

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-
PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de
Crucero, Carabaya, Puno (Perú)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Ruth Karil Sucapuca Leqqe

Asesor:

Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani

Juliaca, febrero del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CRUCERO, APLICANDO EL ICA-PE Y CCME-WQI EN PROXIMIDADES DE LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE CRUCERO, CARABAYA, PUNO (PERÚ)”** constituye la memoria que presenta la Bachiller **Ruth Karil Sucapuca Leqque** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 14 días del mes de febrero del año 2022



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Asesora



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 10 día(s) del mes de febrero del año 2022, siendo las 5:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Alex Danny Shambi Rodríguez, el secretario: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera y los demás miembros: Msc. Rose Adeline Gallata Shura y el asesor Ing. Verónica Haydée Rari Mamani.

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Evaluación de la calidad del agua del río Sucusco, aplicando el ICA-PE y CCME-WBI en proximidades de la zona urbana del distrito de Sucusco, Arequipa, Puno (Perú)

de el(los)/a(las) bachiller/es: a) Ruth Xaril Sucapuca Segue b)

Ingeniero Ambiental (Nombre del Título Profesional)

conducente a la obtención del título profesional de con mención en

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Ruth Xaril Sucapuca Segue

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|-----------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| APROBADO | 16 | B | Buena | Muy Bueno |

Candidato (b):

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|--------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| | | | | |

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Asesor

Candidato/a (a)

Secretario

Miembro

Miembro

Candidato/a (b)

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Bacilia Leqqe Apaza y Wilbert Sócrates Sucapuca Mamani, por ser mi ejemplo y darme las fuerzas para seguir adelante, por su gran motivación día a día, amor infinito, comprensión y sobre todo por la paciencia. A ellos, que me enseñaron a enfrentar las adversidades sin perder nunca la fe, la dignidad, ni decaer en el intento, soy lo que soy por mis padres; mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño.

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, por ser mi guía e iluminar mi camino, permitiéndome llegar hasta esta etapa de mi vida, con metas cumplidas.

A mis padres, por los grandes consejos que me brindaron, acompañándome en los buenos y malos momentos, por apoyarme con el financiamiento del proyecto, por su persistencia, paciencia y motivación, los mismos que han sido fundamentales para mi formación profesional.

A mi asesora: Ing. Verónica Pari, por la disponibilidad de su tiempo y apoyo en la elaboración y culminación de la investigación.

A mi coordinador de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera, por su gran apoyo en el proceso de esta investigación.

A toda la plana de docentes de la UPeU, por sus conocimientos, sus orientaciones y su manera de trabajo, la cual ha sido fundamental para mi formación profesional.

Finalmente, a mis amigos y amigas que han estado en todo momento alentándome y motivándome para poder culminar la investigación.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| RESUMEN | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| Capítulo I | 18 |
| El Problema..... | 18 |
| 1.1. Identificación del Problema | 18 |
| 1.2. Justificación | 21 |
| 1.3. Presuposición filosófica..... | 22 |
| 1.4. Objetivos de la Investigación..... | 23 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 23 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 23 |
| Capítulo II..... | 24 |
| Revisión de Literatura..... | 24 |
| 2.1. Antecedentes de la Investigación..... | 24 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales..... | 24 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... | 26 |
| 2.1.3. Antecedentes Locales..... | 28 |
| 2.2. Marco Conceptual..... | 30 |

| | |
|---|----|
| 2.2.1. El agua. | 30 |
| 2.2.2. Calidad de Agua..... | 30 |
| 2.2.3. Parámetros Físicos, Químicos, Metales Pesados y Microbiológico. | 31 |
| 2.2.4. Índice de Calidad de Agua..... | 34 |
| 2.3. Índice de calidad de agua (ICA-PE) | 36 |
| 2.4. Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) | 41 |
| 2.5. Marco Legal | 43 |
| 2.5.1. Constitución Política del Perú..... | 43 |
| 2.5.2. Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente. | 44 |
| 2.5.3. Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos. | 50 |
| 2.5.4. Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, modificado por el Decreto Supremo N°006-2017-AG. | 53 |
| 2.5.5. Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua..... | 54 |
| 2.5.6. Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA. Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE). | 59 |
| 2.5.7. Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales..... | 60 |
| 2.5.8. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. | 60 |

| | |
|---|----|
| Capítulo III..... | 61 |
| Materiales y Métodos..... | 61 |
| 3.1. Diseño y Tipo de Investigación | 61 |
| 3.2. Diseño Estadístico..... | 61 |
| 3.2.1. Población..... | 61 |
| 3.2.2. Muestra. | 61 |
| 3.3. Descripción de la Zona de Estudio | 62 |
| 3.4. Área de Investigación | 62 |
| 3.4. Materiales y Equipos..... | 64 |
| 3.5. Metodología..... | 65 |
| 3.5.1. Etapa 1 - Determinación de la Zona de Estudio. | 65 |
| 3.5.2. Epata 2 - Recopilación de Información. | 70 |
| 3.5.3. Etapa 3 - Cálculo del ICA-PE y CCME-WQI. | 76 |
| Capitulo IV | 79 |
| Resultados y Discusión..... | 79 |
| 4.1. Resultado..... | 79 |
| 4.2. Concentraciones de los parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológico en época de estiaje y avenida..... | 79 |
| 4.2.1. Concentraciones de los parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológico en época de estiaje. | 79 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2. Concentraciones de los parámetros físico, químico, metales pesados y microbiológico en época de avenida | 81 |
| 4.3. Cumplimiento de los parámetros analizados con la normativa vigente Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental-Agua | 82 |
| 4.3.1. Demanda bioquímica de oxígeno..... | 82 |
| 4.3.2. Potencial de Hidrogeno (pH). | 84 |
| 4.3.3. Oxígeno disuelto. | 85 |
| 4.3.4. Conductividad Eléctrica..... | 86 |
| 4.3.5. Aluminio. | 87 |
| 4.3.6. Arsénico. | 88 |
| 4.3.7. Boro..... | 89 |
| 4.3.8. Cadmio..... | 89 |
| 4.3.9. Cobre..... | 90 |
| 4.3.10. Manganeso. | 91 |
| 4.3.11. Mercurio..... | 92 |
| 4.3.12. Plomo. | 92 |
| 4.3.13. Zinc. | 93 |
| 4.3.14. Coliformes Termotolerantes. | 94 |
| 4.4. Resultados de los Índices de Calidad ICA – PE, CCME-WQI e ICARHS | 95 |
| 4.4.1. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) en Época de Estiaje. | 95 |

| | |
|---|-----|
| 4.4.2. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad Agua (ICA-PE) en Época de Avenida. | 96 |
| 4.4.3. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en Época de Estiaje. | 98 |
| 4.4.4. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en Época de Avenida. | 99 |
| 4.4.5. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en Época de Estiaje. | 100 |
| 4.4.6. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en Época de Avenida. | 101 |
| 4.7. Comparación del índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y el índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) | 102 |
| Capítulo V | 104 |
| Conclusiones y Recomendaciones | 104 |
| 5.1. Conclusiones | 104 |
| 5.2. Recomendaciones | 105 |
| Referencias..... | 107 |
| ANEXOS | 112 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Interpretación de la Calificación del ICA-PE..... | 40 |
| Tabla 2. Interpretación de la Calificación del CCME-WQI..... | 43 |
| Tabla 3. Materiales, indumentaria de protección personal y equipos utilizados | 64 |
| Tabla 4. Coordenadas UTM de puntos de monitoreo en época de estiaje y época de avenida | 66 |
| Tabla 5. Datos hidrometereológicos del distrito de Crucero, Carabaya, Puno según época de estudio..... | 68 |
| Tabla 6. Clasificación del río Crucero | 70 |
| Tabla 7. Parámetros evaluados | 71 |
| Tabla 8. Método de ensayo utilizado en el lugar de monitoreo insitu | 74 |
| Tabla 9. Métodos de ensayo utilizados por el Laboratorio Analíticos del Sur..... | 75 |
| Tabla 10. Resultados de los parámetros evaluados en la época de estiaje..... | 80 |
| Tabla 11. Resultados de los parámetros evaluados en la época de avenida | 81 |
| Tabla 12. Valores obtenidos del cálculo del ICA-PE en época de estiaje | 95 |
| Tabla 13. Valores obtenidos del cálculo del ICA-PE en época de avenida..... | 97 |
| Tabla 14. Valores obtenidos del cálculo de CCME-WQI en época de estiaje | 98 |
| Tabla 15. Valores obtenidos del cálculo de CCME-WQI en época de avenida | 99 |
| Tabla 16. Valores obtenidos del cálculo de ICARHS en época de estiaje | 100 |
| Tabla 17. Valores obtenidos del cálculo de ICARHS en época de avenida | 101 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Etapas del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) | 36 |
| Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio | 63 |
| Figura 3. Ubicación de puntos de monitoreo en el río Crucero | 67 |
| Figura 4. Concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno | 82 |
| Figura 5. Concentraciones de pH..... | 84 |
| Figura 6. Concentraciones de oxígeno disuelto | 85 |
| Figura 7. Concentraciones de conductividad eléctrica | 87 |
| Figura 8. Concentraciones de aluminio | 88 |
| Figura 9. Concentraciones de arsénico | 88 |
| Figura 10. Concentraciones de boro | 89 |
| Figura 11. Concentraciones de cadmio..... | 90 |
| Figura 12. Concentraciones de cobre..... | 90 |
| Figura 13. Concentraciones de manganeso..... | 91 |
| Figura 14. Concentraciones de mercurio | 92 |
| Figura 15. Concentraciones de plomo | 93 |
| Figura 16. Concentraciones de zinc | 93 |
| Figura 17. Concentraciones de coliformes termotolerantes..... | 94 |
| Figura 18. Comparacion de ambas metodologias ICA-PE e ICARHS..... | 103 |

Índice de Anexos

| | |
|---|-----|
| Anexo A. Informes de Laboratorio | 112 |
| Anexo B. Documentos Utilizados..... | 137 |
| Anexo C. Certificado de Acreditación..... | 146 |
| Anexo D. Procesamiento De Datos | 147 |
| Anexo E. Panel Fotográfico..... | 150 |

Símbolos Usados

| | |
|-----------------|--|
| Al | : Aluminio |
| ANA | : Autoridad Nacional del Agua |
| As | : Arsénico |
| B | : Boro |
| CCME-WQI | : Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index |
| Cd | : Cadmio |
| Cu | : Cobre |
| D.S. | : Decreto Supremo |
| DBO | : Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| ECA | : Estándar de Calidad de Agua |
| ICA | : Índice de Calidad de Agua |
| INACAL | : Instituto Nacional de Calidad |
| ICA-PE | : Índice de Calidad de Agua en el Perú |
| ICARHS | : Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales |
| LMP | : Límites Máximo Permisible |
| Mg/L | : Miligramo por litro |
| M.S.N.M | : Metros Sobre el Nivel del Mar |

| | |
|----------------|--|
| MINAM | : Ministerio del Ambiente |
| MINSA | : Ministerio de Salud |
| Mn | : Manganeso |
| OD | : Oxígeno Disuelto |
| OMS | : Organización Mundial de la Salud |
| P1 | : Primer punto de muestreo |
| P2 | : Segundo punto de muestreo |
| P3 | : Tercer punto de muestreo |
| P4 | : Cuarto punto de muestreo |
| P5 | : Quinto punto de muestreo |
| Pb | : Plomo |
| pH | : Potencial de Hidrogeno |
| PNUD | : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| SENAMHI | : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú |
| UNESCO | : Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| UTM | : Universal Transversal de Mercator |
| Zn | : Zinc |

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del agua del río Crucero, utilizando dos metodologías: el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI). Se tomaron muestras en cinco puntos de monitoreo (P1, P2, P3, P4 y P5) en 2 épocas del año: épocas de estiaje (noviembre) y época de avenida (enero), estos puntos, se ubicaron según criterios del Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales y se analizaron 14 parámetros (DBO, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio, plomo, zinc y coliformes termotolerantes). Los resultados del ICA-PE muestran para el P1 y P2 en época de estiaje la calidad del agua es “EXCELENTE”, la calidad del agua en las épocas de estiaje y avenida en el P3 es el punto más crítico, calificándolo como “MALO”, y para los puntos P4 y P5 para ambas épocas (estiaje y avenida) presentan una calidad “REGULAR”, sin embargo, con la metodología CCME-WQI en la época de estiaje en los puntos P4 y P5 se determinó calificación “MARGINAL”, el P3 es el punto más crítico “POBRE”, no obstante, en la época de avenida en los puntos P1 y P2 la calidad del agua es “MARGINAL”, y para los P3, P4 y P5 son los puntos más críticos con una calificación de “POBRE”. Se concluye que el vertimiento de aguas residuales directamente al recurso hídrico influye negativamente en la calidad del agua del río Crucero.

Palabras clave: Calidad de agua, análisis de parámetros, agua superficial, ICA-PE, CCME-WQI, ECA

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the water quality of the Cruise River, using two methodologies: the Water Quality Index (ICA-PE) and the Water Quality Index of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME-WQI). Samples were taken at five monitoring points (P1, P2, P3, P4 and P5) at 2 times of the year: dry season (November) and flood season (January). These points were located according to the criteria of the National Protocol for Surface Water Resources Monitoring and 14 parameters are analyzed (BOD, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, aluminum, arsenic, boron, cadmium, copper, manganese, mercury, lead, zinc and thermotolerant coliforms). The results of the ICA-PE show for P1 and P2 in the dry season the quality of the water is "EXCELLENT", the quality of the water in the dry season and flood in the P3 is the most critical point, qualifying it as "BAD" , and for points P4 and P5 for both seasons (dry season and flood) they present a "REGULAR" quality, however, with the CCME-WQI methodology in the dry season at points P4 and P5 a "MARGINAL" rating was determined. P3 is the most critical point "POOR", however, in the flood season at points P1 and P2 the water quality is "MARGINAL", and for P3, P4 and P5 they are the most critical points with a rating of "POOR". It is concluded that the dumping of wastewater directly into the water resource negatively influences the water quality of the Cruise River.

