los cuerpos receptores, y no son ningunos riesgos de manera significativa con respecto a la salud del medio y el de las personas. De acuerdo al parámetro a que se indica, la concentración puede ser manifestada en rangos que pueden ser máximos o mínimos. (MINAM, 2016)
- *Contaminación del agua:* Es la modificación que viene a ser generada por la actividad antrópica en las calidades del agua, haciendo que sea dañina para su utilización, las diversas industrias, la agricultura y entre otras actividades que son recreacionales, tanto para los animales que son domésticos y también los de vida natural. (Carta del Agua, Consejo de Europa, 1968)

- *Temperatura*: Es determinada por la permeabilidad de las radiaciones en las distintas capas que son mayores al del líquido. Dichos cambios pueden afectar a las solubilidades de las sales y también a los de los gases del agua y de manera genérica a las propiedades ya sean químicas y microbiológicas. (Martín, 2003)
- *Turbidez*: Es la manifestación de la propiedad que es óptica y con ello origina que la luz logre dispersar y absorber y que no se transmita en línea recta por medio de la muestra. Todo ello es producido por materiales que están suspendidas tales como las arcillas, limos, las materias orgánicas e inorgánicas, los organismos planctónicos y entre otros como microorganismos. (Roldán, 2003)
- *Sólidos y residuos*: Se califica de esa manera a los residuos que son obtenidos como aquella materia sobrante después de ser evaporada y secada a unas muestras de aguas que están a unas ciertas temperaturas. De acuerdo al tipo de asociaciones, dichos sólidos pueden ser encontrados de manera suspendida o disuelta.

Martel, Lidia (2004)., nos menciona que las partículas se encuentran:

Disueltas pueden llegar al milimicrómetro, y que de manera física no influye en la turbiedad, en caso del color u olor los puede definir.

Forma sistemas que son coloidales que va desde 1 hasta los 1.000 milimicrómetros, y son la causa de las turbiedades netas que hay en el agua.

Para las partículas que se encuentran suspendidas van de manera superior que los 1.000 milimicrómetros, y que suelen caer de manera rápida cuando el agua entra a reposo.

Para el caso de las pruebas analíticas y así identificar las diversas formas de los distintos residuos y que no están determinadas las sustancias químicas y que son clasificadas solo aquellas y que presentan propiedades físicas de manera similar y

los comportamientos de manera que son semejantes por las diversas condiciones ambientales.

- *Sólidos totales*: Son los residuos remanentes después de haber secado una muestra de agua. Las cuales equivalen a la suma de los residuos que se encuentran disueltos y los suspendidos.

Equivalencias:

Sólidos totales = sólidos disueltos + sólidos suspendidos

Sólidos totales = sólidos volátiles+ sólidos fijos

- *Sólidos disueltos o residuos disueltos*: También llamados sólidos que son filtrables, y que son obtenidos a causa de las *evaporaciones* de las muestras antes filtrada. Van desde los sólidos en una solución de manera verdadera y los sólidos que se encuentran en el estado coloidal, los cuales no se quedan en la filtración, y los 2 son con las partículas que son menores a un micrómetro (1 μ).
- *Sólidos en suspensión*: Son los sólidos que están en las aguas residuales, excluidos los que son solubles y los que son sólidos que están en un delicado estado coloidal. Son los que poseen partículas que son mayores a un micrómetro y los cuales son retenidas en la filtración realizada mediante los análisis de laboratorios.
- *Sólidos volátiles y fijos*: Son los que se ven perdidos a causa por la calcinación que se da a 550 °C, en cambio del material sobrante son los sólidos fijos. Y en su mayoría de dichos sólidos volátiles son materiales orgánicos, en cambio los sólidos que son fijos vienen a ser de materiales inorgánicos.
- *Color, olor*: Son las propiedades organolépticas, y no tienen una medida exacta de su nivel de alteración, pese a que su manifestación pueda ser una señal de que la depuración no se está realizando de manera efectiva. Es de suma importancia para las aguas potabilizables, y por ende puede generar el rechazo por parte de les

consumidores al ser detectados ciertos colores, olores o también algún sabor y que no sean asociados con la llamada “agua pura”. (Alonso & Jiménez, 2000)

- *Color (UNE-EN ISO 7887:1995)*: No hay una relación de manera que sea directa entre el color y el grado de las contaminaciones, debido a que viene a ser el parámetro que está influenciado por interferencias que están con diversas sustancias que son coloreadas, por ello es muy complicada su evaluación total. Esto se debe a que algunas sustancias coloreadas se van degradando a qué medida que pasa el tiempo, y para determinarlo se debe realizar a las 24 horas después de haber realizado el muestreo, conservándolos en refrigeración (2-5 °C) y en sus totalidades oscuridades. (Alonso & Jiménez, 2000)
- *Olor*: Se generan por sustancias volátiles (COV's) o también gaseosas (H₂S, NH₃, etc.), y son la causa de las materias orgánicas en descomposición y como también a causa del producto químico que es generado en las industrias y en el tratamiento de las diversas aguas residuales. (Alonso & Jiménez, 2000)
- *Residuo seco*: Representan las cantidades totales de las sales de un agua: so₄²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, NO₃⁻ y Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺. (Martín , 2003)
- *pH*: Es una unidad de medida que puede ser alcalina o acida de una solución, de manera más específica para el pH el cual viene a ser la medida de la cantidad de los iones de hidrógeno, el cual contiene una solución conocida, sus siglas significan potenciales de los hidrogeniones, el pH se ha vuelto en una manera práctica de poderlo manejar las cifras de las alcalinidades, en vez de otros métodos que son más complejos. (Ramirez Moreno & Calderon Bolivar, 2009)

En 1909, el químico danés Peter Lauritz Sorensen la conceptualiza como el potencial de hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de las concentraciones molares de los iones hidrógeno. El cual:

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^*]$$

El pH es utilizado de manera universal debido por su fácil uso, de tal manera evitándose el uso de cifras demasiado largas y muy complejas.

- *Conductividad eléctrica:* Se genera por los electrolitos que se encuentran disueltos en las aguas y en ella se ve influenciado: el terreno drenado, la composición de mineral, el tiempo que está en contacto, los diversos gases que están disueltos, el pH y todo lo que se puede ver afectado por la solubilidad de las sales. (Martín, 2003)

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) \times f = \text{residuo fijo (mg/L)}$$

Viene a ser las medidas de las capacidades del agua para poder conducir la electricidad y de la misma manera las resistividades que vienen a ser las medidas recíprocas.

El aparato para las respectivas mediciones es conocido como el conductímetro, y el cual mide las resistencias al paso de las corrientes entre dos electrodos que son introducidos en el agua, y son comparados para su calibración con una solución tampón de ClK que se encuentra a la misma temperatura y 20 °C. (Santoyo, 2016)

Tabla 5

Composición del agua

| Conductividad | |
|--|------------------------------|
| Temperatura de la muestra a 25 °C | Conductividad (μS/cm) |
| Agua Ultrapura | 0,05 |
| Agua alimentación calderas | 1 a 5 |
| Agua Potable | 50 a 100 |
| Agua de Mar | 53.000 |
| 5% de NaOH | 223.000 |
| 50% NaOH | 150.000 |
| 10% ClH | 700.000 |
| 32% de ClH | 700.000 |
| 31% NO3H | 865.000 |

Fuente: Santoyo, 2016

- *Oxígeno disuelto (OD)*: Señala que la cantidad de oxígeno que se encuentra de manera disuelta las aguas y es muy importante para los ríos pequeños y para los lagos que son saludables. Los niveles de este parámetro vienen a ser un indicador del grado de las contaminaciones del agua y a su vez de cuánto pueda dar el soporte a la vida vegetal y animal.

En general se podría decir que un nivel alto del oxígeno que esta disuelto con lo cual reflejan que es agua de alta calidad, en caso fuera de manera contraria, si el nivel es bajo significa que algunos seres vivos no podrán sobrevivir tales como algunos peces y entre otros organismos. (Peña 2007)

El nivel de oxígeno disuelto puede estar entre 0 a 18 ppm y que por lo general los ríos y los riachuelos necesitan de 5 a 6 como mínimo en ppm para así poder soportar las diversidades de las vidas acuáticas, cuando está por debajo de las 3 ppm causan daño a casi todos los organismos que son acuáticos y que se encuentran por debajo de 2 ó 1 ppm genera muerte a los peces. Respecto a los niveles de OD se expresan en Porcentaje de Saturación. (Peña , 2007)

Tabla 6

Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistemas frecuentes

| [OD] mg/L | Condición | Consecuencia |
|------------------|------------------|---|
| 0 | Anoxia | Muertes masivas de los organismos que son aerobios |
| 0-5 | Hipoxia | Desaparición de los organismos y especies que son sensibles |
| 5-8 | Aceptable | (OD) adecuadas para la vida de la gran mayoría de las especies de los peces y otros organismos que son acuáticos. |
| 8-12 | Buena | |
| >12 | Sobresaturada | Sistemas que se encuentran en producción fotosintética. |

Fuente: Guillermo Goyenola (2007)

- *Porcentaje de Saturación de Oxígeno (% SAT O₂)*: Viene a ser las cantidades de Oxígeno Disuelto que está presentes a una muestra de aguas la cuales son comparadas con las cantidades máximas que puede estar a la misma temperatura. El agua se súper satura con el Oxígeno a causa de que el agua se mueve de manera rápida. Por lo general dura por un período de tiempo corto, el cual podría ser dañino para los organismos acuáticos. (Sistema Básico de Información Municipal-SisBIM).
- *Dureza*: Viene a ser las cantidades de los iones de calcio y de magnesio que se encuentran asistentes en ella, evaluándose así el carbonato de calcio y de magnesio. De acuerdo a las características de las aguas pueden ser blandas las cuales son biológicamente poco productivas. (Roldán, 2003)
- *Cloruros*: Son sales las cuales son las combinaciones del gas cloro (ion negativo) y un metal (ion positivo). El cloro (Cl₂) tiene un grado de toxicidad demasiado alto y que generalmente es usado como un producto de desinfección; pero cuando se combina con un metal, como el sodio (Na), el cual es básico para la vida, esto debido a que en pocas cantidades de cloruros son necesarias para el desempeño de las funciones celulares de los organismos vivos. (García , Reyes, y Alvarado, 2012).
- *Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)*: Conocida como la demanda bioquímica de oxígeno también, el (DBO) el cual es un parámetro que se encarga de medir la cantidad de materia que es propensa a ser consumida u oxidada por los medios biológicos que pueden estar contenidos en unas muestras líquidas, y el cual se utiliza con la finalidad de ejecutar su grado de contaminación. Se expresa en mg O₂/litro. (Roldán, 2003)

- *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*: Faña (2002) la conceptualiza como el parámetro que mide las cantidades de Oxígeno el cual es necesario para poder oxidar la materia orgánica que está sometida a ciertas condiciones que son de manera específica de agentes oxidantes, la temperatura y del tiempo; que permitirá también poder decidir las condiciones de la biodegradabilidad y del contenido de ciertas sustancias que son tóxicas, así como también la eficacia de las unidades de tratamiento.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La calidad de agua del río Huari en Ancash se categoriza en la escala regular según el ICA.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las concentraciones de los parámetros de la categoría 1-A2 R.J-N° 068-2018-ANA, de la calidad de agua del río Huari en Ancash están dentro de los límites establecidos por el ECA (D.S.004-2017-MINAM).
- HE.2: El nivel de cumplimiento normativo con respecto a la calidad de agua del río Huari en Ancash es bajo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

Es descriptivo ya que contiene una sola variable asimismo no se manipulo ninguna variable para observar la calidad del rio Huari (José Supo,2019).

3.1.2. Nivel de investigación

Es descriptivo, el cual consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. (Arias, 2012). En la investigación se buscó determinar las características de la calidad del agua del río de Huari, con el fin de conocer si sus parámetros estaban dentro de la normativa.

3.1.3. Diseño de estudio

Es de diseño descriptivo y transversal pues se quiere medir la prevalencia de la exposición de los contaminantes en un periodo de tiempo (José Supo,2019).