Keywords: Water quality, parameter analysis, surface water, ICA-PE, CCME-WQI, ECA

Capítulo I

El Problema

1.1. Identificación del Problema

El agua es un elemento vital para el consumo humano y la subsistencia de la vida, siendo un elemento indispensable para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud, servicios sanitarios, agricultura, industria, entre otros usos, así mismo es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra. Sin embargo, el agua también puede significar muerte y destrucción si esta se encuentra en altos grados de contaminación (OMS, 2017).

Desde la década del año 90, la contaminación del agua ha estado empeorando en casi todos los ríos de América Latina y Asia. Se espera que la calidad del agua se deteriore aún más en las próximas décadas, lo que aumentará las amenazas para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo sostenible (UNESCO, 2018).

A nivel mundial en estos tiempos, el desafío más frecuente al que se enfrenta la calidad del agua es la carga de nutrientes, que según la región se asocia a menudo con la carga de patógenos. Se espera que los mayores aumentos en la exposición a contaminantes se den en los países de ingresos bajos y medio-bajos, debido principalmente a un mayor crecimiento demográfico, económico y a la falta de sistemas de gestión de aguas residuales (UNESCO, 2018).

Según Prescott et al. (1996, como se cito en Arcos et al. 2005), los agentes patógenos implicados en la transmisión hídrica de enfermedades son las bacterias, virus, protozoos, helmintos y cianobacterias, estos microorganismos pueden causar enfermedades con diferentes

niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta cuadros graves de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea.

Al igual que los agentes patógenos contaminan el agua, cientos de productos químicos también afectan la calidad. Además, la presencia de coliformes en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua (Fernandez et al.2001).

La contaminación fecal en las aguas superficiales es uno de los problemas más preocupantes, esta contaminación se debe al vertimiento directo de los desagües domésticos de las ciudades y centros poblados al recurso hídrico sin ningún tipo de tratamiento (Arcos et al. 2005).

En el Perú existe un problema de carácter estructural, ya que millones de personas no tienen acceso al agua, específicamente aquellas personas de menores recursos económicos que viven en las zonas periféricas de las grandes ciudades. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2006) sostiene que, el acceso al agua es un derecho y que por tanto los estados deben garantizarlo, ellos tienen la obligación de proveerla y velar para que las personas pobres también la reciban.

El agua superficial disponible en el Perú es relativamente abundante, considerando su desigual distribución espacial. Sin embargo, su calidad es crítica en algunas regiones hidrográficas, existiendo mucha contaminación a este recurso vital, las principales causas de esta deficiente calidad son el insuficiente o deficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas, el vertimiento de agua residuales no tratadas, la disposición inadecuada de los residuos sólidos impactan directa o indirectamente en los cuerpos de agua, los pasivos ambientales (mineros,

hidrocarburíferos, agrícolas y poblacionales) y características naturales. Además, el crecimiento poblacional de las ciudades ha generado un mayor deterioro ambiental en las fuentes naturales del recurso hídrico.

Las sustancias o parámetros físicos, químicos y microbiológicos que caracterizan a un curso de agua, al ser excedidos causan daños a la salud y al ambiente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), el 80% de las enfermedades más comunes en las regiones en desarrollo (diarreas, fiebres, dengue, malaria, etc..) están relacionadas con la calidad del agua. Para ello, su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente.

Una de las regiones con diversos problemas de contaminación en nuestro país, es el departamento de Puno y sus provincias. Cabe mencionar que la mayoría de los ríos de la provincia de Carabaya, se encuentran contaminados en alguna medida, a causa del vertimiento de las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento que provienen de la actividad humana de las ciudades y centros poblados (MDC, 2014).

El distrito de Crucero, que pertenece a la provincia de Carabaya de la región Puno, no se encuentra exento a esta realidad, ya que la población se enfrenta a problemas de deficiente servicios de agua potable y saneamiento básico. El río Crucero es uno de los principales efluentes del Lago Titicaca por lo que, consideramos este problema como uno de suma importancia para mejorar la calidad del recurso hídrico, mereciendo inmediata atención para su respectivo tratamiento (MDC, 2014).

1.2. Justificación

El Perú es uno de los países más ricos del mundo en recursos hídricos, con la mayor reserva de América Latina, se encuentra dentro de los 20 países con más fuentes de agua, que provienen de glaciares, lagos, lagunas, ríos, humedales, aguas residuales tratadas, mantos acuíferos y agua desalinizada provenientes del mar.

A nivel nacional, en el departamento de Puno, la provincia de Carabaya es una provincia dedicada a la agricultura y a la crianza de camélidos, constituyendo estas actividades el soporte económico de la provincia y sus distritos (incluido el distrito de Crucero). Para muchos agricultores y pecuarios esta zona tiene el mayor potencial de la región siendo considerada por muchos como una de las dispensas del departamento de Puno.

Otra actividad económica importante desarrollada por parte de la población fue la pesquería, realizada en los principales ríos, lagunas y afluentes, donde la pesca de especies ícticas nativas como el “suche” y especies exóticas como “trucha” y “pejerrey” eran frecuentes. Lamentablemente en la actualidad, por causa de la contaminación existente en el río de Crucero, es nula dicha actividad.

Cabe resaltar que el agua del río de Crucero es la principal fuente de desarrollo económico del distrito de Crucero, así como de las comunidades aledañas al río, además de la actividad pesquera se utiliza para la crianza de animales domésticos y riego de chacras, es por ello que la calidad del recurso hídrico debe ser óptima para los diferentes usos que se les vaya a dar.

Pérez (2017) indica que el índice de la calidad de agua (ICA) es un tipo de índice ambiental que se utiliza como marco de referencia único para comunicar información sobre la

calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua contaminada.

En ese sentido, el ICA al ser un indicador de calidad del agua factible y de rápida evaluación, se debería realizar en distintas áreas de nuestros recursos hídricos para comparar la calidad y evaluar la vulnerabilidad del grado de contaminación del agua. Por ello en la presente investigación se evaluará la calidad del agua del río Crucero, siendo un estudio de gran importancia, ya que contribuirá a contrastar la realidad del estado actual del recurso hídrico, además servirá de apoyo a posteriores trabajos llevados a cabo por diferentes instituciones encargadas de velar el recurso hídrico ya sea a nivel local, regional o nacional, y así puedan tomar decisiones sobre medidas de mitigación y acciones inmediatas frente a la posible contaminación; también servirá como fuente de información para los investigadores que aborden esta temática, así como aporte y recurso de referencia a la población en general.

1.3. Presuposición filosófica

Dios creó la tierra y todo lo que en ella existe, la creó equilibrada y perfecta para que sus hijos la habitasen. Nosotros, como habitantes, recibimos la responsabilidad de cuidarla y protegerla. Sin embargo, el ser humano día a día con sus malas acciones está alterando el medio que Dios nos proveyó, siendo nuestra labor recuperar la calidad del medio donde habitamos, hasta llegar a como era en un inicio.

Desde una perspectiva cristiana, la creación y relación del hombre con el ambiente se resume en el siguiente pasaje bíblico: Juan 7:38-39 “El que cree en mí, como ha dicho la Escritura de los más profundo de su ser brotarán ríos de agua viva”. Empecemos por señalar que Cristo es la verdadera fuente de la vida y el único que puede proveer para todas las necesidades

del hombre. Sólo en él puede encontrar alivio el corazón oprimido por el peso de sus pecados. No hay nadie más donde el hombre halle la felicidad auténtica. Ninguna otra cosa, puede satisfacer a las almas sedientas, sólo Cristo que es la fuente de la vida; cómo podemos ver, es de tal importancia este recurso que lo utiliza de manera didáctica, como consecuencia el hombre a de cuidar el agua, ya que el agua es la base fundamental del desarrollo humano y fuente de vida, fuimos creados para usarlo con sutileza.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar la calidad del agua del río Crucero, aplicando el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno.

1.4.2. Objetivos Específicos.

Determinar la concentración de los principales parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológico del agua del río Crucero en épocas de estiaje y avenida.

Comparar los resultados de los parámetros analizados con la normativa vigente D.S. 004-2017-MINAM.

Determinar los valores del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y del Índice de Calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI).

Capítulo II

Revisión de Literatura

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Cardona (2003), en su investigación llevada a cabo en Honduras, realizó el monitoreo en 9 unidades de drenaje durante los meses de mayo a junio, en época seca y lluviosa, analizando los siguientes parámetros: nitratos, fosfatos, coliformes totales y fecales, temperatura, pH, turbidez, sólidos suspendidos, disueltos y totales, posteriormente estos parámetros fueron ajustados a un Índice de Calidad de Agua, además en su estudio analizó la presencia de plaguicidas organoclorados. Según los resultados del autor, estos indican que, en la microcuenca, no ocurre un deterioro significativo de la calidad de agua, los sólidos totales, disueltos, turbidez y nutrientes fueron los parámetros que explicaron el comportamiento negativo del ICA, así, como la cobertura vegetal y el área de drenaje influyen positivamente.

Álvarez et al., (2008), realizó una investigación sobre la calidad del agua superficial del río Amajac – México seleccionaron 4 presas, 1 laguna y 5 ríos, donde determinaron principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos: oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitrógeno, fósforo, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, cloro y manganeso, utilizaron la metodología descrita por Briones y García, tomaron 3 muestreos de agua en los meses de setiembre, noviembre del año 2005 y enero del 2006, de acuerdo a los resultados concluyeron que la calidad del agua del río Tulancingo indica fuerte grado de contaminación.

Ocasio (2008), en el estudio titulado “Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del Río Piedras”, Puerto Rico, utilizó como método el

análisis físico, químico y microbiológicos de muestras tomadas en 3 estaciones, dichas muestras fueron recolectadas en 2 días para 2 eventos diferentes: evento seco y evento lluvia. Entre los parámetros que no cumplieron se encuentran los coliformes fecales y totales, aceites y grasas, manganeso y arsénico. El autor determinó evidencia de un aumento en concentraciones para todos los parámetros en el evento de lluvia. Concluyendo que, existen contaminantes en el agua, que degradan la calidad de la misma.

Coello et al., (2015), utilizó la metodología de National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) en los ríos andinos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho (3100 a 3950 m.s.n.m.), en el cual estableció 6 puntos de muestreo en el río Ozogoché, 8 en el río Pichahuiña y 4 en el río Pomacocho durante un año (febrero 2011 a febrero 2012) cubriendo épocas secas y de lluvia. Fueron 9 los parámetros que analizó para determinar el ICA-NSF. Luego del estudio se determinó que en las 3 microcuencas existen parámetros que muestran mayor variación como sólidos totales, sulfatos y conductividad, cuyos picos máximos alcanzaron en los meses de menor precipitación (febrero a mayo).

Chávez (2015), en su investigación utilizó la metodología del Índice de Brown-NSF, el cual contempló 9 parámetros que son: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, sólidos disueltos y totales, turbiedad y demanda bioquímica de oxígeno, realizó el monitoreo en 3 estaciones en un periodo anual de abril 2013 a marzo 2014, en dicho periodo presentó un índice promedio de 63.94, lo que significa una calidad media del agua, así mismo se mostraron diferencias significativas del índice de calidad tanto entre las estaciones como entre las épocas climáticas, siendo los sólidos disueltos totales, la turbiedad y los coliformes fecales, los parámetros de mayor influencia sobre la calidad de agua.

Aguirre et al., (2016), evaluaron la calidad del agua del lago durante el periodo 2005-2014, utilizando la metodología del Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos Americanos (ICA-NSF). Consideraron 22 puntos de diferentes muestreos, realizaron la evaluación de calidad del agua de manera bimestral en época seca (diciembre, febrero y abril) y época lluviosa (junio, agosto y octubre). Luego del estudio presentaron como resultados de su investigación que en la época seca el 10.5 % de los monitoreos indicaron una calidad de agua excelente, y en la época lluviosa se observó una leve tendencia a disminuir la calidad del agua, según el índice ICA-NSF mostró que la calidad del agua del Lago de Izabal en Guatemala se categoriza como buena.

Carrillo et al., (2016), en Ecuador, evaluaron la calidad del agua de los ríos Mazar y Pindilig, durante el periodo de mayo a noviembre del año 2015, aplicando la metodología del Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF), el cual consta de 9 parámetros analizados, obteniendo como resultado para el río Mazar presencia de un deterioro a medida que avanza su recorrido aguas abajo, concentrándose ligeramente contaminada (buena calidad), sin embargo, en junio mes donde se presentó altas precipitaciones la calidad del agua se consideró moderadamente contaminada (media calidad).

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Teves (2016), en un estudio fisicoquímico sobre la calidad del agua del río Cacara, región Lima, determinó la calidad del recurso que es destinado al riego de cultivos agrícolas y bebida de animales en una zona calificada de extrema pobreza en Lima, para ello realizó el monitoreo en mayo y julio del 2015, en época de lluvias y estiaje, definiendo 6 estaciones de muestreo, teniendo como base los resultados, el autor determinó que los parámetros estudiados en el río Cacara no sobrepasaron los niveles establecidos en el ECA destinada a la categoría 3, sin embargo

el agua del río Paluche no cumplió con los valores establecidos por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03), finalmente el estudio concluyó que, el río Lincha tiene influencia en la calidad del agua del río Caca.

Pérez (2017), en un estudio para la evaluación de la calidad del agua del río Moquegua utilizó el indicador ICA-NSF, realizó monitoreos en los años 2014 y 2015 antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, como resultados del ICA-NSF antes del vertimiento presenta un ICA-NSF de 51,44 que representa calidad media y en el tramo después del vertimiento tiene un ICA-NSF de 44,18 que representa calidad mala. En ambos monitoreos superan los ECA para agua para la categoría 3, en los parámetros de pH, fosfatos, DBO₅, OD y coliformes termotolerantes, mientras que los demás parámetros evaluados se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

Silva (2018), en su investigación evaluó el grado de afectación de la calidad del agua del río Tumbes en los años 2011 al 2014, a partir de monitoreos participativos, ordenando la información hidrológica de cada año según la época en que desarrollo los monitoreos, toda la data fue procesada utilizando la aplicación de la metodología del ICA-PE, donde obtuvo el indicador de calidad de agua por punto de monitoreo, los mapas de índice de calidad y una propuesta técnica de recuperación de la calidad del agua según el tipo de uso. El autor concluyó que el río Tumbes está muy afectado en el periodo evaluado, obteniendo como resultado que la calidad del agua es mala, debido a que se ven afectados los parámetros físico, químico y microbiológico.

Mendoza (2018), evaluó la calidad del agua superficial empleada para consumo humano en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, a través de algunos indicadores fisicoquímicos, el monitoreo lo realizó en los meses de junio y setiembre del 2017 estableciendo

8 estaciones de muestreo que fueron dispuestas en el río Caracha, reservorio y efluente de la poza de tratamiento del pueblo, puquial y laguna Uerpococcha, según resultados del autor todos los parámetros evaluados no sobrepasaron los límites correspondientes establecidos, con excepción de fosfatos teniendo como resultado (1.51 ppm) en el puquial y arsénico (0.13 ppm) en el río Caracha.

Rodríguez (2019) en su informe final de proyecto evaluó la calidad del agua de los principales ríos de la cuenca Chancay- Lambayeque mediante la aplicación de los índices de calidad del agua ICA-PE y NSF-WQI, los monitoreos se realizaron en los años 2013, 2014 y 2016. El índice ICA-PE para los ríos es más alto que el de las quebradas, alcanzando una calificación buena, mientras que con el índice NSF-WQI se obtiene una calificación regular tanto para ríos y quebradas.

2.1.3. Antecedentes Locales.

Casilla (2014), evaluó la calidad del agua en un tramo de 35 km en el río Suhez a partir de su desembocadura, analizando los parámetros de sólidos suspendidos (SS), sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica e iones mayores como: sulfatos, sodio, potasio, calcio, magnesio y pH, teniendo como resultados en las agua del río Suhez, que los SS fueron bajos (< a 5 mg/l), sin embargo los sólidos suspendidos totales (SST) alcanzaron los valores más elevados en relación a otras zona del sector (240 mg/l). El anión más importante son los sulfatos (32.0-24.0 mg/l) y el calcio es el catión predominante (24.0-16.0 mg/l), otros iones cuantificados fueron sodio (6.4-6.9 mg/l) y magnesio (5.1-3.4 mg/l).

Pari (2017) en su investigación realizada en el río Ilave, en un tramo de 6 km que forma parte de la zona urbana del distrito de Ilave, tomando en cuenta épocas de estiajes, transición

(seco a lluvioso) y de precipitación, considerando la contaminación por vertimientos de aguas residuales clandestinas, utilizó como metodología el análisis fisicoquímico y microbiológico, estableciendo 4 puntos de muestreo, la distancia que consideró en su investigación fue de 1500 metros, el monitoreo lo realizó de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo del 2016 que establece el ANA, donde los puntos que consideró fueron ubicados aguas arriba y aguas debajo de las descargas de aguas residuales. El autor determinó que el estado fisicoquímico del río Ilave en época seca se encuentra con concentraciones baja de contaminación, agravándose y considerándose como contaminada en época de transición en el segundo muestreo que fue significativo, presentando mayor presencia de contaminantes.

Cabana (2018), en su investigación evaluó la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha, utilizando 2 metodologías el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) y el Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA-PE), consideró 2 puntos de muestreo durante los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2018 y monitoreó parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológicos, dando como resultados según la metodología CCME-WQI en el punto M1 con un valor de 80 la calidad del agua es buena y para el punto M2 con un valor de 57 califica al agua como marginal, y los resultados del ICA-PE tuvieron una calificación excelente para M1 y M2 con valores de 99 y 90. El autor concluye que el río Torococha influye negativamente en la calidad del río Coata.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. El agua.

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, y es uno de los recursos más apreciados en el planeta para el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan (Arcos, 2005), así como también es un componente básico empleado en los procesos industriales (Rivas et al., 2011).

2.2.2. Calidad de Agua.

El agua es el solvente universal de la naturaleza, que por su contacto con la atmósfera o el suelo hace que se incorpore dentro de ella una gran cantidad de elementos (gases, sales, minerales y microorganismos), todos estos determinan las características del agua en la naturaleza (Saravia, 2007).

Se denomina calidad de agua al conjunto de características del recurso hídrico en su estado natural o después de ser alterada por su uso, además se refiere a una condición o estado de la sustancia, usualmente se describe mediante indicadores o parámetros (Saravia, 2007)

El objetivo principal de la calidad del agua, es mejorar la salud de la población, de esta manera lo establece la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 1988), en sus guías para la calidad del agua potable, para poder tomar conciencia a causa de los efectos de las enfermedades que pueden causar los metales pesados, contaminantes de origen orgánico e inorgánico, así mismo, analizar la presencia de bacterias o micro organismos presentes en el agua de consumo humano.

Rodríguez (2011), menciona que la calidad de los cuerpos de agua, responde necesariamente con la calidad de los suelos asociados a la cuenca que los confinan y está en estrecha relación con las actividades antrópicas que se adelantan en el territorio por donde ellos hacen su recorrido. Esto quiere decir, que el color, el olor y las concentraciones de los analitos o sustancias en el agua, como se manifestó anteriormente, se deben a la calidad de los suelos y las actividades que las personas desarrollan alrededor de las fuentes hidrográficas.

2.2.3. Parámetros Físicos, Químicos, Metales Pesados y Microbiológico.

2.2.3.1. Demanda Biológica de Oxígeno

Está relacionado como aporte de materia orgánica, mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica en condición aeróbica en un periodo de 5 días, se expresa en mg/L, para determinar el parámetro se realiza en base a la oxidación natural de degradación (ANA, 2018).

2.2.3.2. Potencial de Hidrógeno

Este parámetro es de mucha importancia, es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad de agua, por la evolución química de muchos metales, su solubilidad del agua y biodisponibilidad. El pH indica la acidez o alcalinidad, en el recurso hídrico sus concentraciones varían entre una escala de 6.5 a 8.5. En las cuencas hidrográficas donde ocurren aguas naturales sin actividad antrópica en cierta forma está determinado por la geología de la cuenca y se rige por los equilibrios del dióxido de carbono, bicarbonato, carbonato (ANA, 2018).

2.2.3.4. Conductividad eléctrica

Es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Para un cuerpo de agua en específico, se relaciona con los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios. Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica en el agua (Chapman, 1996).

2.2.3.5. Aluminio

Es uno de los elementos que más abunda en la corteza terrestre, pero su presencia en aguas naturales superficiales es inferior, dado que el aluminio existe en muchas rocas, minerales y arcillas, está presente en todas las aguas superficiales, pero su concentración en las aguas con un pH cercano al natural raramente supera unas pocas decimas a 1 mg/L (ANA, 2018).

2.2.3.6. Arsénico

Es un metal pesado y muy tóxico, su presencia puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas. De acuerdo al ANA según estudios realizados, en sus resultados encontraron presencia de arsénico debido a la aportación litológica de la zona en algunos puntos de muestreo de las cuencas hidrográficas (ANA, 2018).

2.2.3.7. Boro

Es un elemento que se encuentra en las aguas naturales debido a dos factores, al aporte de la geología natural y/o a los vertidos de efluentes de aguas residuales tratadas y no tratadas. Su presencia de este elemento en el agua tiene un efecto nocivo en ciertos productos agrícolas, incluidos los cítricos. Así mismo, para aguas destinadas para el consumo poblacional que contienen boro, pueden originar un problema en la salud de las personas (ANA, 2018).

2.2.3.8. Cadmio

Se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro y como impureza de minerales de zinc y plomo. Su presencia en el agua se da debido a las actividades mineras y de fundición (ANA, 2018).

2.2.3.9. Cobre

Es un elemento altamente distribuido en las cuencas hidrográficas, pero la mayoría de los minerales de cobre son relativamente insolubles, debido a que el cobre es absorbido en fase sólida, solo existe en bajas concentraciones en las aguas naturales. La presencia de mayor concentración en aguas naturales superficiales puede atribuirse a desechos industriales y/o actividades de minería (ANA, 2018).

2.2.3.10. Manganeso

Es un metal relativamente común en las rocas y suelos, donde se presenta como óxidos e hidróxidos. Su evaluación es de gran importancia para controlar las concentraciones de diversos metales trazas existentes en los cuerpos de agua natural. Su elección a evaluar de este parámetro es para comprobar que su presencia es netamente natural o proviene de algún contaminante (ANA, 2018).

2.2.3.11. Mercurio

Su presencia en las aguas se debe principalmente a las actividades antrópicas (minería, etc.), salvo en algunos lugares que por su propia naturaleza se encuentran depósitos de este mineral. Generalmente es un elemento que no abunda en la naturaleza (corteza terrestre) (ANA, 2018).

2.2.3.12. Plomo

Es un elemento relativamente de menor importancia en la corteza terrestre, pero está ampliamente distribuida en bajas concentraciones en rocas sedimentarias y suelos no contaminados. Sin embargo, en zonas ligeramente acidas puede llegar a disolverse. El plomo es un elemento tóxico para los organismos acuáticos pero el grado de toxicidad varía mucho según sea las concentraciones de la calidad del agua y de las especies en estudio (ANA, 2018).

2.2.3.13. Zinc

Es un elemento que abunda en las rocas y minerales, pero su presencia en las aguas naturales es en baja concentración debido a la falta de solubilidad del metal. Está presente en cantidades trazas en casi todas las aguas alcalinas superficiales, pero se eleva su concentración en aguas ácidas (ANA, 2018).

2.2.3.14. Coliformes Termotolerantes.

La presencia de este parámetro en los cuerpos de agua superficial se debe a la contaminación fecal, cuyo origen puede deberse a los vertidos domésticos sin tratamiento a los cuerpos receptores y otros factores (ANA, 2018).

2.2.4. Índice de Calidad de Agua.

El índice de calidad de agua consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que caracterizan la calidad de agua, el índice puede ser representado por un número, rango, descripción verbal, símbolo o color (Fernandez & Solano, 2005). Su ventaja radica en que pueden ser más fácil de interpretar que

una lista de valores numéricos, este índice es muy útil para propósitos comparativos, por ejemplo, que puntos de muestreo resulta de peor o excelente calidad del agua.

Un índice de calidad es un número adimensional que atribuye un valor cualitativo a un conjunto de parámetros medidos, agregados matemáticamente (Garcia, 2012). En términos simples un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua, y su uso permite una rápida interpretación y reconocimiento de las tendencias en la calidad del cuerpo de agua a lo largo del espacio y el tiempo.

Un índice de calidad de agua (ICA), es aquel que se obtiene mediante parámetros adicionados en una fórmula matemática, al cual se asigna un número que se le atribuye un valor cualitativo en un rango determinado (Benavides et al., 2008).

Un índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite de forma sencilla, clara y de fácil comprensión la información de parámetros monitoreados por las entidades en los procesos de seguimiento, evaluación y control de las fuentes de agua (Betancourt, Suárez, & Jorge, 2012).

El índice de calidad de agua (ICA), está formado por la agrupación simplificada de parámetros, indicadores de deterioro de la calidad de agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua, sin embargo, debe de reducir la gran cantidad de parámetros en una fórmula matemática simple (Flores Jacinto, Meléndez Estrada, & Amezcua Allieri, 2013).

Los índices de calidad de agua (ICA), dan una idea de las sustancias contaminantes presentes en las aguas superficiales, es deber de las autoridades ambientales y sanitarias tomar

las medidas necesarias para evitar estos focos de contaminación y que cumplan con la normatividad vigente (González, 2012).

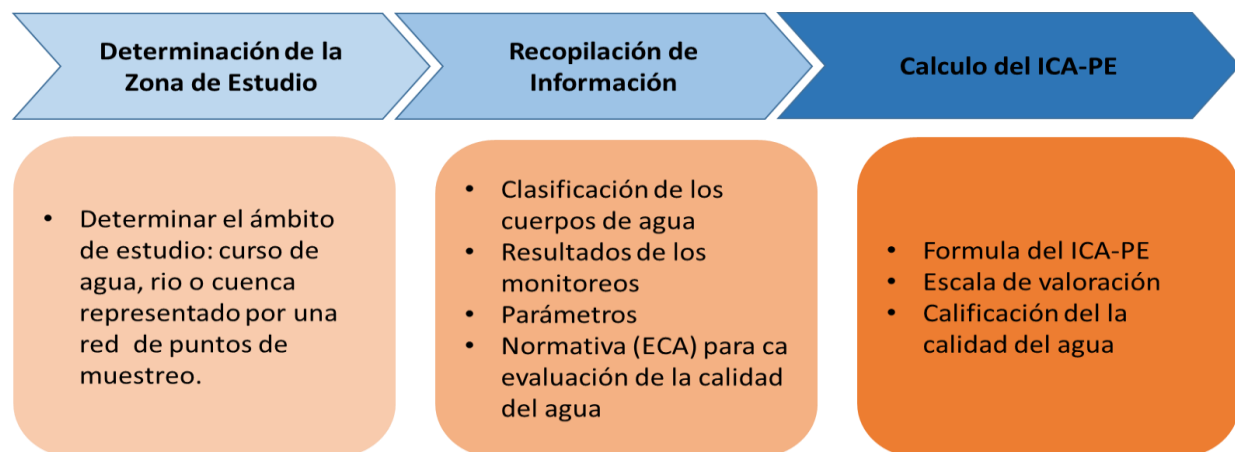
El índice de calidad de agua (ICA), consiste básicamente, en una expresión simple de la combinación de una serie de parámetros que pueden ser físicos, químicos, metales pesados y microbiológicos, los cuales se aplican para la valoración de la calidad del agua en el control del recurso hídrico.

2.3. Índice de calidad de agua (ICA-PE)

El procedimiento del índice de calidad agua (ICA-PE), se dividen en 3 etapas que se describen en la siguiente figura 1.