3.1.4. Enfoque

El enfoque de investigación fue cuantitativo continua ya que se expresó valores y datos numéricos también adoptan datos fraccionarios o decimales (José Supo,2019).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

El Rio Huari, ubicado en las coordenadas geográficas PA (N:8966916, E:262433), PB (N:8966763, E262575) y P3 (N:896515, E:262715) de los puntos de muestreo; encontrándose en el margen izquierdo el distrito de Cajay (N: 8968418, E: 262999) y la parte derecha el distrito de Huari (N: 8965884, E: 261575). En consecuencia,

comparten espacios agro ecológicos entre los ellos, asimismo la confluencia del río Huari y río Mosna forman la cuenca del río Puchka

3.2.2. Muestra

Para realizar la investigación mediante el trabajo de campo se han establecido puntos estratégicos de monitoreo y puntos de identificación de contaminantes, en la cual se realizará en el tramo comprendido entre los 3 puntos de evaluación (Punto A- Punto B - Punto C) al mismo tiempo se realizaron 3 repeticiones por cada punto de muestreo (T1, T2, T3).

Tabla 7

Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua

| Región | Ubicación Política | | Ubicación Geográfica (UTM WGS 84) | | | |
|---------------------------|--------------------|----------|-----------------------------------|---------|--------|-------------------|
| | Provincia | Distrito | Repeticiones | Norte | Este | Altitud (m.s.n.m) |
| Ancash | Huari | Huari | T1 T2 T3 | 8965884 | 261575 | 3149 |
| Puntos de muestreo | | A | T1 T2 T3 | 8966916 | 262433 | 2883 |
| | | B | T1 T2 T3 | 8966763 | 262575 | 2874 |
| | | C | T1 T2 T3 | 8966515 | 262715 | 2865 |

Fuente: Elaboración Propia

3.3.Procedimiento de Monitoreo

3.3.1. Premonitoreo

Se estableció la red de los puntos de monitoreo del recurso hídrico superficial según el sistema de Hortor (1954).



Figura 1. Clasificación mediante el sistema Horton (1954)

Fuente: Google Earth, 2020

Después del reconocimiento de la realidad problemática que sucede en el cuerpo de agua, debido al vertimiento de las aguas residuales domesticas que van directamente al río Huari, se decidió por aplicar la Metodología de forma simple, concisa y valida debido a normativa del RJ N° 068-2018 – ANA. En función a dichas características observada se consideraron 3 puntos de monitoreo del cuerpo de agua en estudio, representados como PA, PB y PC, los cuales fueron ubicados se acuerdo a su accesibilidad que tenía cada uno de ellos.

Tabla 8

Puntos de muestreo

| | PM | Repeticiones | Norte | Este | Altitud |
|--------------------|-----------|---------------------|--------------|-------------|----------------|
| Puntos de muestreo | A | T1 T2 T3 | 8966916.94 | 262433.85 | 2883 |
| | B | T1 T2 T3 | 8966763.04 | 262575.49 | 2874 |
| | C | T1 T2 T3 | 8966515.26 | 262715.10 | 2865 |

Fuente: Elaboración Propia

La frecuencia del monitoreo se realizó en la estacionalidad de avenidas, por lo cual se puede presentar cambios sustanciales en la calidad del recurso hídrico.

Como el río Huari debido a sus características, está catalogado como un río de categoría 1-A2, y de acuerdo a ello permitió la designación según la metodología de la evaluación de la calidad del Agua de acuerdo al ANA para monitorear parámetros según la siguiente tabla.

Tabla 9

Parámetros a monitorear

| Categoría 1-A2 Tratamiento convencional para aguas que pueden ser potabilizadas | | |
|--|---------------------------------------|-----------------|
| N° | PARÁMETRO | UNIDADES |
| 1 | Oxígeno disuelto (en su valor mínimo) | mg/L |
| 2 | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg/L |
| 3 | Arsénico | mg/L |
| 4 | Cadmio | mg/L |
| 5 | Cobre | mg/L |
| 6 | Cromo Total | mg/L |
| 7 | Hierro | mg/L |
| 8 | Manganeso | mg/L |
| 9 | Plomo | mg/L |
| 10 | Mercurio | mg/L |
| 11 | Zinc | mg/L |
| 12 | Potencial de Hidrógeno (pH) | NMP/100 ml |
| 13 | Coliformes Termotolerantes (44,5°C) | NMP/100 ml |

Fuente: ECA Agua (2017)

Para la ejecución del muestreo del agua se empleó los siguientes equipos para el monitoreo y protección personal.

Tabla 10

Equipos para el monitoreo

| Matrices | Nombre del equipo |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Equipos de protección | Casco de seguridad ANSI Z89.1 |
| | Guantes de látex |
| | Zapatos de seguridad anti deslizable |

| | |
|----------------------------|--|
| personal | Guardapolvo Lentes |
| Materiales de campo | Multiparámetro de agua HACH Cámara Fotográfica GPS Cronómetro Pizarra, Plumón, Cinta de embalaje |
| Materiales de conservación | Cooler Gel Packs Hielo |
| Materiales de recolección | Frascos de vidrio |

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la calibración y verificación de los sensores de pH, OD y conductividad dentro de las 24 horas antes del muestreo. El equipo para el monitoreo es el multiparámetro HQ 40d el cual está diseñado para aplicarlo en el agua, el cual consta de un medidor que es portátil HQ40d de la marca Hach, el cual es un medidor de vanguardia que descarta las suposiciones en las mediciones. Estos medidores se ensamblan con sondas que son inteligentes IntelliCAL los cuales examinan de manera automática el parámetro de la prueba, así mismo el historial de la calibración y el método. Asimismo posee sondas con cables de 1 m donde se puede medir el pH, oxígeno disuelto, conductividad/orp, la medición de las sales, TDS. Cuenta con almacenamiento de 500 datos su clasificación (ip ip67: si) y conexión: m12 digital para sondas intellical. Certificado de calibración: CYVLM0141-120518, evidenciado en el anexo N° 3. Temperatura: 0 a 50 °C, ± 0.3 °C. Además se usó GPS.

3.3.2. Monitoreo

- ✓ Para iniciar el procedimiento se debe colocar el guardapolvo y guantes para prevenir la contaminación de agentes patógenos.

- ✓ Reconocimiento del entorno y llenado de la ficha de campo (Anexo I) las características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas, presencia de residuos y entre otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.
- ✓ Ubicación de los puntos de monitoreo donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta. Teniendo en cuenta la recolección de muestras, los frascos se enjuagarán como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- ✓ Los parámetros de campo a medir (T, pH, O.D,) la medición se realizó directamente en el cuerpo de agua ya que las condiciones permitían realizar la medición gracias a ellos los equipos estuvieron seguros y las muestras de la lectura es representativa.
- ✓ Se realizó la toma de muestras cogiendo la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- ✓ Considerar un espacio para muestras microbiológicas, un tercio del frasco de muestreo y almacenar $\leq 6^{\circ}\text{C}$ y en oscuridad.
- ✓ Una vez realizado la toma de muestras de agua, se procede inmediatamente adicionarle el preservante para los parámetros evaluados.

Tabla 11

Conservación y preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado.

| Parámetros fisicoquímicos | Tipo de recipiente | Condiciones de preservación y almacenamiento | Tiempo máximo de almacenamiento |
|----------------------------------|---------------------------|---|--|
| | Botella de vidrio | Fijar el oxígeno. Almacenar | |
| OD mg/L | Winkler | muestras a oscuras o usar botella oscura. | 4 días |
| pH mg/L | Plástico o vidrio | Analizar preferentemente in | 24 horas |

| Parámetro Inorgánicos | Tipo de recipiente | de Condiciones de preservación y almacenamiento | Tiempo máximo de almacenamiento |
|---------------------------|--------------------|--|---------------------------------|
| DBO ₅ | Plástico o vidrio | Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras. | 24 horas |
| Arsénico | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1-2 con HCL o HNO ₃ . se debería usar HCL si se usa la técnica de hidruros para análisis. | 6 Meses |
| Cadmio | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1 -2 con HN0 ₃ | 6 meses |
| Cobre | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1 -2 con HN0 ₃ | 6 meses |
| Cromo | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1 -2 con HN0 ₃ | 6 meses |
| Hierro | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1 -2 con HN0 ₃ | 1 mes |
| Manganeso | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1 -2 con HN0 ₃ | 1 mes |
| Mercurio | Plástico o vidrio | Acidificar a pH 1 -2 con HN0 ₃ | 6 meses |
| Plomo | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1-2 con HN0 ₃ | 6 mes |
| Zinc | PE-HD o PTFE | Acidificar a pH 1-2 con HN0 ₃ | 6 meses |
| Parámetro Microbiológico | Tipo de recipiente | Condiciones de preservación y almacenamiento | Tiempo máximo de almacenamiento |
| Coliformes termotolerante | Vidrio estéril | Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Almacenar ≤ 6 °C y en oscuridad. | 24 horas |

Fuente: RJ N°- 010-2016-ANA

Nota: PE-HD (Polietileno de alta densidad) y PTFE (Politetrafluorotileno).

- ✓ La información se recogió durante el monitoreo de campo. Para el caso de los parámetros, como los Coliformes, DBO₅ y los parámetros inorgánicos son muestras perecibles, por lo que se enviaron lo más antes posible al laboratorio.

- ✓ Las muestras se almacenan en un cooler de forma vertical, donde se debió de asegurar los recipientes de vidrio para que no se rompan en su traslado.
- ✓ Después de muestrearse en los tres puntos de monitoreo, se procedió a enviar las muestras de agua al laboratorio, todas las muestras fueron trasladadas con Ice Pack, para que de tal manera se conforme, llevando consigo la cadena de custodia.

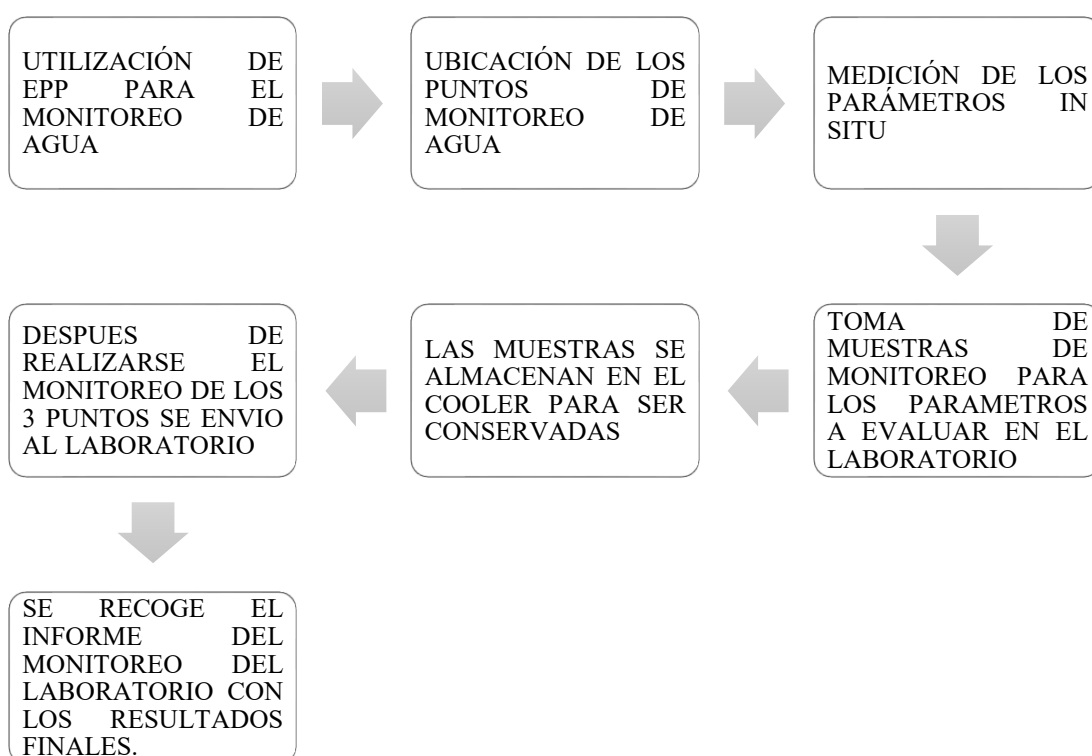


Figura 2. Clasificación mediante el sistema

3.3.3. Posmonitoreo

- ✓ Los resultados del laboratorio CYVLAB el 27 de febrero de 2019.
- ✓ Para el procesamientos de los datos obtenidos producto del monitoreo, se procedió a aplicar la metodología ICA – PERÚ para la determinación de la calidad de agua, la cual se aplica para los cuerpos de agua continentales superficiales, esta fórmula canadiense se enmarca en tres factores, los cuales van desde el alcance, la frecuencia y la amplitud, lo que finalmente da como resultado un cálculo matemático en el que se obtiene un valor que es único,

este valor puede ir desde el 0 al 100, este valor representa y describe la situación de la calidad del agua.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

La técnica para esta investigación se realizó de acuerdo R.J N°010-2016-ANA, "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos y superficiales, asimismo se seleccionó los parámetros de acuerdo R.J-N°-068-2018-ANA, categoría 1-A2.