Figura 1

Etapas del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)



En el Perú la evaluación de la calidad del agua se realiza a través de comparaciones con los valores establecidos en el ECA-Agua, considerando los resultados de una serie de parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológicos según la categoría del cuerpo de agua superficial correspondiente.

Los índices de calidad de agua (ICA-PE), establecen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes y pequeñas cantidades de datos en una escala única de medición de calidad de agua, así mismo permite transmitir información de manera sencilla y práctica sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general, también identifica y compara las condiciones de calidad de aguas y sus posibles tendencias en el tiempo y espacio, siendo la valoración de la calidad de agua en una escala de 0 a 100, donde 0 es mala calidad y 100 es excelente (ANA, 2018).

Este ICA-PE es adoptada porque permite aplicar a todo lo que se requiere para su determinación y cálculo como la información necesaria dentro de ellos, los resultados de los monitoreos y la clasificación de los cuerpos de agua, es decir la categoría a ser evaluada según la R.J. N°056-2018-ANA “Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, y los ECA-Agua.

Además, el ICA tiene la capacidad de resumir y facilitar datos y transformar la información haciéndola expeditamente entendible por los responsables de cualquier gestión de calidad de los recursos hídricos como también por el público, los medios y usuarios, el índice de calidad de agua es denominado por la Autoridad Nacional del Agua como ICA-PE durante el desarrollo del procedimiento y aplicación.

Para el cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE), se aplica la formula canadiense, que comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), dando como resultado un valor único entre 0 y 100, que representara el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un río o cuenca.

F1-Alcance: representa la cantidad de parámetros que no cumplen los valores establecidos según la normativa vigente ECA-Agua, respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{Nº de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Nº total de parámetros a evaluar}}$$

F2-Frecuencia: representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA-Agua), respecto al total de datos de los parámetros a evaluar.

$$F_2 = \frac{\text{Nº de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{Nº total de datos evaluados}}$$

F3-Amplitud: representa la medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos, respecto al número total de datos.

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Sumatoria Normalizada de Excedentes:

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left(\frac{\sum \text{excedentes}}{\text{Total de datos}} \right)$$

Excedente: Se da para cada parámetro siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA para agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA-Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

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

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA-Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el Oxígeno Disuelto (>4), pH (>6.5 , <8.5), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

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

Para el cálculo del valor del ICA-PE, se aplica la formula elaborada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI,) con todos los valores hallados, se realiza el cálculo del ICA-PE con la siguiente ecuación:

$$\text{ICA PE} = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}}$$

Y para la interpretación se ubica el valor del ICA-PE dentro de los 5 rangos, para determinar el nivel de sensibilidad que viene asociada a una escala cromática, cada calificación tiene un color, el cual tiene como finalidad facilitar la comunicación, representar y calificar el estado de la calidad del agua, como pésimo, malo, regular, bueno y excelente, véase la tabla 1.

Tabla 1*Interpretación de la Calificación del ICA-PE*

| Valor ICA-PE | Calificación/ Escala cromática | Color (RGB) | Interpretación |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------|---|
| 90-100 | Excelente | 0 112 255 | La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daño, su condición está muy cercanas a niveles naturales o deseables. |
| 75-89 | Bueno | 0 197 255 | La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunos amenazas o daños de poca magnitud. |
| 45-74 | Regular | 85 255 0 | La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento. |
| 30-44 | Malo | 255 170 0 | La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento. |
| 0-29 | Pésimo | 255 0 0 | La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento. |

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, ANA, 2018)

Nota: Para la visualización gráfica usar los colores RGB “Modelo Cromático establecido para rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue)”

Sin embargo, según Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA, artículo 1 resuelve la aprobación de la metodología “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”, el artículo 2 estipula dejar sin efecto la Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA que aprobó la “Metodología del índice de calidad de agua (ICA-PE), aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.

2.4. Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI)

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian of Ministers of the Environment, conocido como CCME-WQI, donde propone una amplia evaluación de la calidad del agua en periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta una serie de parámetros que superan un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001). Con la finalidad de integrar toda la información obtenida y evaluar el estado de calidad del cuerpo de agua, con un valor único.

Este índice se basa primordialmente en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud.

F1-Alcance: define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando.

$$F_1 = \frac{\text{Número de variables que fallaron}}{\text{Número total de variables}} \times 100$$

F2-Frecuencia: se halla por la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas.

$$F_2 = \frac{\text{Número de pruebas deficientes}}{\text{Número total de pruebas}} \times 100$$

F3-Amplitud: es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral.

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01 \times nse + 0.01} \right)$$

Suma Normalizada de Excedentes:

$$nse = \left(\frac{\Sigma \text{excursiones}}{\text{número de pruebas}} \right)$$

Excedente: Se da para cada parámetro siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA para agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro es mayor o menor que, cuando el objetivo es mínimo, cuando el valor del parámetro no debe exceder el objetivo, se expresa de la siguiente manera.

$$\text{excursion} = \left(\frac{\text{valor inaceptable}}{\text{objetivo}} \right) - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración es menor al valor establecido en el ECA-Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera.

$$\text{excursion} = \left(\frac{\text{objetivo}}{\text{valor inaceptable}} \right) - 1$$

Y para determinar el valor del Índice de Calidad de agua superficial establecido por el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente, con la siguiente ecuación:

$$\text{CCMEWQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

Y por consiguiente con el resultado de la ecuación del CCME-WQI se determina el estado de la calidad del agua analizado, de acuerdo a la escala de rangos, presentado en la tabla 2 donde se muestra la interpretación de los valores.

Tabla 2

Interpretación de la calificación del CCME-WQI

| Valor CCME-WQI | Calificación | Interpretación |
|---------------------------|---------------------|--|
| 95-100 | Excelente | La calidad de agua está protegida con una ausencia virtual de deterioro o amenaza, condiciones muy cercanas a los niveles naturales. |
| 80-94 | Bueno | La calidad de agua está con un grado menor de deterioro o amenaza, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables. |
| 65-79 | Regular | La calidad de agua presenta deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables. |
| 45-64 | Marginal | La calidad de agua es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables. |
| 0-44 | Pobre | La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables. |

Fuente: (Canadian Council of Ministers of the Environment, CCME, 2001)

2.5. Marco Legal

2.5.1. Constitución Política del Perú.

Artículo 2°

Toda persona tiene derecho:

Inc. 22. A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 67°

El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

2.5.2. Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente.

Artículo 1°. Del objetivo

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

Artículo 31°. Del Estándar de Calidad Ambiental

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

31.2. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 32°. Del Límite Máximo Permisible

32.1. El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y

al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio.

Artículo 66°. De la Salud Ambiental

66.1. La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

66.2. La Política Nacional de Salud incorpora la política de salud ambiental como área prioritaria, a fin de velar por la minimización de riesgos ambientales derivados de las actividades y materias comprendidas bajo el ámbito de este sector.

Artículo 67°. Del Saneamiento Básico

Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reúso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

Artículo 90°. Del Recurso Agua Continental

El Estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad

ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran; regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos; y promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso.

Artículo 113•. De la Calidad Ambiental

113.1. Toda persona o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes.

113.2 Son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental:

a. Preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente, identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.

b. Prevenir, controlar, restringir y evitar según sea el caso, actividades que generen efectos significativos, nocivos o peligrosos para el ambiente y sus componentes, en particular cuando ponen en riesgo la salud de las personas.

c. Recuperar las áreas o zonas degradadas o deterioradas por la contaminación ambiental.

d. Prevenir, controlar y mitigar los riesgos y daños ambientales procedentes de la introducción, uso, comercialización y consumo de bienes, productos, servicios o especies de flora y fauna.

e. Identificar y controlar los factores de riesgo a la calidad del ambiente y sus componentes.

f. Promover el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, las actividades de transferencia de conocimientos y recursos, la difusión de experiencias exitosas y otros medios para el mejoramiento de la calidad ambiental.

Artículo 120°. De la Protección de la Calidad de las Aguas

120.1. El Estado a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

120.2. El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

Artículo 121°. Del vertimiento de Aguas Residuales

El Estado emite con base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Artículo 122°. Del Tratamiento de Residuos Líquidos

122.1. Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

122.2. El sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

122.3. Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los

LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia.

Artículo 123*. De la Investigación Ambiental Científica y Tecnológica

La investigación científica y tecnológica está orientada, en forma prioritaria, a proteger la salud ambiental, optimizar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y a prevenir el deterioro ambiental, tomando en cuenta el manejo de los fenómenos y factores que ponen en riesgo el ambiente; el aprovechamiento de la biodiversidad, la realización y actualización de los inventarios de recursos naturales y la producción limpia y la determinación de los indicadores de calidad ambiental.

Artículo 124*. Del fomento de la Investigación Ambiental Científica y Tecnológica

124.1 Corresponde al Estado y a las universidades, públicas y privadas, en cumplimiento de sus respectivas funciones y roles, promover:

- a. La investigación y el desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental.
- b. La investigación y sistematización de las tecnologías tradicionales.
- c. La generación de tecnologías ambientales.
- d. La formación de capacidades humanas ambientales en la ciudadanía.
- e. El interés y desarrollo por la investigación sobre temas ambientales en la niñez y juventud.
- f. La transferencia de tecnologías limpias.

g. La diversificación y competitividad de la actividad pesquera, agraria, forestal y otras actividades económicas prioritarias.

Artículo 130°. De la Fiscalización y Sanción Ambiental

130.1. La fiscalización ambiental comprende las acciones de vigilancia, control, seguimiento, verificación y otras similares, que realiza la Autoridad Ambiental Nacional y las demás autoridades competentes a fin de asegurar el cumplimiento de las normas y obligaciones establecidas en la presente Ley, así como en sus normas complementarias y reglamentarias. La Autoridad competente puede solicitar información, documentación u otra similar para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.

130.2. Toda persona, natural o jurídica, está sometida a las acciones de fiscalización que determine la Autoridad Ambiental Nacional y las demás autoridades competentes. Las sanciones administrativas que correspondan, se aplican de acuerdo con lo establecido en la presente Ley.

130.3. El Estado promueve la participación ciudadana en las acciones de fiscalización ambiental.

Artículo 131°. Del Régimen de Fiscalización y Control Ambiental

131.1. Toda persona, natural o jurídica, que genere impactos ambientales significativos está sometida a las acciones de fiscalización y control ambiental que determine la Autoridad Ambiental Nacional y las demás autoridades competentes.

131.2. El Ministerio del Ambiente mediante resolución ministerial aprueba el Régimen Común de Fiscalización Ambiental.

Artículo 133°. De la Vigilancia y Monitoreo Ambiental

La vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la

política y normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Nacional establece los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.

Artículo 134°. De la Vigilancia Ciudadana

134.1. Las autoridades competentes dictan medidas que faciliten el ejercicio de la vigilancia ciudadana y el desarrollo y difusión de los mecanismos de denuncia frente a infracciones a la normativa ambiental.

134.2. La participación ciudadana puede adoptar las formas siguientes:

- a. Fiscalización y control visual de procesos de contaminación.
- b. Fiscalización y control por medio de mediciones, muestreo o monitoreo ambiental.
- c. Fiscalización y control vía la interpretación o aplicación de estudios o evaluaciones ambientales efectuadas por otras instituciones.

134.3. Los resultados de las acciones de fiscalización y control efectuados como resultado de la participación ciudadana pueden ser puestos en conocimiento de la autoridad ambiental local, regional o nacional, para el efecto de su registro y denuncia correspondiente. Si la autoridad decidiera que la denuncia no es procedente ello debe ser notificado, con expresión de causa, a quien proporciona la información, quedando a salvo su derecho de recurrir a otras instancias.

2.5.3. Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos.

Artículo 75°. Protección del Agua

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios.

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.

Artículo 76°. Vigilancia y Fiscalización del Agua

La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente.

También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.

Artículo 79°. Vertimiento de Agua Residual

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua

(ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas.

Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

Artículo 80*. Autorización de Vertimiento

Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

1. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

Artículo 81°. Evaluación de Impacto Ambiental

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley N.º 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico se debe contar con la opinión favorable de la Autoridad Nacional.

2.5.4. Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, modificado por el Decreto Supremo N°006-2017-AG.

Artículo 103°. Protección del Agua

103.1. La protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; establecer medidas específicas para eliminar o reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación.

103.2. La Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud y demás sectores cuando corresponda, emite disposiciones, directivas y normas complementarias al Reglamento, para la conservación y protección de la calidad de las aguas.

Artículo 106°. Clasificación de los Cuerpos de Agua

106.1. Los cuerpos naturales de agua se clasifican en función a sus características naturales y los usos a los que se destinan.

106.2. La Autoridad Nacional del Agua clasifica los cuerpos de agua, tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA - Agua), que apruebe el Ministerio del Ambiente de acuerdo con los usos actuales y potenciales al que se destina el agua.

Artículo 107*. Sobre la Participación Ciudadana

En virtud de lo señalado en el artículo precedente, la Autoridad Nacional del Agua deberá aprobar y desarrollar un plan de participación ciudadana de conformidad con el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 002-2009 - MINAM y sus normas modificatorias o sustitutorias.

2.5.5. Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Artículo 3*. Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección: Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación,

floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

(...)

Artículo 4°. Asignación de Categorías a los Cuerpos Naturales de Agua

4.1. La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de al marco normativo vigente.

4.2. En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5°. Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1. Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2. La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6°. Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7°. Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la Zona de Mezcla

7.1. En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2. Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3. La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8°. Sistematización de la Información

8.1. Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2. La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3. El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

2.5.6. Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA. Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE).

Artículo 1°. Aprobación

Aprueba la “Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICAPE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales”, documento que como anexo forma parte integrante de la presente Resolución.

Artículo 2°. Publicación

Disponer la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano, así como la “Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales” y sus anexos en el Portal Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. (www.ana.gob.pe).

2.5.7. Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.

Artículo 4°. Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en Cuerpos Naturales de Agua no Categorizados

En tanto esta Autoridad no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua a través del procedimiento de clasificación, se aplica la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de esta Autoridad, conforme a lo previsto en la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

2.5.8. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Artículo 1°. Aprobación

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

Artículo 2°. Publicación

Disponer la publicación de la presente resolución y del Protocolo aprobado mediante el artículo precedente en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua:

www.ana.gob.pe.

Artículo 3°. Derogatoria

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

Capítulo III

Materiales y Métodos

3.1. Diseño y Tipo de Investigación

La presente investigación es de diseño no experimental, según Hernández (2016) en la investigación no experimental estamos más cerca de las variables formuladas hipotéticamente como reales y en consecuencia tenemos mayor validez externa posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones comunes. El tipo de investigación es de carácter descriptivo - explicativo porque mide o recolecta datos y alcanza información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del problema a investigar (Hernández, 2016). El enfoque es cuantitativo ya que se evalúa las concentraciones de parámetros físicos, químico, metales pesados y microbiológicos presentes en las muestras de agua, mediante una comparación con la normativa ambiental vigente.

3.2. Diseño Estadístico

3.2.1. Población.

La población de la presente investigación está conformada por el río Crucero, en proximidades de la urbana del Distrito Crucero.

3.2.2. Muestra.

Se evaluó la calidad del agua en 5 puntos de monitoreo ubicadas 2 aguas arriba, 1 en la desembocadura de la PTAR y 2 aguas abajo, considerando como punto de referencia la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Crucero, en dos épocas (estiaje y avenida).

3.3. Descripción de la Zona de Estudio

El área de estudio está ubicada en la microcuenca Medio Azángaro según la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú, que comprende el río Crucero, políticamente pertenece al departamento de Puno, provincia de Carabaya, distrito de Crucero, en una altitud de 4131 m.s.n.m., entre las coordenadas geográficas de coordenadas este: 0389779 y coordenadas norte: 8412154, zona 19 L.

El distrito de Crucero presenta un clima frío con temperaturas variadas, durante el día dependiendo de la estación la temporada templada dura del 8 de octubre al 12 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 11° C. El mes más cálido de año en Crucero es noviembre, con una temperatura máxima promedio de 12° C y mínima de 1° C.

La temporada fría dura del 6 de enero al 22 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 10° C. el mes más frío del año en Crucero es julio, con una temperatura mínima promedio de -6° C y máxima de 11°C (SENAMHI, 2018)

3.4. Área de Investigación

El área de investigación está representada por el río Crucero, en proximidad a la zona urbana del distrito Crucero, que a su vez forma parte de la cuenca Azángaro y la vertiente de la cuenca hidrográfica del Lago Titicaca, el río Crucero desemboca en el Lago Titicaca, se caracteriza como un sistema de cuenca endorreica, en la figura 2 se puede observar la ubicación geográfica de la zona de estudio.

Figura 2

Ubicación geográfica de la zona de estudio



3.4. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados para la obtención de la información en campo y procesamiento de datos en la presente investigación son los siguientes:

Tabla 3

Materiales, indumentaria de protección personal y equipos utilizados

| Materiales | Indumentaria de protección personal | Equipos |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Cooler grande y pequeño • Balde de plástico de 5 y 20 litros de capacidad • Pizeta con agua destilada • Vaso precipitado de 500 ml <ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro • Tablero de plástico A-4 con sujetador metálico • Fichas de registro de campo • Cadena de custodia • Mapa cartográfico • Libreta de campo <ul style="list-style-type: none"> • Cinta adhesiva • Plumón indeleble • Útiles de escritorio (Papel bond) | <ul style="list-style-type: none"> • Guardapolvo <ul style="list-style-type: none"> • Chaleco • Zapato de seguridad • Botas grandes de jebe <ul style="list-style-type: none"> • Casco • Guantes desechables <ul style="list-style-type: none"> • Cubre boca • Línea de vida | <ul style="list-style-type: none"> • GPS Garmin modelo Etrex 10 <ul style="list-style-type: none"> • Brazo Telescópico muestreador • Cámara fotográfica digital • Multiparámetro Hanna HI 98129 <ul style="list-style-type: none"> • Termómetro de mercurio • Oxímetro portátil Hanna HI 9146 <ul style="list-style-type: none"> • pH-metro Hanna HI 98127 <ul style="list-style-type: none"> • Laptop • Impresora de inyección <ul style="list-style-type: none"> • USB • Unidad de transporte: Camioneta 4 x 4 |

3.5. Metodología

Para la evaluación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y el Índice de Calidad de Agua del Consejo de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) del río Crucero, el procedimiento contó con 3 etapas: 1: determinación de la zona de estudio, 2: recopilación de información mediante la toma de muestras a lo largo de los respectivos puntos de monitoreo en dos épocas, una en época de estiaje (noviembre) y otra en época de avenida (enero) , 3: cálculo del ICA-PE y CCME-WQI , los resultados fueron procesados en una hoja de cálculo (Excel) siguiendo las ecuaciones de las metodologías correspondientes.

3.5.1. Etapa 1- Determinación de la Zona de Estudio.

3.5.1.1. Reconocimiento y Ubicación de Puntos de Muestreo

Para la ubicación de los puntos de monitoreo se consideró la accesibilidad, la representatividad, se observó la existencia de residuos sólidos, vegetación acuática, actividades antropogénicas, presencia de animales como también el vertimiento de las aguas residuales, ya que todo ello son factores que alteran las características y la calidad del agua. Estos criterios se consideraron de acuerdo a lo establecido en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante R.J. N° 010-2016-ANA.

Con la ayuda de un GPS macar Etrex 10 en el sistema de coordenadas geográficas UTM-WGS84, se tomó la lectura de las coordenadas de los puntos de monitoreo que son 5 para las dos épocas (estiaje y avenida). En la tabla 4 se presentan las coordenadas UTM.

Tabla 4*Coordenadas UTM de puntos de monitoreo en época de estiaje y época de avenida*

| Puntos | Época de Estiaje | | | Época de avenida | | |
|---------------|-------------------------|--------------|----------|-------------------------|--------------|----------|
| | Coordenadas UTM | | Altura | Coordenadas UTM | | Altura |
| | Este | Norte | m.s.n.m. | Este | Norte | m.s.n.m. |
| P1 | 0391491 | 8411181 | 4130 | 0391507 | 8411158 | 4137 |
| P2 | 0390293 | 8411095 | 4128 | 0390582 | 8411268 | 4132 |
| P3 | 0388981 | 8411415 | 4126 | 0388982 | 8411415 | 4124 |
| P4 | 0387839 | 8411450 | 4125 | 0387739 | 8411501 | 4125 |
| P5 | 0386046 | 8412269 | 4125 | 0386046 | 8412269 | 4125 |

3.5.1.2. Puntos de Monitoreo

Se estableció un total de 5 puntos de monitoreo para evaluar la calidad del agua y son denominados de la siguiente manera: P1(Puente Crucero), P2(Fundición), P3(Ichuquillohuata), P4(Choclopampa) y P5(Quisipampa), estos puntos se ubican en proximidades a la zona urbana del distrito de Crucero, donde P1 y P2: están ubicados aguas arriba, P3: ubicado en la desembocadura de las aguas residuales, P4 y P5: ubicadas aguas abajo, considerando como punto de referencia a la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Crucero, que a la fecha del año 2022 se encuentra inoperativa

La distancia entre cada punto de monitoreo desde el P1 sucesivamente hasta el P5, oscila entre los 150 metros de distancia, la ubicación de los puntos de monitoreo se visualiza en la figura 3.

Figura 3

Ubicación de puntos de monitoreo en el río Crucero



Fuente: Google Earth 2021

3.5.1.3. Frecuencia de Monitoreo

Los monitoreos se realizaron en dos épocas del año, el primero se realizó a fines del mes de noviembre del año 2018 que vendría a ser parte de la época de estiaje, y la segunda se monitoreo a fines del mes de enero del año 2019 que pertenece a la época de avenida, estas dos fechas se consideraron de acuerdo a los factores climáticos del distrito de Crucero, los cuales se

recolectaron información de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, en la tabla 5 se muestra los datos de las fechas exactas en las que se realizó los monitoreos.

Tabla 5

Datos hidrometeorológicos del distrito de Crucero, Carabaya, Puno según época de estudio

| Época de Estiaje | | Época de Avenida | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Día / Mes / Año | Precipitación (mm/día) | Día / Mes / Año | Precipitación (mm/día) |
| 01/11/2018 | 0 | 01/01/2019 | 2.3 |
| 02/11/2018 | 0 | 02/01/2019 | 12.8 |
| 03/11/2018 | 0.8 | 03/01/2019 | 1.6 |
| 04/11/2018 | 0 | 04/01/2019 | 4.6 |
| 05/11/2018 | 3.8 | 05/01/2019 | 2.6 |
| 06/11/2018 | 3.4 | 06/01/2019 | 2.7 |
| 07/11/2018 | 0 | 07/01/2019 | 0 |
| 08/11/2018 | 3.1 | 08/01/2019 | 0 |
| 09/11/2018 | 0 | 09/01/2019 | 0 |
| 10/11/2018 | 0 | 10/01/2019 | 2.7 |
| 11/11/2018 | 0 | 11/01/2019 | 0.9 |
| 12/11/2018 | 0 | 12/01/2019 | 13.7 |
| 13/11/2018 | 0 | 13/01/2019 | 0 |
| 14/11/2018 | 0 | 14/01/2019 | 0 |

| | | | |
|-------------------|----------|-------------------|-------------|
| 15/11/2018 | 3.6 | 15/01/2019 | 0 |
| 16/11/2018 | 0 | 16/01/2019 | 5.2 |
| 17/11/2018 | 0 | 17/01/2019 | 3.1 |
| 18/11/2018 | 0 | 18/01/2019 | 0 |
| 19/11/2018 | 3.7 | 19/01/2019 | 0 |
| 20/11/2018 | 4.1 | 20/01/2019 | 0.4 |
| 21/11/2018 | 4.6 | 21/01/2019 | 0 |
| 22/11/2018 | 1.6 | 22/01/2019 | 0 |
| 23/11/2018 | 0 | 23/01/2019 | 3.1 |
| 24/11/2018 | 0 | 24/01/2019 | 0 |
| 25/11/2018 | 0 | 25/01/2019 | 0 |
| 26/11/2018 | 12.2 | 26/01/2019 | 0 |
| 27/11/2018 | 3.2 | 27/01/2019 | 0 |
| 28/11/2018 | 1.2 | 28/01/2019 | 5.5 |
| 29/11/2018 | 3.5 | 29/01/2019 | 4.7 |
| 30/11/2018 | 0 | 30/01/2019 | 12.6 |
| | | 31/01/2019 | 10.3 |

Fuente: (SENAMHI, Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Peru, 2019).

3.5.2. Epata 2- Recopilación de Información.

3.5.2.1. Clasificación del Cuerpo de Agua

Según la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales (anexo 1), aprobado mediante R.J. N° 056-2018-ANA, el río Crucero está clasificado dentro de la categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales según el Estándar de Calidad de Agua (ECA) del D.S. N° 004-2017-MINAM.

Tabla 6

Clasificación del río Crucero

| N° | Curso de Agua | | | Unidad Hidrográfica | | |
|------|---------------|-------------|-------------|---------------------|-----------|-----------------|
| | Código Curso | Nombre | Categoría | Longitud (km) | Código UH | Nombre |
| 1220 | 0195 | río Crucero | Categoría 3 | 74.64 | 019 | Cuenca Azángaro |

Fuente: Resolución Jefatural N°056-2018-ANA, Anexo 1.

3.5.2.2. Parámetros Evaluados

En la metodología para la determinación del ICA-PE se recomienda los parámetros a evaluar; y para el presente estudio se ha logrado identificar 14 parámetros que son registrados con mayor frecuencia en los cuerpos de agua, por vertiente hidrográfica, según la clasificación y categoría del recurso hídrico, así mismo de acuerdo al uso del agua de la zona de estudio. Para ello, se ha basado en la normativa de la R.J. N° 068-2018-ANA que aprueba la Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE.

En ese contexto, de acuerdo a la clasificación y las recomendaciones de la metodología del ICA-PE y CCME-WQI, se evaluaron 14 parámetros físicos, químicos, metales pesados y

microbiológico de la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, la sub categoría D2: bebida de animales, los cuales son: demanda bioquímica de oxígeno, potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio. plomo, zinc y coliformes Termotolerantes; en la tabla 7 se presenta los parámetros y las concentraciones establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Tabla 7

Parámetros evaluados

| Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| N° | Parámetro | Unidades de medida | D2: Bebida de animales |
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 15 |
| 2 | Potencial de Hidrógeno | Unidad de pH | 6,5 – 8,4 |
| 3 | Oxígeno Disuelto | mg/L | ≥5 |
| 4 | Conductividad Eléctrica | mg/L | 5000 |
| 5 | Aluminio | mg/L | 5 |
| 6 | Arsénico | mg/L | 0,2 |
| 7 | Boro | mg/L | 5 |
| 8 | Cadmio | mg/L | 0,05 |
| 9 | Cobre | mg/L | 0,5 |
| 10 | Manganeso | mg/L | 0,2 |
| 11 | Mercurio | mg/L | 0,01 |
| 12 | Plomo | mg/L | 0,05 |
| 13 | Zinc | mg/L | 24 |
| 14 | Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1000 |

Fuente: D.S. 004-2017-MINAM

3.5.2.3. Acondicionamiento

Se preparó los envases a utilizar en los muestreos, de acuerdo a cada parámetro a evaluar.

Las muestras de agua, de acuerdo a los parámetros evaluados que se recolectaron en cada punto, se colocaron en un cooler respectivo, y luego fueron enviados a un laboratorio acreditado por el INACAL.

3.5.2.4. Medición de Parámetros de Campo y Registro de Información

Para la obtención de información de la medición de los parámetros in situ como el pH, oxígeno disuelto se requirió lo siguiente:

- Se verificó la calibración de los equipos portátiles, antes del inicio del trabajo de la toma de muestras in situ.
- Antes de realizar las mediciones, se procedió a enjuagar los electrodos con agua destilada y luego con la muestra de agua, estando apagado el equipo, enseguida se realizó la medición de los parámetros correspondientes con cada equipo de medición, agitando ligeramente el electrodo, dejando estabilizar la lectura por 3 minutos y registrando el resultado de la medición.
- Las mediciones de agua se realizaron tomando una cantidad de agua en un vaso precipitado de un balde transparente que se tomó directamente agua del río.
- La información recolectada en la medición de los parámetros in situ, así como la ubicación y descripción del punto de muestreo, se ingresó en el Registro de datos de campo.