Para el estudio se tomaron muestras de manera puntual para conocer las características del cuerpo de agua. Para ello se planificaron en gabinete los puntos de monitoreo de recurso hídrico. La recolección y conformación de la información se realizaron a través de las herramientas informática Google Earth Pro. Por otro lado, los puntos de muestreo se identificaron claramente, de manera exacta para futuras investigaciones. Para la determinación de los puntos de muestreo se utilizó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se registró en sistema UTM y ubicación geodésica WGS 84 en consecuencia todos los datos se encuentran en la tabla N° 7.

De acuerdo al ANA (Autoridad nacional del agua), en marco de las actividades de monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales deberán poseer un código según el cuerpo de agua, en efecto para este estudio el código es R-Huari.

La medición de la calidad de agua se realizó en un solo monitoreo de acuerdo a la R.J N°-068-2018-ANA; en concreto en el marco del control y vigilancia de los recursos hídricos se convierte en una herramienta muy importante ya que muestra respuestas rápidas del estado de calidad del agua de manera puntual, es así que la aplicación del ICA-PE para un solo monitoreo será factible, mientras se presente como un indicador puntual, tanto en espacio y tiempo.

Por consiguiente, identificado las normas, tipo de cuerpo de agua y establecida la red de puntos de monitoreo se procedió a realizar el lavado de los sensores del multiparametro así pues se verificó los frascos y materiales que se encuentren en buen estado y exentos de contaminantes todo ellos con los EPP.

Se continuo al reconocimiento del entorno, rotulado y etiquetado de los frascos por tanto se continuo con la medición del parámetro de la DBO₅ en frascos de vidrio de boca ancha color ámbar para evitar la degradación por fotolisis el cual se llenó por completo, estas no deben contener burbujas en su interior.

Para el parámetro microbiológico se usó el frasco de vidrio estéril; los frascos no se abrieron hasta el momento del muestreo y no serán enjuagados con agua de la muestra, se deben destapar el menor tiempo posible para evitar el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterar los resultados además dejo un espacio para la aireación y se refrigeró a ≤ 6 °C y en oscuridad.

Estas aguas tienen alto contenido de metales, sobre todo metales pesados, se añadió a la muestra 0.3 ml (6 gotas) de EDTA al 15% por cada 120 ml de agua.

Por otra parte, para los parámetros inorgánicos se enjuagaron los frascos (PE-HD) con el agua a ser recolectada de 2 a 3 veces con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior. Además, una vez lleno el frasco se deja un espacio del 1 % aproximadamente necesario para el vertido de preservantes (Acidificar a pH 1 – 2 con ácido nítrico).

Todas las muestras se almacenaron en un cooler de forma vertical y procedió asegurar los recipientes de vidrio para que no se quiebren durante el traslado. Al mismo tiempo se envió las muestras de agua con Ice Pack al laboratorio, llevando consigo la cadena de custodia.

De modo que los análisis de las muestras lo realizaron en el laboratorio CYVLAB emitiendo los resultados el 27 de febrero de 2019.

Una vez obtenidos los resultados se procede a la aplicación del ICA para 1 monitoreo, el cual es una herramienta que integra información de varios parámetros, permitiendo transformas grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad de agua de manera puntual tanto espacio y tiempo. Por tanto, se calculan F_1 (Alcance), F_2 (Frecuencia), F_3 (Amplitud) y por último se calcula el ICA para PA, PB y PC.

3.5. Técnicas para el procesamiento de información

Para la investigación y procesamiento de información se usó el programa (Microsoft Excel), ya que permite crear, así como manipular toda clase de datos en una cuadrícula de hoja de cálculos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de cuadros, gráficos e interpretación

Durante la etapa del monitoreo se procedió a analizar y procesar los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros que fueron evaluados. Teniendo en cuenta que se realizaron en 3 puntos de monitoreo, los cuales fueron PA, PB y PC, los cuales tuvieron 3 repeticiones por cada punto de monitoreo (ver Figura 1).

4.1.1. Parámetros Fisicoquímicos

El pH es una medida que indica la acides o alcalina del agua. Las mediciones de pH se encontraron en un rango de escala de 0 a 14, con 7 considerado como neutro.

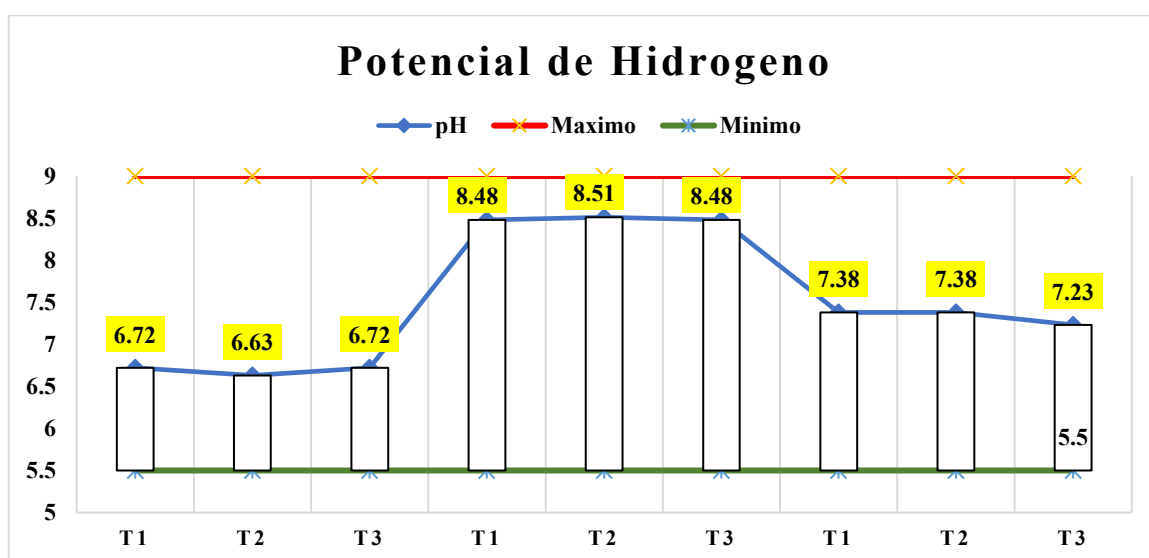


Figura 3. Variación del potencial de Hidrogeno en los tres puntos

En la figura 3, se observa la variación del pH de acuerdo a las repeticiones que se realizaron en el PA donde se encuentra que el pH está en un promedio de 6.69, la cual representa significa que el agua estuvo ligeramente acida pero que está dentro de los estándares calidad ambiental. En el PB se encontró un valor promedio de 8.49 por lo cual tiene una característica alcalina lo que significa que existe una mayor concentración del Ion Hidroxilo. En el PC se encontró que el pH estuvo en un valor

promedio de 7.33, el cual es un valor cercano al agua neutral. Se debe de tener en cuenta que el monitoreo se realizó en la temporada de avenida, y que en el tiempo de estiaje se puede conjeturar la variación del pH en la totalidad de los puntos.

El oxígeno disuelto viene a ser un indicador del grado de la contaminación del agua, así mismo es sinónimo de la capacidad de dar soporte a la vida vegetal y animal.

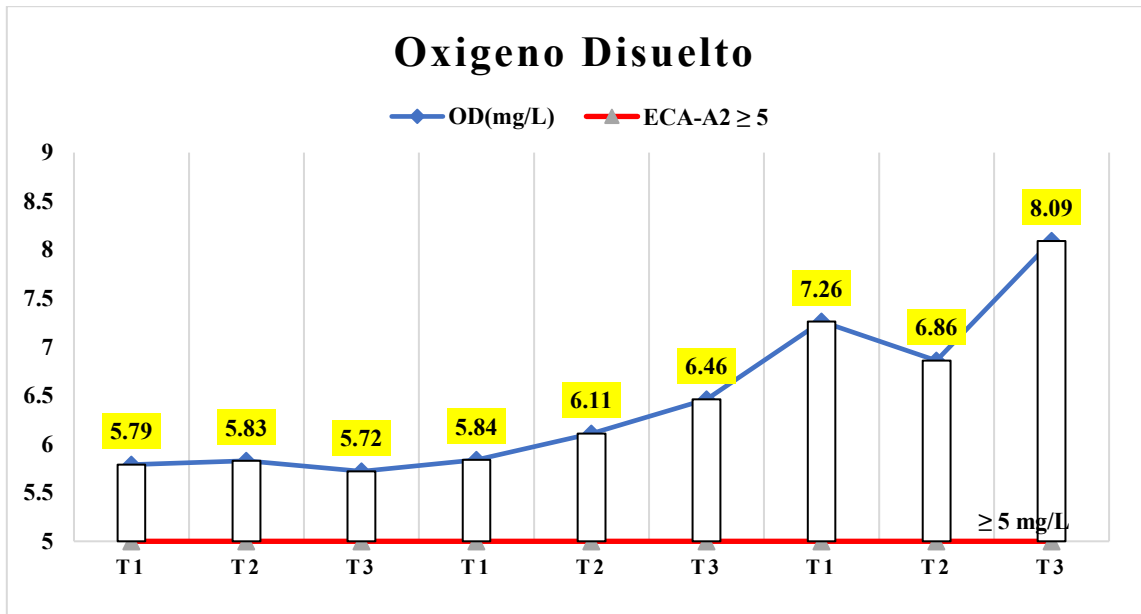


Figura 4. Variación de Oxígeno disuelto en los tres puntos.

En la figura 4, se aprecia la variación del OD en el PA encontrándose un valor promedio de 5.78 mg/L lo que significa que se encuentra en un rango aceptable. En el PB se observa el incremento en forma ascendente con valor 6.13 mg/L. En el PC se encontró un valor promedio de 7.40 mg/L. En los 3 puntos están dentro de los valores recomendados por el ECA-Agua.

La DBO₅, es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

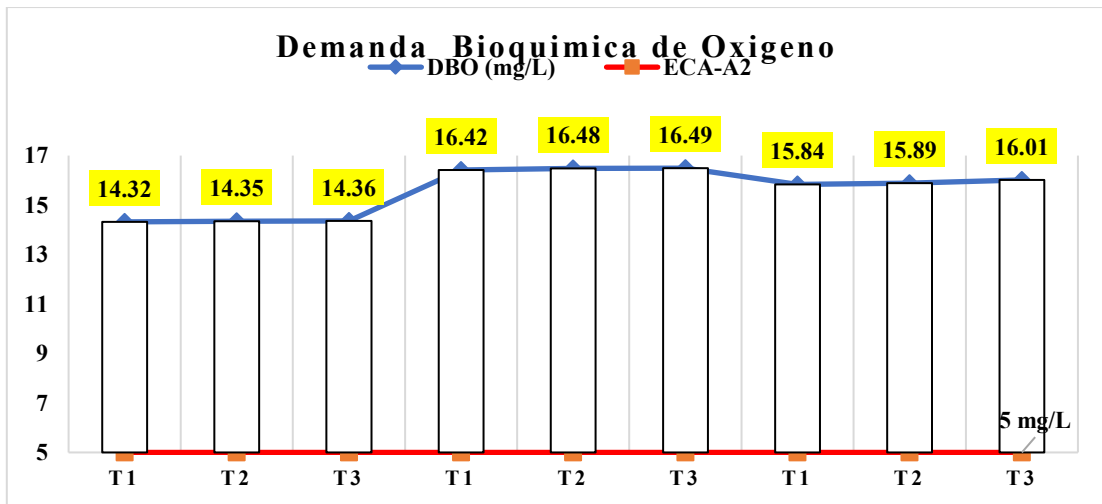


Figura 5. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos

En la figura 5, la concentración de la DBO_5 , en el PA, PB, PC los valores encontrados están en el rango de 14.32 y 16.49 mg/L, por lo que la totalidad de los puntos sobrepaso el estándar de calidad ambiental según la categoría 1, Sub categoría A2, el cual tiene como valor máximo para dicho parámetro es 5 mg/L.