3.5.2.5. Recolección de Muestras

Para la toma de cada muestra de agua se ubicó una buena accesibilidad, evitando en lo posible áreas de turbulencias excesiva, considerando las profundidades y accesos con pendiente pronunciada. Para la toma de muestras de los otros parámetros se utilizaron frascos de plástico y vidrio.

3.5.2.6. Toma de Muestra para Ensayos Microbiológicos

Se recolectaron las muestras directamente en el frasco de vidrio de 500 ml demarcado como “MB”; para esta recolección primero sacamos la tapa juntamente con el capucho de papel, como una unidad, evitando exponer o tocar por dentro la tapa rosca del frasco, para ello se mantuvo boca abajo, luego sumergimos el frasco, llenamos solo las $\frac{3}{4}$ partes del frasco o 400 ml, cerramos el frasco colocando la tapa juntamente con el capuchón de papel, y por último fue trasladado al laboratorio para su respectivo análisis.

3.5.2.7. Toma de Muestras para Ensayos FQ, ICP-FQ

Enjuagamos dos veces con una porción de la muestra los frascos de plástico que están demarcados como “FQ” y “ICP-FQ”, con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, luego llenamos completamente en contra de la corriente con ángulo apropiado, evitando que el aire y burbujas ingrese dentro del frasco.

3.5.2.8. Toma de Muestras para Ensayos DBO

Las muestras de agua se tomaron en frascos de 1 litro de capacidad, se enjuagaron 2 veces el frasco en la misma fuente de la muestra y luego se llenaron completamente sin burbujas de aire para evitar alteración de los resultados por procesos de oxidación, cerramos por rebose de

manera que no quede aire, luego almacenamos en oscuridad mientras se terminaba de realizar la toma de muestras de los demás parámetros.

3.5.2.9. Métodos de Ensayo utilizados insitu y por el laboratorio

En la presente investigación se realizaron 2 veces los muestreos considerando los factores climáticos de la zona de estudio, en 5 puntos, de los cuales se muestreo una sola vez en cada época (estiaje y avenida) para cada parámetro respectivamente.

En la tabla 8 se detallan los métodos utilizados en la zona de estudio para los parámetros de potencial de hidrógeno y oxígeno disuelto.

Tabla 8

Método de ensayo utilizado en el lugar de monitoreo in situ

| Parámetros | Descripción | Metodología |
|--------------------------------|---------------------------------------|---|
| pH | Método electrométrico | Potenciómetro |
| Oxígeno Disuelto | Método de electrodo de membrana | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 4500 O-C. 22 th Edition 2012. NTP 214.046. |
| Conductividad Eléctrica | Método conductímetro multiparamétrico | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 2510-2520.21th Edition 2005 |

Las muestras de agua se mandaron a analizar al laboratorio de ensayo acreditado por la Dirección de Acreditación del INACAL: Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.Ltda., aprobado con el número de registro N° LE-050.

En la tabla 9 se detallan los métodos utilizados por el laboratorio acreditado para la realización del presente trabajo.

Tabla 9

Métodos de ensayo utilizados por el Laboratorio Analíticos del Sur

| Parámetro | Descripción | Metodología | Rango |
|-----------------------------------|--|--|----------------------------------|
| DBO₅ | Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas. | SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4210 B, 22nd Ed (5g Método Iodo Métrico Azida Sodio). | [^b 0.5 – 2000] mg/L |
| Arsénico | Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales. | EPA 200.7 ICP – OES. Revisión 4.4. | [^b 0.0012-50] mg/L |
| Mercurio | Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales. | EPA 200.7 ICP – OES. Revisión 4.4. | [^b 0.00041-250] mg/L |
| Metales Pesados | Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales. | EPA 200.7 ICP – OES. Revisión 4.4. | [^a 0.0005-2.5]mg/L |
| Coliformes Termotolerantes | Numeración de Coliformes Fecales (NMP). | SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part-9221 E-1, 22 nd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedures (EC Medium). | [^a 1.8-] NMP/100 mL |

Fuente: Informe de Ensayo de Laboratorio Analíticos del Sur

3.5.3. Etapa 3 - Cálculo del ICA-PE y CCME-WQL.

3.5.3.1. Cálculo de los Valores del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) en Época de Estiaje y Avenida

Para el cálculo del Índice de Calidad del Agua se utilizaron los resultados de las concentraciones de los análisis de los parámetros analizados en las épocas (estiaje y avenida), en los 5 puntos de monitoreo, posterior a ello se procesaron en una hoja de cálculo (Excel), siguiendo los pasos que indica la metodología del ICA-PE, introduciendo los datos (resultados de los monitoreos y valores del ECA-Agua) y las fórmulas matemáticas que describen las ecuaciones a aplicar para el cálculo de cada factor: alcance (F1), frecuencia(F2) y amplitud (F3) luego el valor final es calculado con la ecuación general del ICA-PE.

$$F_1 = \frac{\text{Nº de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Nº total de parámetros a evaluar}}$$

$$F_2 = \frac{\text{Nº de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{Nº total de datos evaluados}}$$

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

$$\text{nse} = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left(\frac{\Sigma \text{excedentes}}{\text{Total de datos}} \right)$$

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

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

$$\text{ICA PE} = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}}$$

3.5.3.2. Cálculo de los Valores del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en Época de Estiaje y Avenida

Para determinar el Índice de Calidad del Agua se utilizaron los resultados de las concentraciones de los parámetros analizados para ambas épocas (estiaje y avenida) de los 5 puntos de monitoreo, subsecuente a ello fue comparado con la normativa vigente los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

En ese sentido de la misma manera en el que se procesaron los datos para la metodología del ICA-PE, también fueron procesados los datos en una hoja de cálculo de Excel, introducimos las fórmulas de los tres factores: alcance (F1), frecuencia(F2) y amplitud (F3) como también la fórmula de la ecuación general del CCME-WQI.

$$F_1 = \frac{\text{Número de variables que fallaron}}{\text{Número total de variables}} \times 100$$

$$F_2 = \frac{\text{Número de pruebas deficientes}}{\text{Número total de pruebas}} \times 100$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01 \times nse + 0.01} \right)$$

$$\text{nse} = \left(\frac{\Sigma \text{excursiones}}{\text{número de pruebas}} \right)$$

$$\text{excursion} = \left(\frac{\text{valor inaceptable}}{\text{objetivo}} \right) - 1$$

$$\text{excursion} = \left(\frac{\text{objetivo}}{\text{valor inaceptable}} \right) - 1$$

$$\text{CCMEWQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

Capítulo IV

Resultados y Discusión

4.1. Resultado

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de los análisis de los parámetros por el laboratorio acreditado “Analíticos del Sur” los cuales fueron muestreados en 5 puntos para cada época (estiaje y avenida), luego fueron comparados con la normativa para determinar el cumplimiento de las concentraciones establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, para esto fue necesario en primer lugar, realizar análisis de los parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológico del agua del río Crucero en proximidades de la zona urbano del distrito, no obstante, con base en la comparación con la normativa, se procedió a realizar un análisis estadístico básico, donde se calculó y determino el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y el Índice de Calidad de Agua del Consejo de Ministros del Medio Ambiente (CCMW-WQI).

4.2. Concentraciones de los parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológico en época de estiaje y avenida

4.2.1. Concentraciones de los parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológico en época de estiaje.

Los resultados de las concentraciones de los parámetros analizados de las muestras de agua del río Crucero para los 5 puntos monitoreados, en la época de estiaje se pueden observar en la siguiente tabla 10.

Tabla 10

Resultados de los parámetros evaluados en la época de estiaje

| PUNTOS DE MONITOREO | | | PUNTO | PUNTO | PUNTO | PUNTO | PUNTO |
|--------------------------------------|----------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Parámetros a evaluar | Unidad | ECA Cat. 3, D2 | Época Estiaje | Época Estiaje | Época Estiaje | Época Estiaje | Época Estiaje |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 15 | 5 | 5 | 120 | 5 | 6 |
| Potencial de Hidrogeno | Unid. de pH | 6.5 8.4 | 4.52 | 4.34 | 4.65 | 4.34 | 3.18 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | ≥5 | 3.68 | 3.2 | 1.35 | 3.13 | 3.14 |
| Conductividad Eléctrica | μS/cm | 5000 | 271 | 276 | 595 | 272 | 274 |
| Aluminio | mg/L | 5 | 2.25 | 1.82 | 1.56 | 1.8 | 2.02 |
| Arsénico | mg/L | 0.2 | 0.0052 | 0.0136 | 0.0036 | 0.0201 | 0.0098 |
| Boro | mg/L | 5 | a<0.005 | a<0.005 | a<0.005 | a<0.005 | a<0.005 |
| Cadmio | mg/L | 0.05 | 0.00418 | 0.00277 | 0.00277 | 0.00323 | 0.00385 |
| Cobre | mg/L | 0.5 | 0.0156 | 0.0238 | 0.0261 | 0.0274 | 0.0248 |
| Manganeso | mg/L | 0.2 | 0.28433 | 0.26036 | 0.18745 | 0.2505 | 0.26194 |
| Mercurio | mg/L | 0,01 | a<0.0004 | a<0.0004 | a<0.0004 | a<0.0004 | a<0.0004 |
| Plomo | mg/L | 0.05 | 0.0276 | 0.0195 | 0.017 | 0.0208 | 0.0226 |
| Zinc | mg/L | 24 | 0.6289 | 0.5911 | 0.3172 | 0.6459 | 0.6701 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/10 0 ml | 1000 | 350 | 170 | 54000000 | 35000 | 35000 |

4.2.2. Concentraciones de los parámetros físico, químico, metales pesados y microbiológico en época de avenida.

Los resultados de las concentraciones de los parámetros analizados de las muestras de agua del río Crucero para los 5 puntos monitoreados, en la época de avenida se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11

Resultados de los parámetros evaluados en la época de avenida

| PUNTOS DE MONITOREO | | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|-----------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Parámetros a evaluar | ECA Cat. 3, D2 | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida |
| Demanda | | | | | | | |
| Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 15 | 7.8 | 6.5 | 8.5 | 3 | 5 |
| Potencial de Hidrogeno | Unid. de pH | 6. 8. 5 4 | 5.21 | 4.86 | 4.98 | 5.12 | 4.36 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L \geq | 5 | 3.35 | 3.12 | 2.15 | 3.51 | 3.63 |
| Conductividad Eléctrica | μ S/cm | 5000 | 291 | 276 | 522 | 268 | 265 |
| Aluminio | mg/L | 5 | 28 | 27.7 | 17.7 | 23.1 | 25.9 |
| Arsénico | mg/L | 0.2 | 0.0768 | 0.0669 | b<0.0012 | 0.0432 | 0.1526 |
| Boro | mg/L | 5 | 0.1454 | 0.0728 | 0.06 | 0.0436 | 0.0289 |
| Cadmio | mg/L | 0.05 | 0.02495 | 0.02502 | 0.01487 | 0.02031 | 0.02302 |
| Cobre | mg/L | 0.5 | 0.0637 | 0.0638 | 0.0301 | 0.0586 | 0.0613 |
| Manganeso | mg/L | 0.2 | 0.93895 | 0.89557 | 0.58465 | 0.72155 | 0.77613 |
| Mercurio | mg/L | 0.01 | b<0.00041 | b<0.00041 | b<0.00041 | b<0.00041 | b<0.00041 |
| Plomo | mg/L | 0.05 | 0.259 | 0.089 | 0.1097 | 0.0733 | 0.0556 |
| Zinc | mg/L | 24 | 0.8138 | 0.7635 | 0.588 | 0.7523 | 0.827 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1000 | 540 | 540 | 9200000 | 92000 | 54000 |

4.3. Cumplimiento de los parámetros analizados con la normativa vigente Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental-Agua

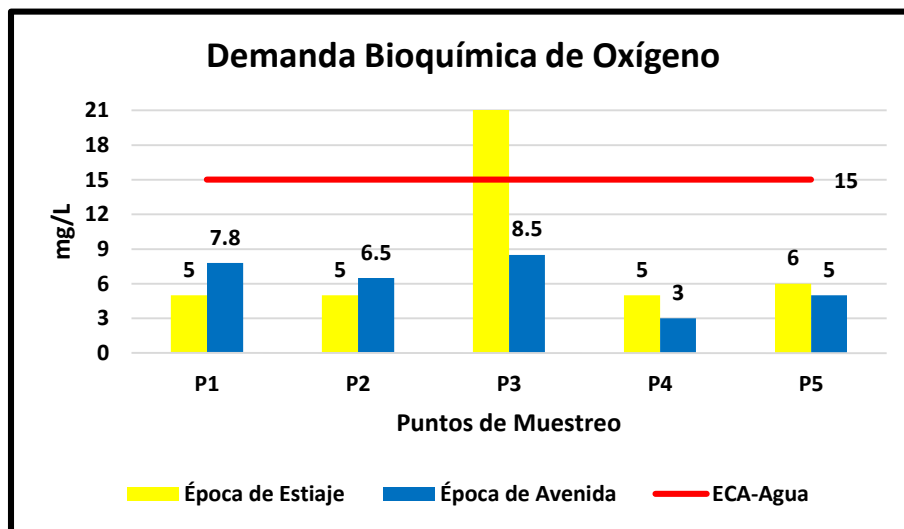
En la presente investigación se pudo observar que de todos los parámetros analizados en su gran mayoría si cumplen con las concentraciones establecidas dados en el D.S. N°004-2017-MINAM, ECA-Agua; a excepción de DBO, pH, oxígeno disuelto, aluminio, manganeso, plomo y coliformes termotolerantes, en ambas épocas de estiaje y avenida. Con respecto a los demás parámetros sí están dentro de las concentraciones establecidas según normativa.