4.1.2. Parámetros Inorgánicos

El arsénico es un elemento químico ampliamente distribuido en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera, el cual está presente en cuatro estados de oxidación As(V), As(III), As(0) y As(-III). En general, en aguas superficiales, el As(V) predomina sobre el As(III) especie de mayor toxicidad. (Inés, Mercedes, Yulieth, Omar, & Edgar, 2016).

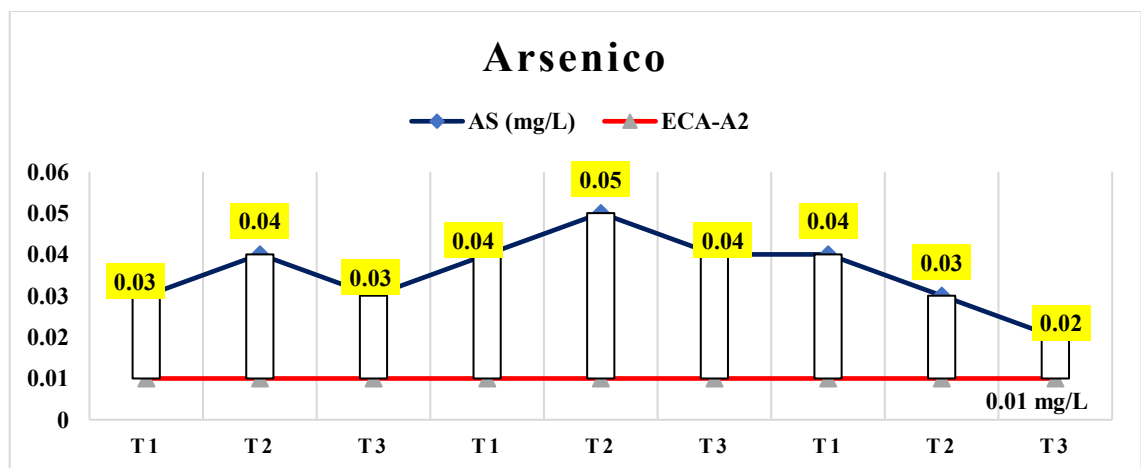


Figura 6. Variación del Arsénico en los tres puntos

En la figura 6, se observa que la concentración de Arsénico en todos los puntos sobrepasa los estándares de calidad ambiental, categoría 1, sub categoría A2 el cual es 0.01 mg/L.

El Cadmio es un metal del grupo de los elementos de transición, de color blanco plateado, maleable, parecido al estaño, altamente tóxico.

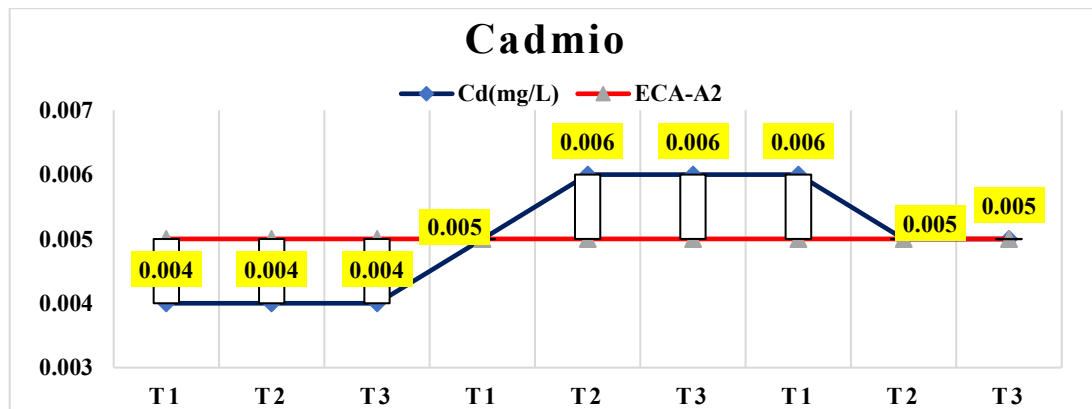


Figura 7. Variación del Cadmio en los tres puntos

En la figura 7, la concentración de cadmio en el PA se encontró por debajo del ECA-A2. En el P2 en la primera repetición el resultado fue de 0.005 mg/L el cual estaba en el límite de superar el ECA-A2 muy a diferencia de las otras 2 repeticiones que si sobrepasaron la normativa ambiental. En el PC la primera repetición sobrepaso la norma con un valor de 0.006 mg/L las otras dos repeticiones estuvieron en el límite de superar el estándar de calidad ambiental con el valor 0.005 mg/L.

El cobre elemento químico que pertenece al grupo de los metales.

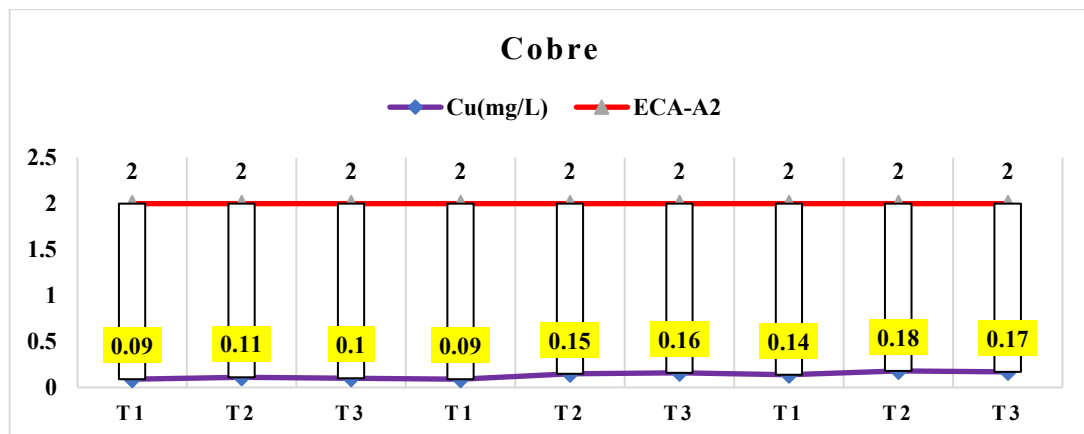


Figura 8. Variación del Cobre en los tres puntos

En la figura 8, en los puntos de monitoreo PA, PB y PC los valores encontrados estuvieron por debajo de los estándares de calidad ambiental, categoría 1, subcategoría A2.

El cromo es un elemento químico, su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente presente en los sistemas acuosos, por su reconocido carácter cancerígeno.

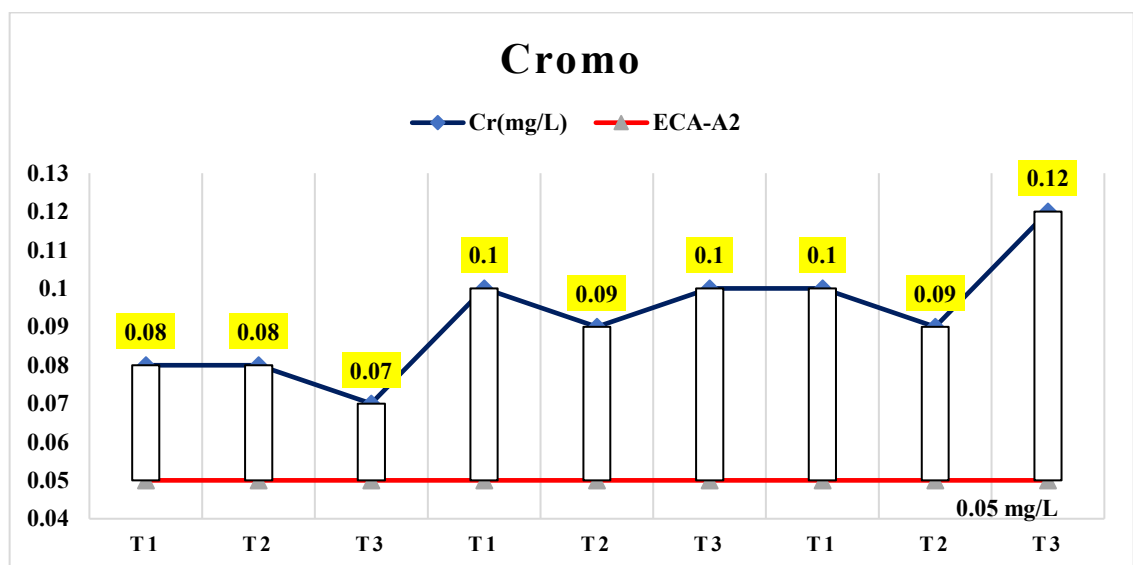


Figura 9. Variación del Cromo en los tres puntos

En la figura 9, se reporta la concentración del cromo en función de los puntos de monitoreo PA, PB y PC, donde se superaron en la totalidad de acuerdo a la normativa vigente.

El hierro es un elemento químico común en la corteza terrestre, en el agua el Fe provoca inconvenientes en los sistemas de abastecimiento, tales como aparición de manchas en las ropas, sanitarios, modifica las características organolépticas del agua.

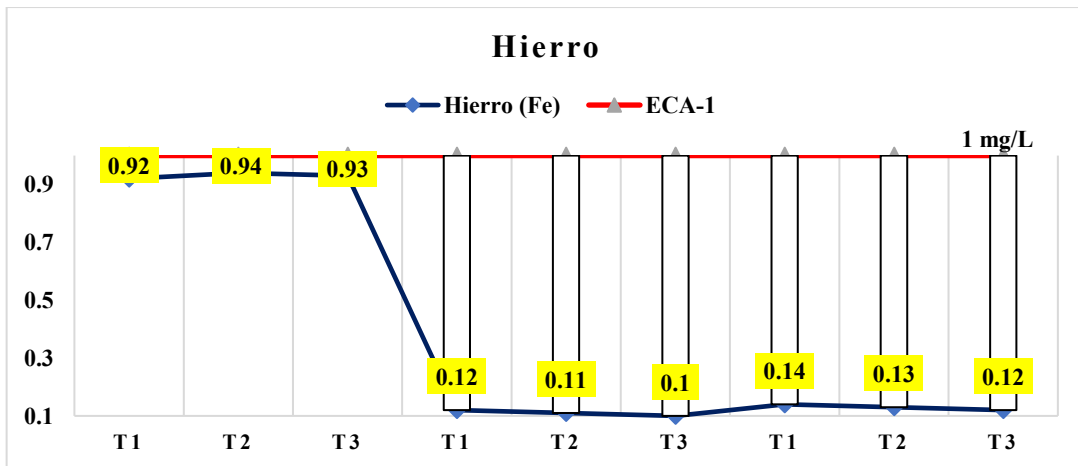


Figura 10. Variación del Hierro en los tres puntos

En la figura 10, se observan los resultados del Hierro, donde los valores en los puntos de muestreo se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental, categoría 1, subcategoría A2.

El manganeso es un elemento químico que tiene la característica de poder darle al agua un sabor, olor y color indeseable.

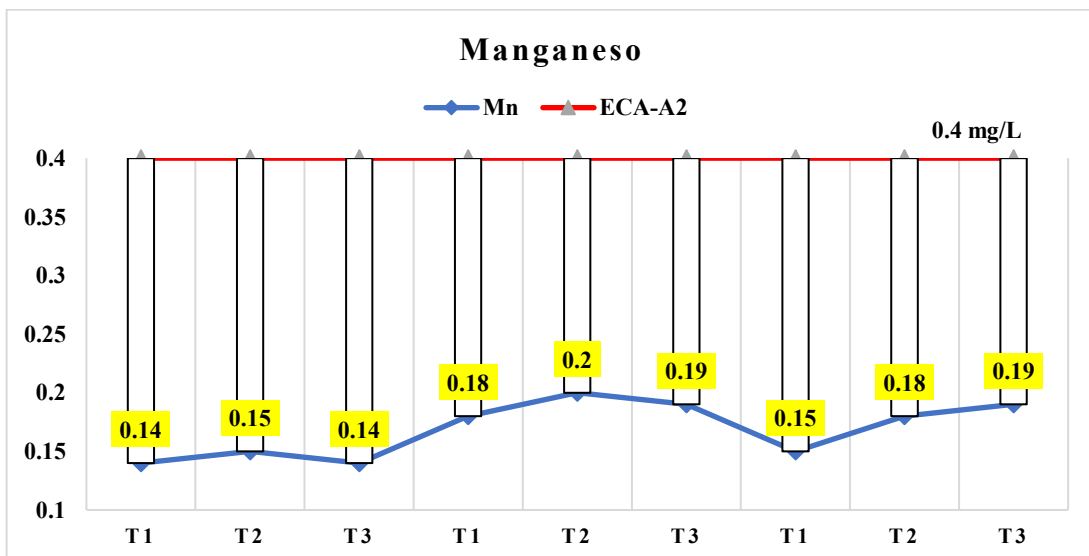


Figura 11. Variación del Manganeso en los tres puntos.

En la figura 11, se contempla la concentración de Manganeso, donde los puntos de monitoreo PA, PB y PC estuvieron dentro de los estándares de calidad ambiental, categoría 1, subcategoría A2.

El mercurio es un elemento químico y constituye uno de los problemas ambientales más críticos en la actualidad, debido a su alta toxicidad, persistencia y capacidad de bioacumulación.

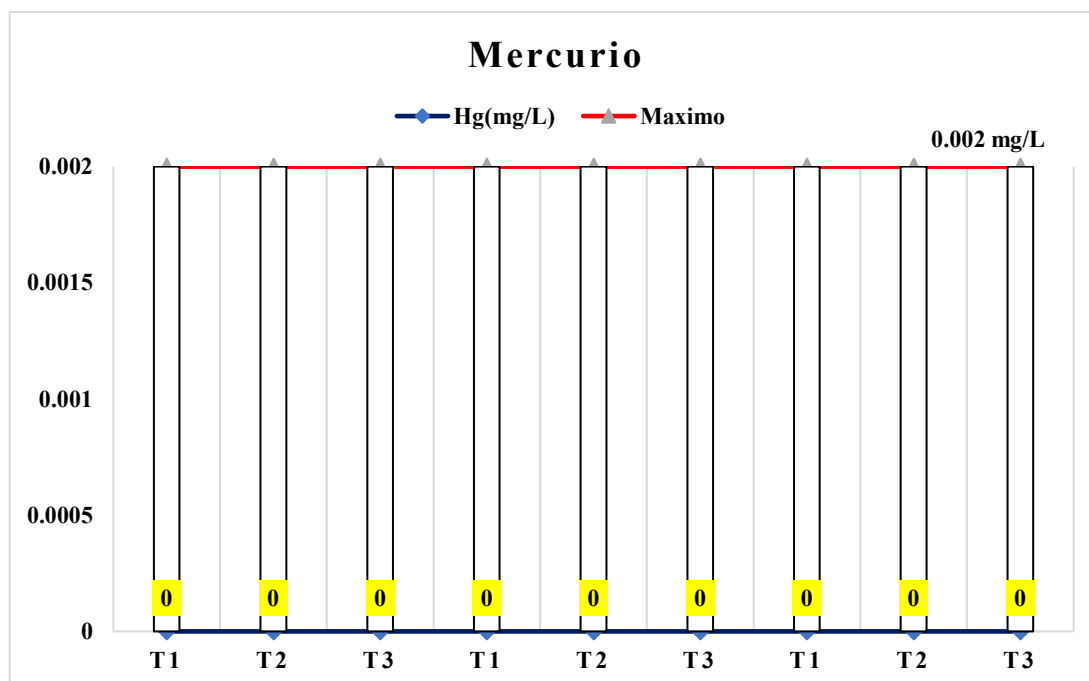


Figura 12. Variación del Mercurio en los tres puntos

En la figura 12, se representa la concentración del mercurio en función de los 3 puntos de monitoreo los cuales fueron el PA, PB y PC, encontrándose el valor de 0 mg/L en todas las repeticiones. Por lo que el 100% de los datos encontrados se encuentran por debajo del estándar de la calidad ambiental.

El plomo es un elemento químico, que se ha utilizado durante muchos años debido a su resistencia a la corrosión ductilidad, y facilidad para formar aleaciones. La presencia de este metal en el agua se debe ocasionados por la actividad antropogénica o natural por consiguiente la ingestión de este metal tiende a distribuirse en diferentes órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se ve acumulado con el paso del tiempo (Sanín et. al, 1998). La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición (Bayona, 2009).

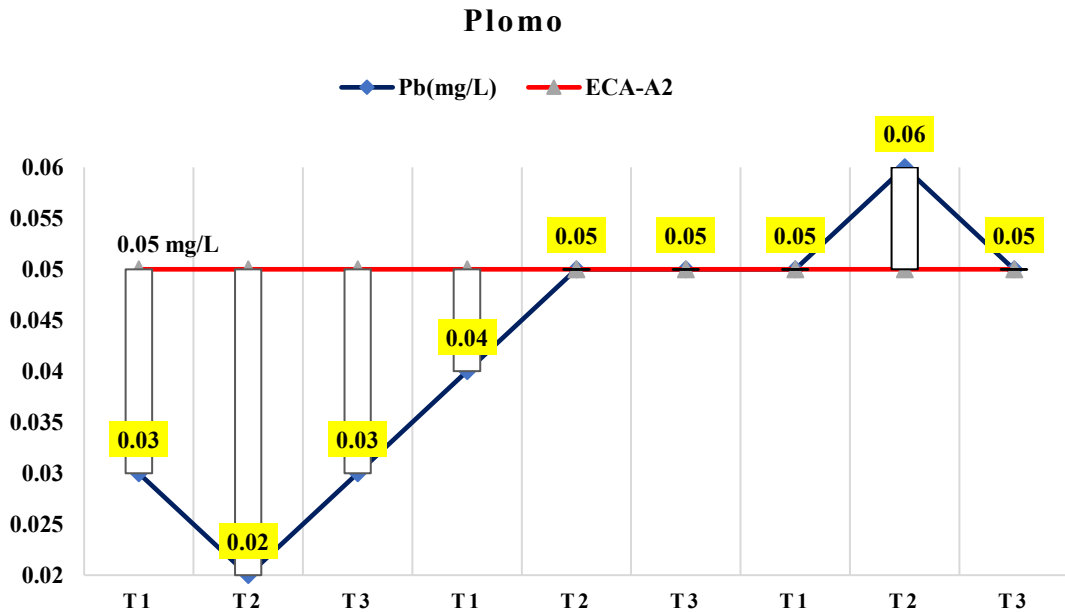


Figura 13. Variación del Plomo en los tres puntos

En la figura 13, se contempla los resultados del plomo en el punto de monitoreo PA están por debajo del ECA-A2, en el PB el resultado de la primera repetición es de (0.04 mg/L,) por lo tanto está dentro del ECA-A2; en las 2 últimas repeticiones se encuentra en el límite del ECA-A2 con valores de (0.05 mg/L, 0.05 mg/L). En el PC se registra en la primera repetición el valor de (0.5 mg/L) por lo que es el límite del ECA-A2; en la segunda repetición el valor sobrepasa el ECA-A2 con el valor de 0.06 mg/L, por último, en la repetición 3 baja a 0.05 mg/L por tanto se encuentra al límite de superar el ECA-A2.

El zinc es un elemento químico, se encuentra de forma natural en la corteza. La presencia del zinc en el agua depende de la temperatura y del pH. Cuando el pH es casi neutro, el zinc es insoluble en el agua. El zinc se disuelve en agua como $ZnOH^+(aq)$ o $Zn^{2+}(aq)$. El $ZnCO_3$ aniónico tiene solubilidad de 0.21 g/L.

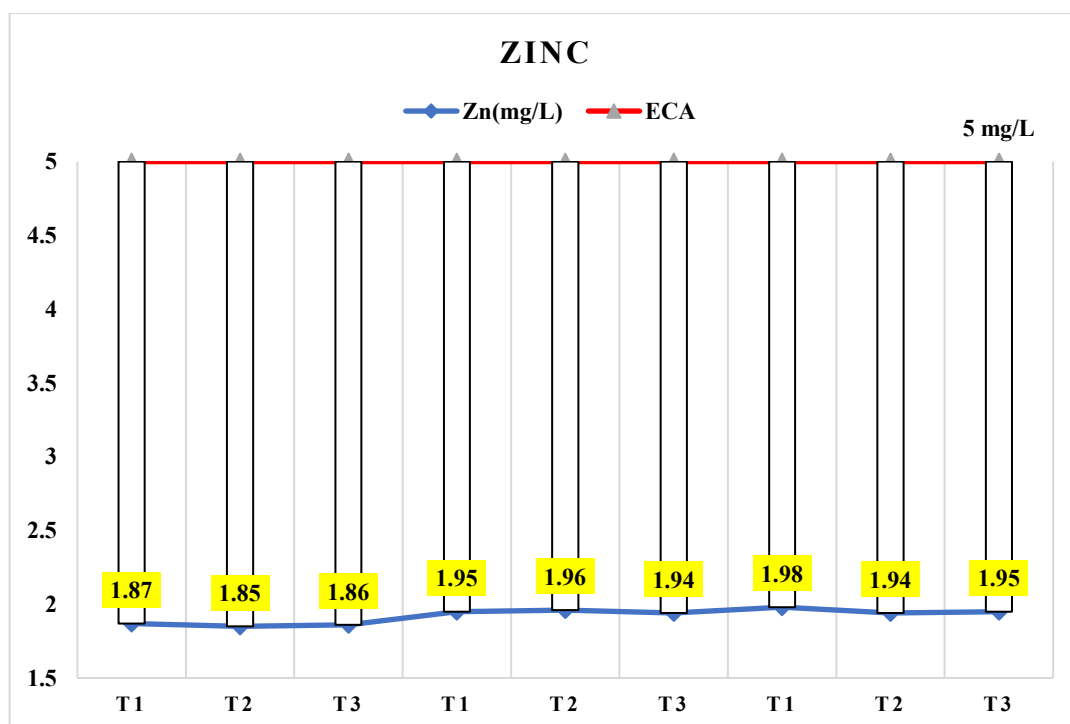


Figura 14. Variación del potencial de Hidrogeno en los tres puntos

En la figura 14, se perciben los resultados del zinc en todos los puntos de monitoreo PA, PB y PC no se superaron los estándares de calidad ambiental, categoría 1, subcategoría 2.

Se debe de tener en cuenta que la concentración del zinc en el rio se puede conjeturar, debido a que se puede presentar un incremento en las temporadas de estiaje, dado que estas muestras fueron tomadas cuando el caudal se incrementó en la temporada de avenidas.