4.3.1. Demanda bioquímica de oxígeno.

Los resultados de los análisis de demanda bioquímica de oxígeno reportan que en época de estiaje y avenida en los puntos P1, P2, P4 y P5, cumplen con los ECA-Agua que establece una concentración máxima de 15 mg/L de DBO, sin embargo, en el P3 para época de estiaje sobre pasa los ECA-Agua, pero para la época de avenida en dicho punto si cumple con la normativa.

Figura 4

Concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno



Los resultados que se obtuvieron para DBO fueron de 120 mg/L en el P3 siendo el valor más alto que se registró en el mes de noviembre que pertenece a la época de estiaje. Las concentraciones altas se relacionan con las precipitaciones que arrastraron grandes cantidades de materia orgánica, entre otros por el drenaje pluvial urbano, además el vertimiento de las aguas residuales sin tratamiento contribuye con cantidades de carga de materia orgánica que no son diluidas ni depuradas fácilmente demandando mayor oxígeno.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Yana (2014), quien en su investigación encontró una DBO mayor en el muestreo del mes de abril que fue de 81.55 mg/L y el menor en enero con concentración de 25.06 mg/L, estos resultados están influenciados por el ciclo de lluvias, el caudal y la concentración de materia orgánica. Por lo que se deduce que en los meses de época de avenida el nivel de DBO disminuye, pero en las épocas de estiaje este se incrementa (Gil, 2014).

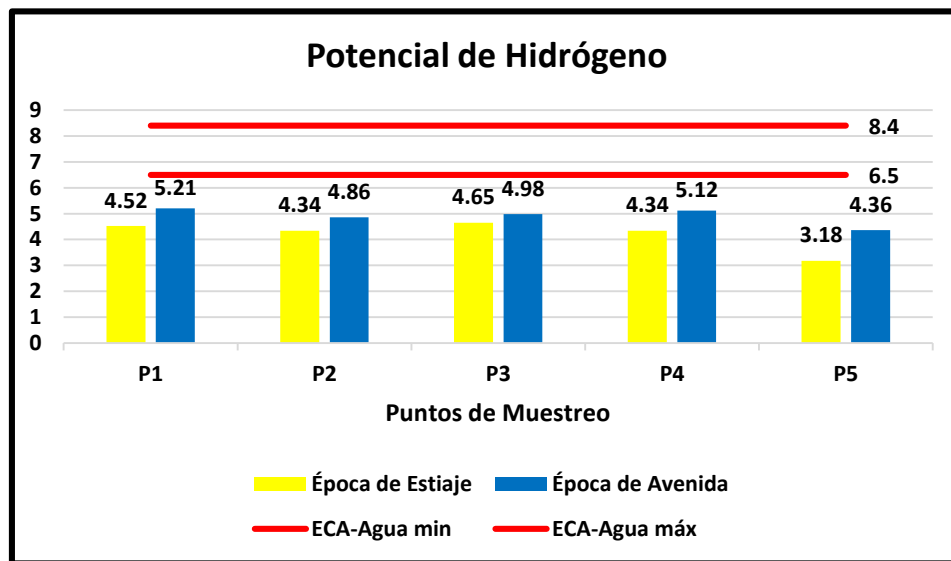
Tamani (2014), encontró valores que muestran una DBO mínimo de 2.58 mg/L y un valor máximo de 14.27 mg/L en la primera temporada del mes de febrero, el autor refiere que el agua del río presenta rastros de contaminación, que se debe a las conexiones directas de aguas residuales domésticas que poseen las viviendas cercanas al cauce del río. Peñafiel (2014), obtuvo un valor máximo de 10.12 mg/L y refiere que la DBO es mayor en caudales bajos, ya que a mayor temperatura aumenta la velocidad de biodegradación de la materia orgánica. Sin embargo, para Martínez (2006), refiere que encontró una DBO con un valor máximo de 37.9 mg/L en temporada seca y una mínima de 1.11 mg/L en temporada de lluvia.

4.3.2. Potencial de Hidrogeno (pH).

Los resultados de los análisis de las concentraciones del potencial de hidrógeno en las épocas de estiaje y avenida reportan que los 5 puntos de muestreo se encuentran fuera del rango (6.5 – 8.4), es decir, por debajo de la mínima concentración establecidos por ECA-Agua Categoría 3, D2.

Figura 5

Concentraciones de pH



En la figura 5 se observa la tendencia del pH en el curso del río Crucero, los valores de pH varían entre 3.18 a 5.21 unidades de pH en las dos épocas (estiaje y avenida), para los 5 puntos de monitoreo. Estos son valores que tienden a ser ligeramente ácidos; dichos valores están por debajo de los ECA-Agua, se observaron una disminución del valor de pH, recordando que los puntos de monitoreo están relacionados con el vertimiento de las aguas residual sin ningún tipo de tratamiento, y drenes de aguas pluviales urbanas con alto contenido de materia orgánica, las cuales en su descomposición generan ácidos húmicos (ácidos débiles) que aumentan la acidez en el agua del río Crucero.

Estos resultados tienen relación con lo que sostiene Martínez (2006), quien encontró un valor máximo de 7.99 y el mínimo de 5.92, asimismo señala que la tendencia a una disminución del pH se debe a la precipitación característica de la temporada de avenida y a la cantidad de materia orgánica disuelta.

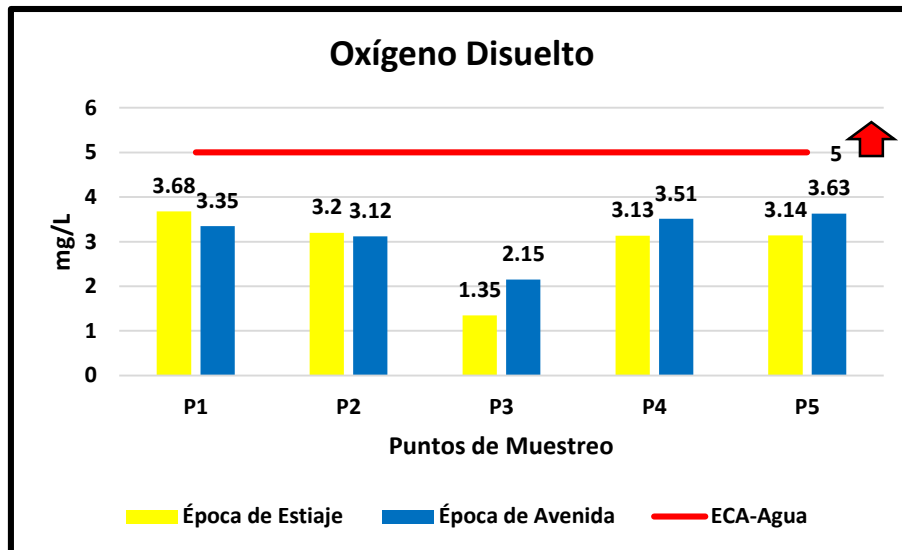
La acidez generalmente es el resultado de la presencia de ácidos débiles, particularmente de H_2CO_3 proveniente de la dilución de CO_2 atmosférico en el agua, también los ácidos orgánicos que provienen de la descomposición de materia vegetal o animal (Gonzales, Orozco, & Pérez, 2002).

4.3.3. Oxígeno disuelto.

Para este parámetro el Estándar de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3, sub categoría D2, estipula una concentración ≥ 5 de oxígeno disuelto, este parámetro fue evaluado en la época de estiaje y avenida, en los 5 puntos de monitoreo, obteniendo concentraciones menores a los establecido por la normativa, esto se visualiza en la figura 6.

Figura 6

Concentraciones de oxígeno disuelto



En la figura 6 se puede observar los resultados obtenidos en los puntos de muestreo para el Oxígeno Disuelto fueron 3.68 mg/L como valor más alto que se registró en P1 en la época de estiaje y el valor más bajo fue 1.35 mg/L en el P3 durante la época de estiaje, el contenido de OD está relacionado con la temperatura, que a mayor temperatura será menor la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y a menor temperatura es mayor la cantidad de oxígeno disuelto. Sin embargo, uno de los factores a considerar también es, el vertimiento de aguas residuales domésticas clandestinas y las escorrentías de los cultivos con presencia de fertilizantes ricos en materia orgánica.

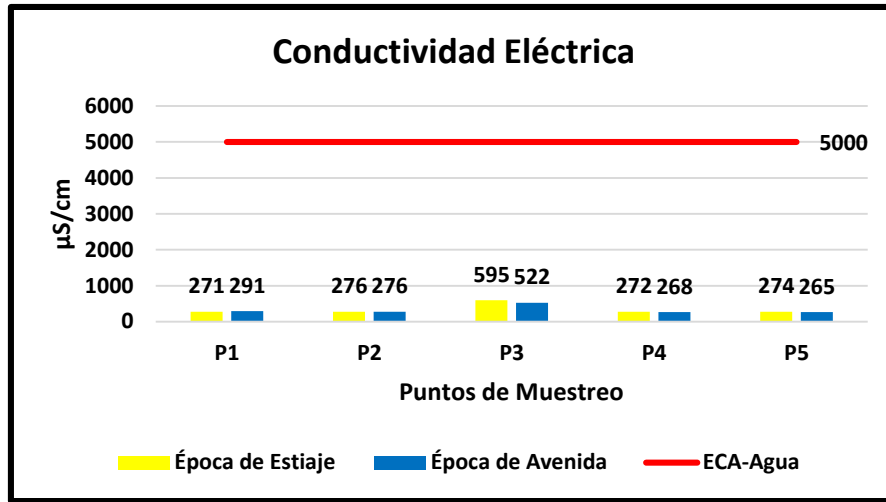
Peñañiel (2014), señala que el oxígeno disuelto generalmente decrece mientras el flujo de la corriente avanza hacia las zonas bajas, encontrando un valor mínimo de 4.41 mg/L. Esto indica que la calidad del agua es menor, ya sea por contaminación o por vertimiento de aguas residuales, el agua discurre lentamente lo cual disminuye el oxígeno disuelto, pues en los segmentos más lentos sin rápido o pendiente el agua se oxigena en menor grado.

4.3.4. Conductividad Eléctrica.

Los resultados obtenidos para los 5 puntos y las 2 épocas de estudio estiaje y avenida, reportan concentraciones menores al estándar establecido, todas las muestras cumplen con la normativa vigente en el ECA-Agua, categoría 3, D2, para este parámetro indica una concentración máxima de 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 7

Concentraciones de conductividad eléctrica



Ocasio (2008), encontró una conductividad eléctrica con un valor mínimo de 396.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un valor máximo de 436.86 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el autor refiere que obtuvo estos valores altos de conductividad en tiempos de lluvia y que está relacionada a las formaciones geológicas del lugar, donde los ríos y arroyos es afectada por la geología del área en cual el agua fluye. Por otro lado, Martinez (2006), obtuvo valores de conductividad con una máxima de 1878 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mínima de 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, menciona que los valores altos de conductividad eléctrica están estrechamente relacionados con la precipitación, puesto que la misma favorece la dilución de minerales, en especial si la naturaleza de dicha precipitación es acida y luego la escorrentía favorece el enriquecimiento del agua.

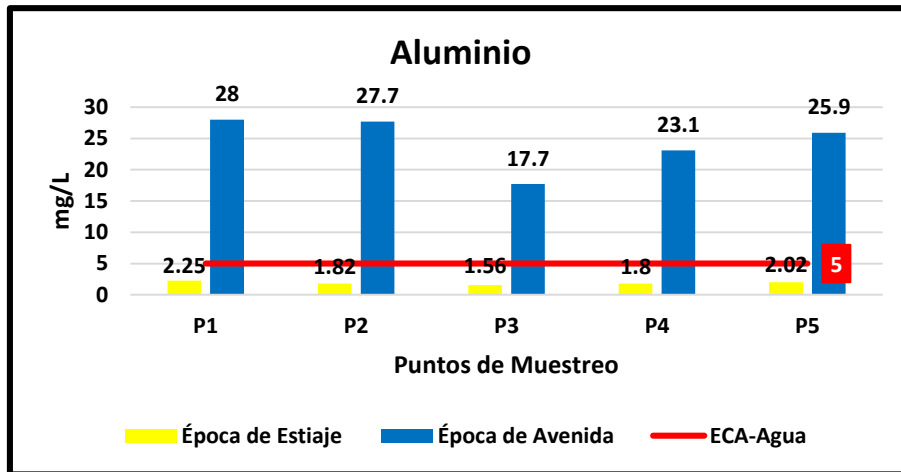
4.3.5. Aluminio.

Para este parámetro el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 3, establece como valor máximo 5 mg/L. según los resultados obtenidos para la época de estiaje se encontraron concentraciones bajas en los 5 puntos de monitoreo, sin embargo, para la época de

avenida se reportan concentraciones muy altas en los 5 puntos de monitoreo, en la figura 8 se visualiza los resultados para aluminio.

Figura 8

Concentraciones de aluminio

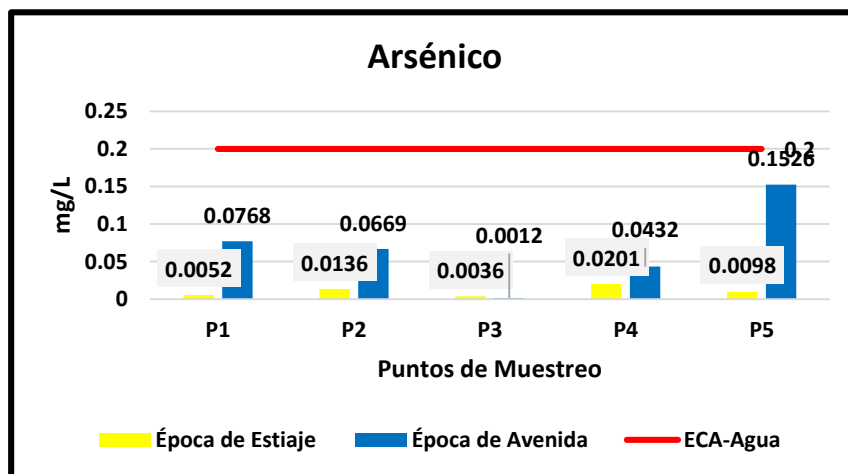


4.3.6. Arsénico.

Los resultados obtenidos para los 5 puntos y las épocas de estudio estiaje y avenida, reportan concentraciones menores al límite, todas las muestras cumplen con la normativa vigente en el ECA, categoría 3, D2, para este parámetro indica una concentración máxima de 0.2 mg/L.