4.1.3. Parámetros Microbiológico

Los CTE, denominado así porque soportan temperaturas hasta 45 °C, comprenden un numero de microorganismos representados por E. coli, Citrobacter Freundii y Klebsiella Pneumoniae, presentes en fuentes de agua, vegetación y suelo. Por esto algunos autores plantean que el termino Coliformes Fecales, Comúnmente utilizados, debe ser sustituido por CTE. (Larrea, y otros, 2012)

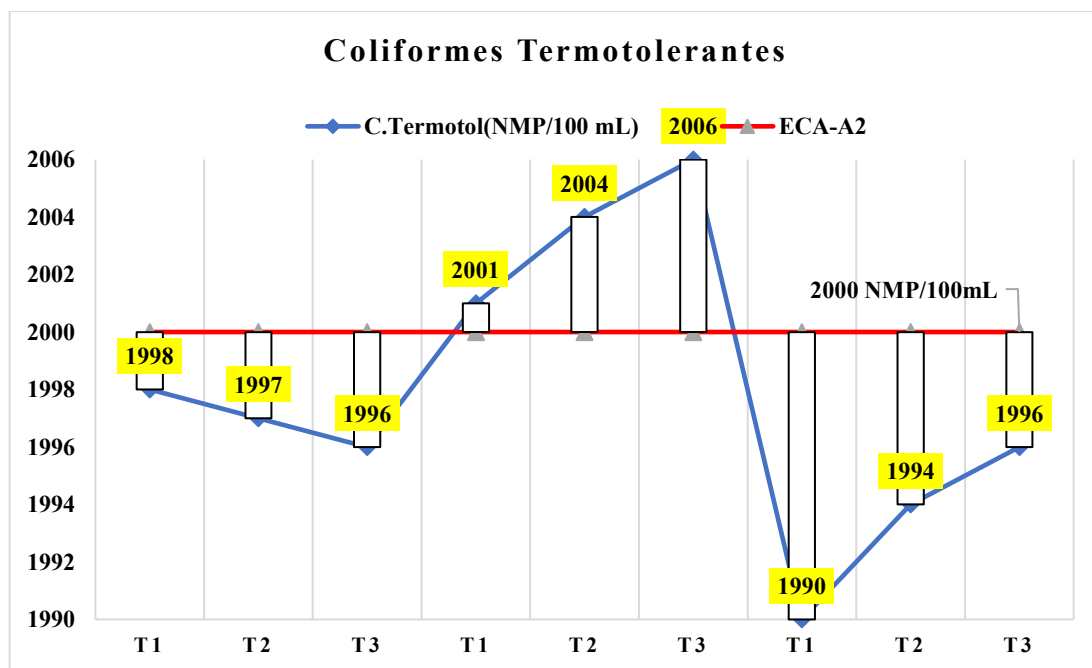


Figura 15. Variación de los Coliformes Termotolerantes

En la figura 15, se obtienen los resultados de los parámetros microbiológico, donde los valores en el PA en las 3 repeticiones se encuentran por debajo del ECA-A2; en el PB supera los estándares de calidad ambiental, categoría 1 subcategoría A2 por ser el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas reflejando la presencia de microorganismos que en su mayoría está representado por E.Coli, pero se puede encontrar formas menos frecuente las especies Citrobacter Freundii y Klebsiella Pneumoniae (Larrea, y otros, 2012). En el P3 se reporta los resultados se encuentran por debajo del ECA-A2 por otra parte se puede conjeturar el incremento de Coliformes Termotolerantes en temporadas de estiaje, dado que estas muestras fueron tomadas cuando el caudal se incrementó en la temporada de avenidas.

4.2. Resultados de la verificación del cumplimiento normativo

Los valores que están marcados de color amarillo son los parámetros que sobrepasan los ECA categoría 1-2 A.

Tabla 12.

Los Resultados de los Puntos, P1, P2 y P3.

| PUNTOS DE MONITOREO | | | PUNTO A | | | PUNTO B | | | PUNTO C | | | |
|--|---------------------------------------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---|
| Parámetros a Evaluar | ECA Cat. 1-A2 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | | |
| | | | | | | | | | | | Ph | - |
| Parámetros Físicos – Oxígeno Disuelto | OD mg/L | ≥5 | 5.79 | 5.83 | 5.72 | 5.84 | 6.11 | 6.46 | 7.26 | 6.86 | 8.09 | |
| Químicos – Demanda Bioq. Oxig (DBO) | mg/L | 5 | 14.32 | 14.35 | 14.36 | 16.42 | 16.48 | 16.49 | 15.84 | 15.89 | 16.01 | |
| Arsénico (AS) | mg/L | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | |
| Cadmio (Cd) | mg/L | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | |
| Cobre (Cu) | mg/L | 2 | 0.09 | 0.11 | 0.1 | 0.09 | 0.15 | 0.16 | 0.14 | 0.18 | 0.17 | |
| Cromo (Cr) | mg/L | 0.05 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.1 | 0.09 | 0.1 | 0.1 | 0.09 | 0.12 | |
| Parámetros Inorgánicos – Hierro (Fe) | mg/L | 1 | 0.92 | 0.94 | 0.93 | 0.12 | 0.11 | 0.1 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | |
| Manganeso (Mn) | mg/L | 0.4 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.18 | 0.2 | 0.19 | 0.15 | 0.18 | 0.19 | |
| Mercurio (Hg) | mg/L | 0.002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Plomo (Pb) | mg/L | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | |
| Zinc (Zn) | mg/L | 5 | 1.87 | 1.85 | 1.86 | 1.95 | 1.96 | 1.94 | 1.98 | 1.94 | 1.95 | |
| Microbiológicos – Coliformes Termotolerantes | NMP 100 mL | 2000 | 1998 | 1997 | 1996 | 2001 | 2004 | 2006 | 1990 | 1994 | 1996 | |
| Datos | Número de parámetros de NO cumplen | | | 3 | | | 5 | | | 5 | | |
| | Número Total de parámetros a evaluar | | | 13 | | | 13 | | | 13 | | |
| | Número de datos que NO cumplen el ECA | | | 9 | | | 14 | | | 11 | | |
| | Número Total de Datos | | | 39 | | | 39 | | | 39 | | |

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Calculo los F1, F2 y F3 (según fórmula de la metodología ICA – PE)

Por medio de la metodología del ICA-PE adaptación de la fórmula canadiense para hallar el índice de calidad de agua, se procede a mostrar los siguientes datos:

Tabla 13

Hallar los F1, F2 y F3

| | | | |
|-----------|--------|--------|--------|
| F1 | 0.231 | 0.385 | 0.385 |
| F2 | 0.231 | 0.359 | 0.282 |
| F3 | 26.686 | 34.598 | 29.279 |

| Parámetros a Evaluar | Unidad de Medida | ECA CAT 1-A2 | Primera Repetición | | | Segunda Repetición | | | Tercera Repetición | | |
|--------------------------------|------------------|--------------|--------------------|------|------|--------------------|-------|-------|--------------------|------|-------|
| | | | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| pH | - | 6.5 8.5 | | | | | | | | | |
| Oxígeno Disuelt | mg/L | >5 | | | | | | | | | |
| OD | | | | | | | | | | | |
| Demanda Bioq. Oxígeno (DBO) | mg/L | 5 | 1.86 | 1.87 | 1.87 | 2.84 | 2.29 | 2.298 | 2.168 | 2.17 | 2.202 |
| Arsénico (AS) | mg/L | 0.01 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Cadmio (Cd) | mg/L | 0.005 | | | | | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | |
| Cobre (Cu) | mg/L | 2 | | | | | | | | | |
| Cromo (Cr) | mg/L | 0.005 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 1 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 1.4 |
| Hierro (Fe) | mg/L | 1 | | | | | | | | | |
| Manganeso (Mn) | mg/L | 0.4 | | | | | | | | | |
| Mercurio (Hg) | mg/L | 0.002 | | | | | | | | | |
| Plomo (Pb) | mg/L | 0.05 | | | | | | | | 0.2 | |
| Zinc (Zn) | mg/L | 5 | | | | | | | | | |
| Coliformes Termotol | NMP/100 mL | 2000 | | | | 0.0005 | 0.002 | 0.003 | | | |
| SUMATORIA DE EXCEDENTES | | | 0.364 | | | 0.529 | | | 0.414 | | |
| ICA-PE | | | 84.592 | | | 80.022 | | | 83.094 | | |
| | | | BUENA | | | BUENA | | | BUENA | | |

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Tabla se muestran los excedentes que son utilizados para poder determinar el F3.

Tabla 14.

Tabla de los excedentes para poder hallar el F3

| ICA | 90- 100 | 75- 89 | 45- 74 | 30- 44 | 0- 29 |
|--------------|-----------|--------|---------|--------|--------|
| Calificación | Excelente | Buena | Regular | Malo | Pésimo |

Fuente: ANA, 2018

El ICA-PE en el punto (P1) es 84.592; en el segundo punto (P2) es 80.022, en el tercer punto (P3) es 83.094 clasificándose los puntos como aguas de calidad “Buena”.

En el puntos (P2) se evidencia el incremento de los parámetros (Coliformes Termotolerantes, DBO5,As, Cd, Cr) que sobrepasa el ECA categoría 1 – A2. En efecto el P2 se vierte las aguas residuales domesticas sin ningún tipo de tratamiento al cuerpo de agua.

En el punto (P3) evidencia el gran impacto negativo de la actividad antropogénica, al mismo tiempo emerge el parámetro del Plomo el cual es una sustancia toxica acumulativo que afecta los diversos sistemas del organismo.

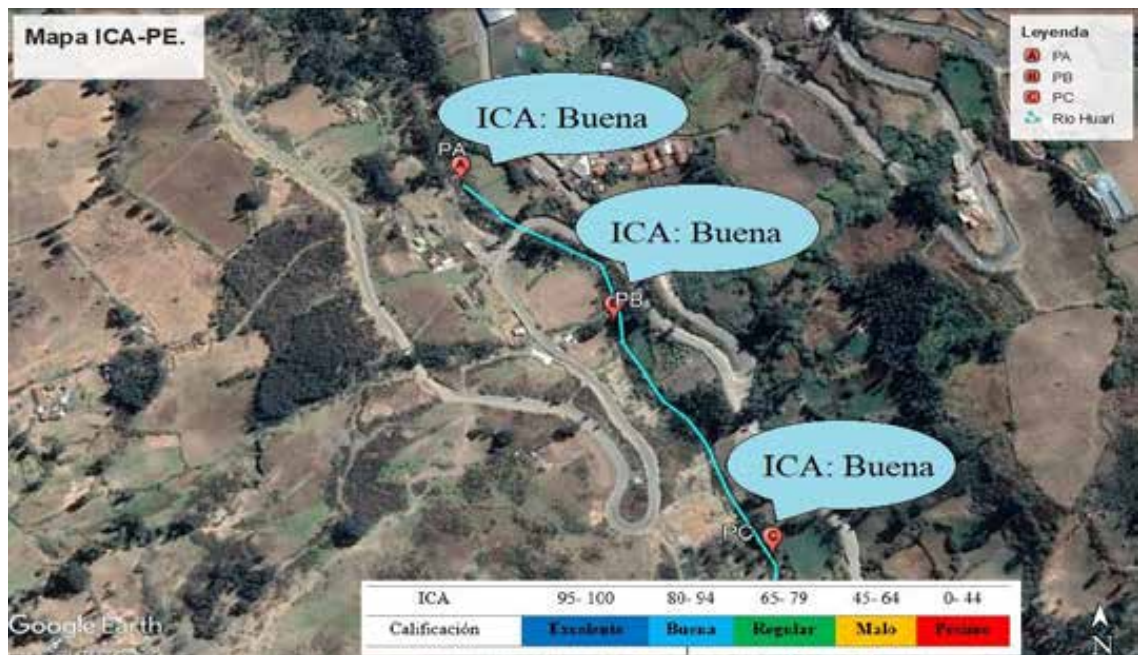


Figura 16. Mapa ICA - PE

Fuente: Google Earth, 2020

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos en el monitoreo de agua del parámetro OD en los P1, P2, P3 cumplen la concentración mínima establecida en el ECA, con relación de la investigación de Gutiérrez (2018), Evaluación de la Calidad de agua del río Coata en la desembocadura del Torococha utilizando el ICA-PE, donde acuerdo a los resultados de la investigación mencionada que los resultados del parámetro del OD en los meses de setiembre octubre y noviembre, ninguna muestra de agua cumple la concentración mínima establecida en el ECA categoría 1, sub categoría A2. Dicha variación se debe a la temperatura y presión, de acuerdo a la ley Henry la cantidad de oxígeno que se puede disolver teóricamente en un cuerpo de agua. Por tanto la Temperatura se debe medir en todos los monitoreos ya que son muy importantes para saber la solubilidad del OD en el agua.

Respecto al monitoreo realizado en el río Huari del parámetro inorgánico, se obtuvo que el arsénico sobrepasó la categoría 1- A2 (0.01 mg/l), asimismo se encontraron valores en el rango de 0.02 y 0.05 mg/l en los tres puntos de monitoreo, además según el estudio realizado por Gutiérrez en el 2018, los valores del arsénico encontrados en setiembre (0.02708, 0.02777), octubre (0.0918, 0.0281) y noviembre (0.03396, 0.0341), reflejan valores menores al ECA, cat 3, D2 (0.2 mg/l), por otra parte si los resultados de Gutiérrez fueran comparados con la categoría 1-A2 de la norma, no cumpliría los ECA de esta manera la calidad es de acuerdo al uso en función de determinadas características físicas, químicas y biológicas.

Los parámetros microbiológicos encontrados en los puntos de monitoreo, en el Punto B en especial sobrepasó la normativa, esto se debe a que en este punto se monitorea se vierten gran cantidad de aguas residuales domésticas o desechos en descomposición, y eso

es justamente lo que afirma Santiago y Graces (2018) en su investigación titulada “Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizando en Villavicencio-Meta” donde afirma que los números altos de coliformes fecales se atribuyen a los procesos de arrastre y de escorrentía de los diferentes materiales superficiales presentes en el suelo, ya sea material fecal de animales, entre otros.

La DBO, en los puntos PA, PB y PC los valores encontrados están en el rango de 14.32 y 16.49 sobrepasando la Categoría 1, sub categoría A2, en el cual establece el valor máximo de 5 mg/l para dicho parámetro. Con relación a la DBO₅ del estudio de Gutiérrez en el 2018 se implantó según la normativa el valor de 15 mg/l donde la media aritmética en el M1 es 2.83 mg/l y para M2 es de 28.3 mg/l (setiembre, octubre y noviembre) sobrepasando lo establecido por la norma. Estos resultados indican el incremento de contaminación del cauce de los ríos (Huari, Torococha) por las descargas sin tratamiento que contienen mucha más materia orgánica, bacterias, hongos y microorganismos que consumen más oxígeno para degradar y oxidar los restos orgánicos coincidiendo con la investigación de Gutiérrez.

En la investigación de Gutiérrez (2018), los valores de pH en los meses establecidos, setiembre, octubre y noviembre en el M1 y M2 se encuentran dentro del rango de 6.5 – 8.5 establecidos en el ECA-Cat 3, D2. Por tanto, la media aritmética es de 8.21 y 7.90. En cuanto a la investigación de Laurente (2015) Los valores de pH varían en forma ascendente encontrando en el P1 = 7.36; P2 = 7.46; P3 = 7.57; encontrándose en el rango de 6.5 y 8.5 cumpliendo el D.S N°002-2008-MINAM sub categoría A-1. Coincidiendo con mi investigación ya que este parámetro va desde bajamente ácidos hasta altamente alcalinos teniendo en cuenta que estos resultados se deben a que el monitoreo se realizó en temporadas de avenida. Asimismo la DBO₅ se relaciona con la carga orgánica y

concentración de microorganismo; y el pH indica la acidez o alcalinidad de al agua dependiendo a los resultados si es acida inhibe el desarrollo microbiano; de modo que cuando el pH baja demasiado la DBO_5 también disminuye.

Los ICA-PE encontrados en esta investigación para PA (84.592); PB (80.022); PC (83.094) los 3 puntos de muestreo reflejan una calidad “buena”, con relación al estudio de Gutiérrez en el 2018 calculó el ICA-PE, obteniendo calificación de excelente para ambos puntos del monitoreo (99; 90). En consecuencia, no cumplen la hipótesis ya que los resultados son altos y de buena calidad. En concreto se esperaba que los resultados de la calificación del ICA sean baja.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Los parámetros Fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del río Huari; la gran mayoría de ellos cumplieron con la categoría 1-A2, a excepción del Arsénico, Cadmio, Cromo y Plomo. El Pb en el P3 sobrepasa la normativa en la repetición T2, esto se debe probablemente por los compuestos de los pesticidas, ya que en la zona de este punto se monitorea se encuentran gran cantidad de cultivos, los cuales son los causantes de la contaminación del agua.
- Es de suma importancia identificar los factores que impactan al río Huari, para que se puedan tomar medidas de control, ya que mucho de los parámetros hallados en este cuerpo de agua están sobrepasando el D.S N° 004-2017-MINAM, principalmente el parámetro de la DBO₅, en los puntos (P1, P2, P3) la categoría 1-A2, RJ N°-068-2018-ANA.
- El ICA-PE calculado en el P1 fue de 84.592, el P2 fue de 80.022 y el P3 fue de 83.094, por lo que se les considera como de “buena” calidad respectivamente para cada punto.

6.2. Recomendaciones

- Realizar monitoreos en diferentes estaciones del año y aplicar otras metodologías para la determinación de la calidad de agua, en consecuencia, se podría visualizar mejor la tendencia de los contaminantes, de tal manera de tener un panorama mucho más certero y completo.
- Realizar estudios de comparación con otras metodologías como el índice de calidad de agua del consejo Canadiense de Ministros del medio ambiente (CCM2-WQI),

donde el investigador Gutiérrez en el 2018 aplicando el mismo, obtuvo valores significativos para cada punto (buena, regular).

- Sugerir a las autoridades del distrito de Huari implementar un tratamiento convencional para devolver la calidad del agua en los estándares normales del Río de Huari, la condición de “buena”, por ello se sugiere mantenerlo o mejorar el índice de calidad, por ello los efluentes vertidos a este cuerpo de agua deben de tener tratamientos previos. Así mismo, se recomienda a las autoridades tener un mapeo de los puntos de vertimiento de aguas residuales al cuerpo de agua , esto con el fin de realizar el procedimiento de monitoreo de manera representativa y confiable.
- Realizar campañas con fines de brindar información ambiental relacionada al consumo del líquido elemento básico, como aquel medio que sirve para la variación de la actitud en la población sobre el uso del agua.
- Se recomienda verificar la metodología ICA-PE (R.J N°-068-2018-ANA) ya que sufrió modificación denominado índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (R.J 084-2020-ANA).

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S. y Solano, G. (2018). *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas mediante la aplicación del Índice de Contaminación (ICOMO) en Caño Grande, localizado en Villavicencio Meta* (Tesis de Pregrado). Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14218/2018aguilarsantiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alexandra V. (2011). “*Evaluación de la calidad del agua e la subcuenca del rio Yacuambí. Propuesta de tratamiento control de la contaminación*” (Tesis de Pregrado), Universidad de Cádiz. Cádiz. España.
- Alonso, Á. y Aznar, A. (2000). *Determinación de los Parámetros fisico-químicos de Calidad de las Aguas*. (Tesis de Pregrado). Recuperado de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigacion. Introducción a la metodología científica*. Republica Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme,CA. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=El+proyecto+de+investigacion+Arias,+F.+G.+\(2012\).&ots=kYjNcpvsn2&sig=to2dR08iqhhUwkvMmACT3dlroEI](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=El+proyecto+de+investigacion+Arias,+F.+G.+(2012).&ots=kYjNcpvsn2&sig=to2dR08iqhhUwkvMmACT3dlroEI)
- Autoridad Nacional el Agua (ANA, 21 de Febrero de 2018). *R.J. 068-2018-ANA. Metodología para la determinacion del índice de calidad de agua*. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-068-2018-ana>
- Cevallos, J. (2020). *Determinación de la Calidad del agua en la microcuenca Zaruma Urcu mediate la Aplicación de un Índice de Calidad de Agua (ICA)* (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Chavez, L. (2015). *Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazonz en Coatzintla*. (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana, Tuxpan, Mexico.
- Cordy, G. E. (2014). *A Primer on Water Quality*(Una cartilla sobre la calidad del agua). Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>
- Diario El Peruano (2005 octubre 15). *Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. MINAM (Ministerio del Ambiente)*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Estela, M. (2018). *Contaminacion del agua*. Recuperado de <https://concepto.de/contaminacion-del-agua/>
- Faña. (2002). *Calidad del agua, Factores Físicos Químicos y Bacteriológicos de los Ecosistemas*. Recuperado de https://cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/1211.pdf
- Frias, T. y Montilla, L. (2016). *Evaluación de los parametros físicos, químicos y microbiológicos en el sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto - Perú 2014 - 2015* (Tesis de Pregrado). Universidad Científica del Perú, San Juan, Iquitos, Peru.
- García Vargas, A., Reyes Navarrete, M. G., y Alvarado De la Peña, A. I. (20 de Noviembre de 2012). *Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico*. Recuperado de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8825/1/clorurosno v12.pdf#targetText=EXPOSICIÓN%20Y%20EFECTOS%20A%20LA%20S>

ALUD&targetText=En%20los%20humanos%20el%2088,sistema%20nervioso%20y%20la%20nutrición.

Gutierrez, V. (2018). *Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense. Juliaca, Perú* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Peru.

Hernández, E. (Abril de 2010). *Importancia del agua*. Recuperado de <http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf>.

Inés , V., Mercedes , D., Yulieth, R., Omar, T., y Edgar , G. (2016). *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Sogamoso-Boyacá. Colombia. Revista de Ingeniería, 16(2), (66-77)*. Recuperado de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:drS_F2f3RZ4J

Ki-moon, B. (Eds.) (2014). *Decenio internacional para "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Recuperado de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

Larrea, M., Jeny, A., Rojas, B., Marcia, M., Romeu, Á., Rojas, H., Heydrich, P. (2012). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

Laurente, J. (2015). *Variación del índice de calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA - NSF) en un tramo de la Quebrada Cruz de Motupe* (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria de la Selva, Tingo María.Huánuco.Perú.

- Loayza, J. y Cano, P. (2015). *Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la calidad del agua de la Subcuenca del río Shullcas - Huancayo- Junín* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Martel, A. y Lidia, V. (2004). *Manual I: Teoría Tomo I. Español: El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1_tomo1_indice.pdf
- Martínez Cano, A. K. (2010). *Evaluación de la Calidad del agua en la Microcuenca del Río Naolinco, Veracruz (Periodo 2009-2010)*. (Tesis de Pregrado), Universidad Veracruzana, Veracruz, Mexico.
- Martín Galvín, R. (2003). *Características Físicas, químicas y biológicas de las aguas*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=k8blixwJzYUC&pg=PA6&lpg=PA6&dq=La+temperatura+de+un+agua+se+establece+por+la+absorci%C3%B3n+de+radiaci%C3%B3n+en+las+capas+superiores+del+ADquido.+Las+variaciones+de+temperatura+afectan+a+la+solubilidad+de+sales+y>
- MINAM. (30 de 12 de 2015). *MINAM aprobó Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
- MINAM. (30 de Mayo de 2016). *Concepto y glosario*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>

- Monteagudo, M. (2015). *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa Y Cabanillas* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Pablo, P. (2016). *Indicadores de la calidad del agua*. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>
- Pamplona, U. (2019.). *Indicador de la calidad del agua Capítulo II*. Recuperado de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf
- Peña, E. (2007). *Calidad del Agua*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pérez, J. y Gardey, A. (2013). *Definición de Agua*. Recuperado de <https://definicion.de/agua/:pdf>
- Puerta, C. (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* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba, Perú.
- Ramirez, A. y Calderon, L. (2009). *Universidad central Ingeniería Ambiental. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de Informe de laboratorio determinacion de pH*. Recuperado de <https://ucentral-co.academia.edu/AleRamirez>
- Ramos, D. (2016). *Calidad de las aguas*. Recuperado de http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-ycontrol_v2015_resumen.pdf
- Roldán, S. (2003). *Parametros Fisicoquimicos y Bacterologicos del Agua*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/5159684/parametros-fisioquimicos-y-bacteriologicos>

- Sánchez, M. (2017). *Aguas Residuales en el Perú*. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>
- Santoyo, E. (2016). *Parametros fisicos del agua*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/325546900/Parametros-Fisicos-Del-Agua>
- Sorensen, P. (2018). *Science History Institute*. Recuperado de <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/soren-sorensen>
- SUNASS. (2008). *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamietos de agua residuales*. Recuperado de http://sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf
- Tyler, M. (1994). *Ecología y Medio Ambiente: Introducción a la Ciencia Ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta Tierra*. Mexico: Edición Grupo Editorial Iberoamericana. .
- Vargas, H. (2012). *Vertimientos de aguas residuales urbanas y sus efectos en la condición ambiental de la Ensenada La Salada, Sonora, México*. (Tesis de Pregrado). Recuperado de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/316?show=full>
- Villa Achupallas, M. A. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del rio Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación* (Tesis de Maestría), Universidad de Cádiz, Cádiz, España.

ANEXOS

ANEXO 1: Resultados in-situ y ex-situ de la investigación realizada por Aguilar y Solano, (2018)

Tabla 15

Resultados de la Investigación de Aguilar y Solano, (2018)

| Fecha | Estación | Coliformes Totales (NMP/100 ml) | DBO5 (mg/l) | Caudal (m3/s) | Oxígeno Disuelto (mg/l) | pH (Unidades de pH) | Temperatura de agua (°C) | Conductividad eléctrica (µS/cm) |
|--------------------------------|----------|------------------------------------|----------------|------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 14 de diciembre de 2017 | 1 | 15531 | <5 | 0.3 | 7.4 | 7.9 | 24.3 | 232 |
| | 2 | 24196 | <5 | 0.39 | 6.6 | 7.85 | 26.1 | 210 |
| | 3 | 24196 | <5 | 0.37 | 6.3 | 7.57 | 29.2 | 230 |
| 16 de abril de 2018 | 1 | 15531 | <5 | 0.35 | 8.06 | 8.1 | 23 | 356.67 |
| | 2 | 24196 | 7 | 0.45 | 7.47 | 7.66 | 24.07 | 338.67 |
| | 3 | 24196 | 7 | 0.41 | 6.48 | 7.38 | 26.84 | 348.33 |
| 13 de junio de 2018 | 1 | 24196 | <5 | 0.28 | 8.26 | 7.7 | 22.13 | 187.53 |
| | 2 | 24196 | <5 | 0.39 | 8.14 | 7.57 | 22.43 | 186.33 |
| | 3 | 24196 | <5 | 0.4 | 7.72 | 7.27 | 22.83 | 194.37 |
| 13 de julio de 2018 | 1 | 2420 | <5 | 0.7 | 8.35 | 8.13 | 21.3 | 189.2 |
| | 2 | 4839 | <5 | 1.7 | 8.09 | 7.97 | 21.9 | 173 |
| | 3 | 24196 | <5 | 1.15 | 7.53 | 7.57 | 24.27 | 190.6 |

Fuente: Aguilar y Solano, 2018

Nota: Los resultados que contiene el signo < son reportados por el laboratorio con el número mínimo detectable por el método de análisis.

ANEXO 2: Resultados de los análisis realizados in situ y ex situ, comparación con la normativa ambiental de la investigación de Cevallos, 2020.

Tabla 16

Resultados de los análisis in situ y ex situ

| Variable | Ubicación | Valores | Para consumo humano y domestico que requieren tratamiento convencional. | Para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces cálidas. | Criterio de calidad de aguas para uso agrícola en riego. |
|---------------------------|------------------|----------------|--|--|---|
| pH | Estación 1 | 6,24 | 6-9 | 6.5 -9 | 6-9 |
| | Estación 2 | 7,53 | | | |
| | Estación 3 | 8,07 | | | |
| Temp. Agua | Estación 1 | 20,1 | N/A | N/A | N/A |
| | Estación 2 | 24,5 | | | |
| | Estación 3 | 24,7 | | | |
| STD | Estación 1 | 24,7 | N/A | N/A | N/A |
| | Estación 2 | 460 | | | |
| | Estación 3 | 540 | | | |
| DBO₅ | Estación 3 | 4.00 | <2mg/l | 20mg/l | N/A |
| | Estación 2 | 9,00 | | | |
| | Estación 1 | 3,70 | | | |
| Fosfatos | Estación 1 | 0,76 | N/A | N/A | N/A |
| | Estación 2 | 1,09 | | | |
| | Estación 3 | 0,18 | | | |
| Nitratos | Estación 1 | 2.8 | 50mg/l | 13mg/l | N/A |
| | Estación 2 | 2.8 | | | |
| | Estación 3 | 1.3 | | | |
| Coliformes Fecales | Estación 1 | 1300 | 1000NMP/100ml | N/A | 1000NMP/100ml |
| | Estación 2 | 2050 | | | |
| | Estación 3 | 1400 | | | |
| O₂ | Estación 1 | 6,87 | N/A | N/A | 3mg/l |
| | Estación 2 | 6,48 | | | |
| | Estación 3 | 6,15 | | | |
| %OD | Estación 1 | 86,5 | >60% | >60% | N/A |
| | Estación 2 | 87,0 | | | |
| | Estación 3 | 86,0 | | | |
| Conductividad | Estación 1 | 455 | N/A | N/A | N/A |
| | Estación 2 | 712 | | | |
| | Estación 3 | 546 | | | |
| Nitritos | Estación 1 | 0.013 | 0.2mg/l | 0.2mg/l | 0.5mg/l |
| | Estación 2 | 0.02 | | | |
| | Estación 3 | 0.04 | | | |
| Hierro | Estación 1 | 0.88 | 1mg/l | 0.3mg/l | 5mg/l |
| | Estación 2 | 0.96 | | | |
| | Estación 3 | 0.19 | | | |
| Aluminio | Estación 1 | 0.41 | N/A | 0.005 mg/l | 5mg/l |
| | Estación 2 | 0.72 | | | |
| | Estación 3 | 0.19 | | | |

Fuente: Cevallos, 2020

ANEXO 3: Promedios obtenidos por épocas de la investigación de Chávez

Tabla 17

Resultados obtenidos de la Investigación de Chávez

| Meses | Temperatura (°C) | pH | Nitratos (mg/L) | Fosfatos (mg/L) | DBO5 (mg/L) | Oxígeno Disuelto (% Sat) | Sólidos Disueltos Totales (mg/L) | Turbiedad (FAU) | Coliformes Fecales (UFC/100ml) |
|----------|---------------------|------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|
| Secas | 26.30 | 8.21 | 1.90 | 4.48 | 16.30 | 95.71 | 153.51 | 74.09 | 11 |
| | 27.44 | 7.90 | 1.32 | 2.21 | 17.54 | 90.70 | 175.00 | 92.33 | 23 |
| | 29.00 | 7.59 | 1.80 | 3.76 | 17.78 | 92.43 | 103.56 | 74.89 | 16 |
| | 29.50 | 6.60 | 1.00 | 2.88 | 16.91 | 94.03 | 91.33 | 90.00 | 40 |
| Lluvias | 26.79 | 8.26 | 4.61 | 18.13 | 26.38 | 96.83 | 180.67 | 328.11 | 140 |
| | 27.11 | 7.31 | 3.33 | 11.62 | 16.53 | 97.57 | 127.93 | 176.08 | 58 |
| | 26.83 | 6.75 | 2.47 | 8.83 | 16.22 | 97.20 | 90.97 | 124.75 | 57 |
| | 25.78 | 6.68 | 2.07 | 5.52 | 16.24 | 97.20 | 90.97 | 83.18 | 38 |
| Nortes | 22.68 | 7.44 | 3.38 | 5.65 | 19.66 | 96.96 | 107.02 | 123.70 | 55 |
| | 18.60 | 7.60 | 1.20 | 4.12 | 15.76 | 103.20 | 102.30 | 79.54 | 28 |
| | 19.40 | 7.82 | 0.20 | 3.46 | 15.76 | 111.40 | 117.20 | 12.30 | 11 |
| | 23.16 | 8.10 | 0.80 | 2.48 | 9.51 | 98.70 | 133.40 | 15.10 | 15 |
| Promedio | 25.22 | 7.52 | 2.01 | 6.09 | 16.71 | 97.66 | 122.82 | 106.17 | 41 |

Fuente: Chávez, 2015

ANEXO 4: Variación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de monitoreo de la investigación de Puerta, (2018)

Tabla 18

Variación espacial y temporal del pH

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 7.71 | 7.88 | 7.1 | 7.68 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 7.54 | 7.28 | 6.6 | 6.86 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 7.51 | 7.53 | 6.9 | 7.52 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 19

Variación espacial y temporal de Temperatura (°C)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 25.2 | 25.3 | 24.5 | 25.1 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 26.4 | 26.1 | 25.1 | 25.6 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 25.3 | 25.4 | 24.6 | 25.3 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 20

Variación espacial y temporal de Conductividad (uS/cm)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 249 | 247 | 295 | 250 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 312 | 289 | 232 | 265 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 267 | 255 | 287 | 261 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 21

Variación espacial y temporal de Oxígeno Disuelto (mg/l)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 6.49 | 6.43 | 6.78 | 6.50 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 6.36 | 6.55 | 7.04 | 6.85 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 6.3 | 6.28 | 6.81 | 6.29 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 22

Variación espacial y temporal de DBO5 (mg/l)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.60 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.60 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.60 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 23

Variación espacial y temporal de SST (mg/l)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 270 | 213 | 2890 | 280 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 255 | 191 | 29 | 94 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 280 | 250 | 2630 | 278 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 24

Variación espacial y temporal de Nitratos (mg/l)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 0.062 | 0.616 | 0.994 | 0.213 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 0.062 | 0.62 | 0.788 | 0.713 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 0.062 | 0.56 | 0.44 | 0.284 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 25

Variación espacial y temporal de Fósforo Total

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 0.355 | 0.384 | 0.395 | 0.315 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 0.362 | 0.503 | 0.459 | 0.115 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 0.365 | 0.424 | 0.379 | 0.271 |

Fuente: Puerta, 2018

Tabla 26

Caracterización de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)

| Estación | 1er 24 de octubre | 2do 14 de noviembre | 3ro 05 de diciembre | 4to 26 de diciembre |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rhual 1 (Río Huallaga, antes de su confluencia con el río mayo). | 240 | 5400 | 790 | 1300 |
| Rmayo 1 (Ríos Mayo, antes de su desembocadura). | 350 | 16000 | 1300 | 260 |
| Rhual 2 (Río Huallaga, después de su confluencia con el río Mayo). | 130 | 1400 | 1700 | 220 |

Fuente: Puerta, 2018

ANEXO 5: Matriz de Consistencia de Evaluación del Índice de Calidad del Agua del río Huari en Ancash

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Marco Metodológico | Parámetros Metodológicos |
|---|--|--|---|---|---|
| <p>Problema General</p> <p>¿Cuál es el índice de calidad de agua (ICA) del río Huari en Ancash?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros de la categoría 1-A2 R.J-N° 068-2018-ANA, de la calidad de agua del río Huari en Ancash en el año 2019?</p> <p>- ¿Cuál es el nivel de cumplimiento normativo con respecto de la calidad de agua del río Huari en Ancash en el año 2019?</p> | <p>Objetivo General</p> <p>Evaluar el índice de calidad de agua (ICA) del río Huari de la región Ancash.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>- Caracterizar las concentraciones de los parámetros de la categoría 1-A2 R.J- N° 068-2018-ANA, de la calidad de agua del río Huari en Ancash.</p> <p>- Evaluar el cumplimiento normativo de la calidad del agua del río Huari en Ancash.</p> | <p>Hipótesis General</p> <p>La calidad de agua del río Huari en Ancash se categoriza en la escala regular según el ICA.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>- Las concentraciones de los parámetros de la categoría 1-A2 R.J- N° 068-2018-ANA, de la calidad de agua del río Huari en Ancash están dentro de los límites establecidos por el ECA (D.S. 004-2017-MINAM).</p> <p>- El nivel de cumplimiento normativo con respecto a la calidad de agua del río Huari en Ancash es bajo.</p> | <p>Variable</p> <p>Evaluación de ICA-PERU</p> <p>Dimensiones</p> <p>- Caracterización de las concentraciones de calidad de agua.</p> <p>- Evaluar Cumplimiento normativo de la calidad de agua.</p> | <p>Tipo: Descriptivo</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Diseño: Descriptivo y transversal</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población: Microcuenca Huari y Cajay.</p> <p>Muestra: Río Huari, Distrito Huari la muestra son los tramos Punto A- Punto B- Punto C.</p> <p>Técnicas: Monitoreo de agua. Análisis de laboratorio acreditado. Aplicación de la fórmula del ICA.</p> <p>Instrumentos: Equipos de medición usados para la investigación es el multiparámetro. Técnicas para el procesamiento de datos: Excel y Word.</p> | <p>- DBO (mg/L)</p> <p>- pH</p> <p>- OD(mg/L)</p> <p>- AS(mg/L)</p> <p>- Cd(mg/L)</p> <p>- Cu (mg/L)</p> <p>- Cr (mg/L)</p> <p>- Fe (mg/L)</p> <p>- Mn(mg/L)</p> <p>- Hg (mg/L)</p> <p>- Pb (mg/L)</p> <p>- Zn(mg/L)</p> <p>- Coliformes Termotolerantes</p> <p>Según categoría 1-A2 ECA-Agua.</p> <p>Identificación e interpretación de la calificación ICA.</p> |