Figura 9

Concentraciones de Arsénico

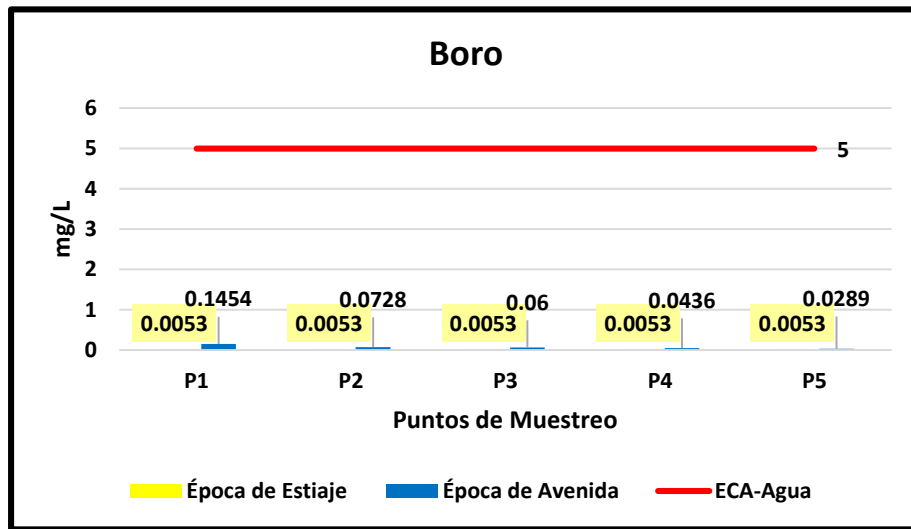


4.3.7. Boro.

Se evaluaron las concentraciones de boro con lo establecido en el ECA, categoría 3, D2, que establece una concentración máxima de 5 mg/L. en la figura 10 se muestran las concentraciones de los análisis del boro, donde los 5 puntos de monitoreo en ambas épocas (estiaje y avenida) están por debajo de lo establecido según la normativa.

Figura 10

Concentraciones de Boro

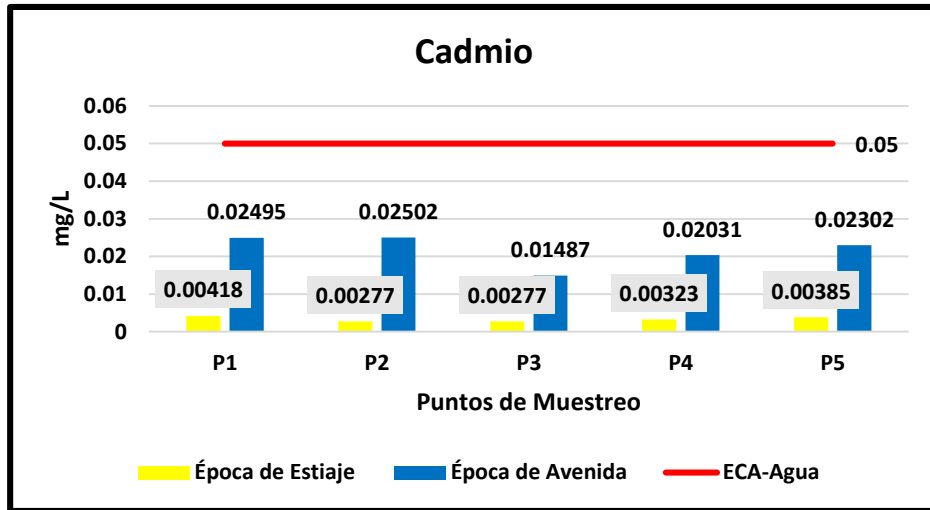


4.3.8. Cadmio.

En la figura 11 se muestran las concentraciones de los análisis del Cadmio. todas las muestras de agua tanto en época de estiaje como en avenida para los 5 puntos cumplen con el ECA, categoría 3, debido a que sus concentraciones se encuentran por debajo de 0.05 mg/L establecido por la Sub categoría D2.

Figura 11

Concentraciones de cadmio

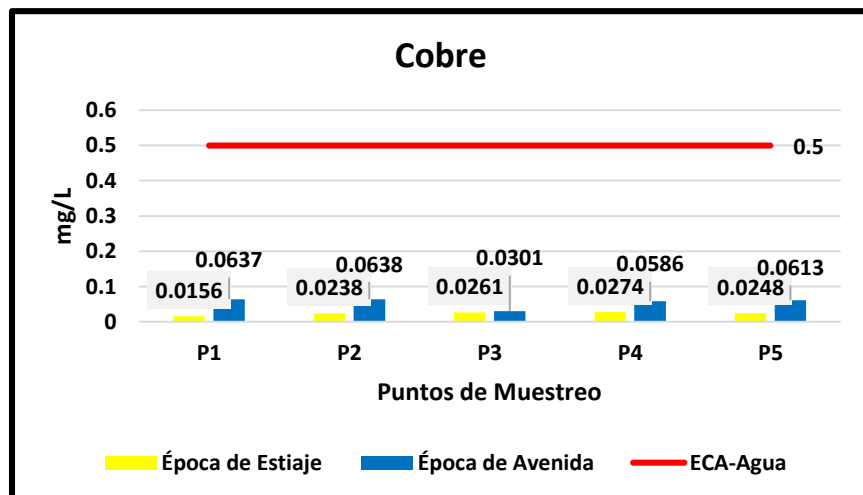


4.3.9. Cobre.

El ECA para agua Categoría 3, subcategoría D2, establece una concentración máxima de 0.5 mg/L de cobre. En las muestras de agua analizadas en los 5 puntos y en la época de estiaje y avenida, se encontraron concentraciones muy bajas que no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para este parámetro, en la figura 12 se visualiza las concentraciones de cobre.

Figura 12

Concentraciones de cobre

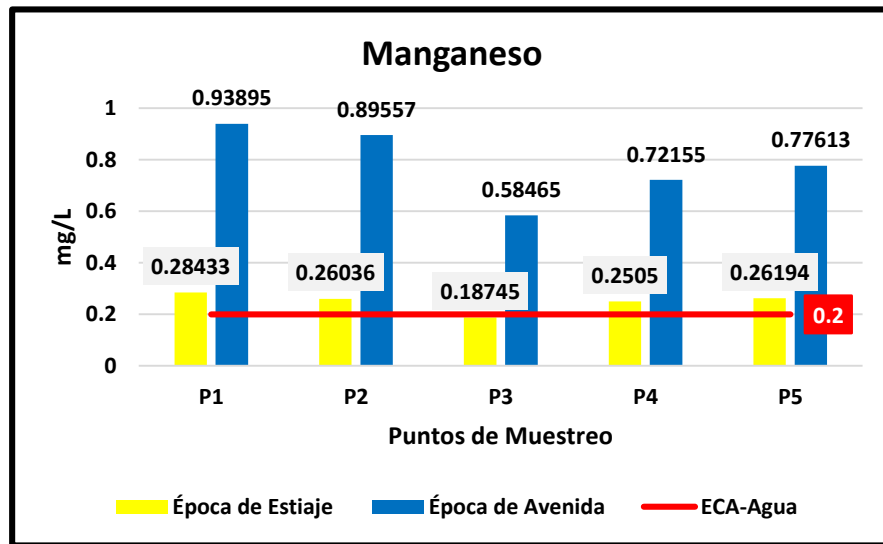


4.3.10. Manganeso.

El ECA para agua categoría 3, sub categoría D2, estipula una concentración máxima de 0.2 mg/L de manganeso. En las muestras de agua analizadas en el P1, P2, P4 y P5 para la época de estiaje se encontraron concentraciones que sobrepasan los ECA agua, excepto el P3 que está dentro de límite permitido, sin embargo, para la época de avenida en los 5 puntos de muestreo se encontraron concentraciones muy altas comparado con la normativa.

Figura 13

Concentraciones de manganeso



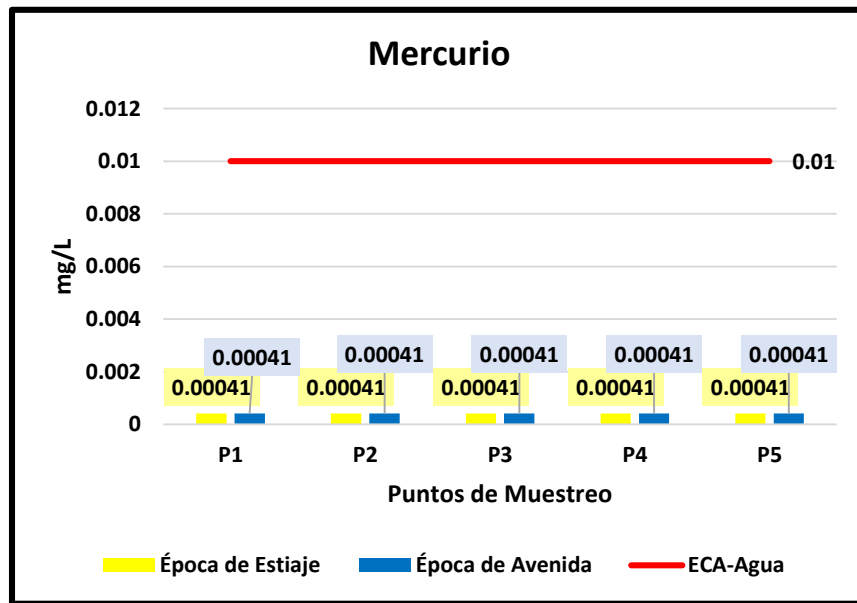
Gonzales (2018) en la investigación que realizó sobre análisis y evaluación de la calidad de agua para consumo humano y propuesta de la tecnología apropiada para su desinfección a escala domiciliaria, de las fuentes de agua de Macasha, evidencia que los valores sobrepasan los ECA-Agua (Mn: 0.3445 mg/L), esto debido a la disolución de rocas y minerales por corrientes de aguas superficiales.

4.3.11. Mercurio.

Los resultados de los análisis de Mercurio reportan que en época de estiaje y avenida en los puntos P1, P2, P4 y P5, cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para agua que establece una concentración máxima de 0.01 mg/L de Mercurio.

Figura 14

Concentraciones de mercurio

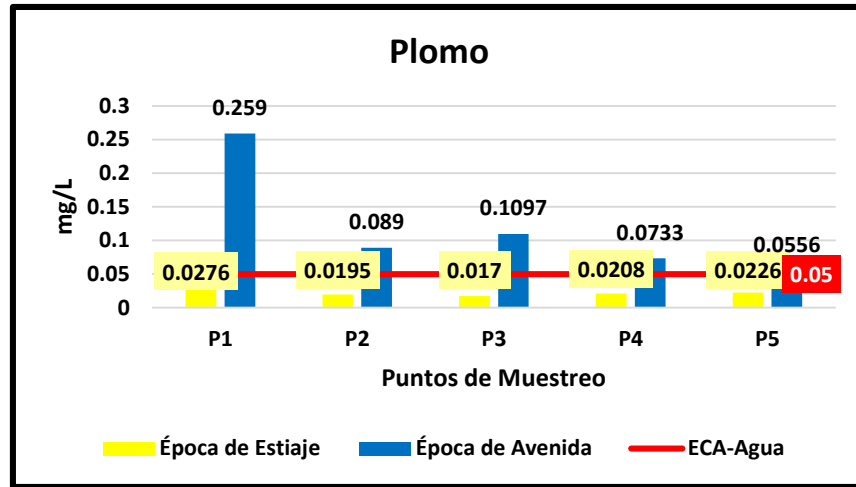


4.3.12. Plomo.

Los resultados reportados de las concentraciones de plomo para la época de estiaje en los 5 puntos de monitoreo poseen una concentración menor a 0.05 mg/L, cumpliendo con el ECA, sin embargo, para la época de avenida en los 5 puntos exceden los valores establecidos por la normativa.

Figura 15

Concentraciones de plomo

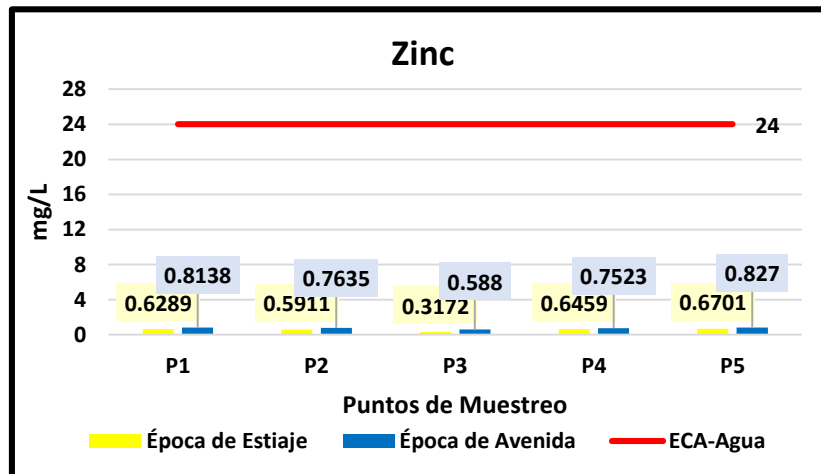


4.3.13. Zinc.

El ECA para agua Categoría 3, subcategoría D2, establece una concentración máxima de 24 mg/L de zinc. En las muestras de agua analizadas en los 5 puntos y en la época de estiaje y avenida, se encontraron concentraciones muy bajas dando a entender que no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental-Agua para este parámetro, en la figura 16 se visualiza las concentraciones de Zinc.

Figura 16

Concentraciones de zinc

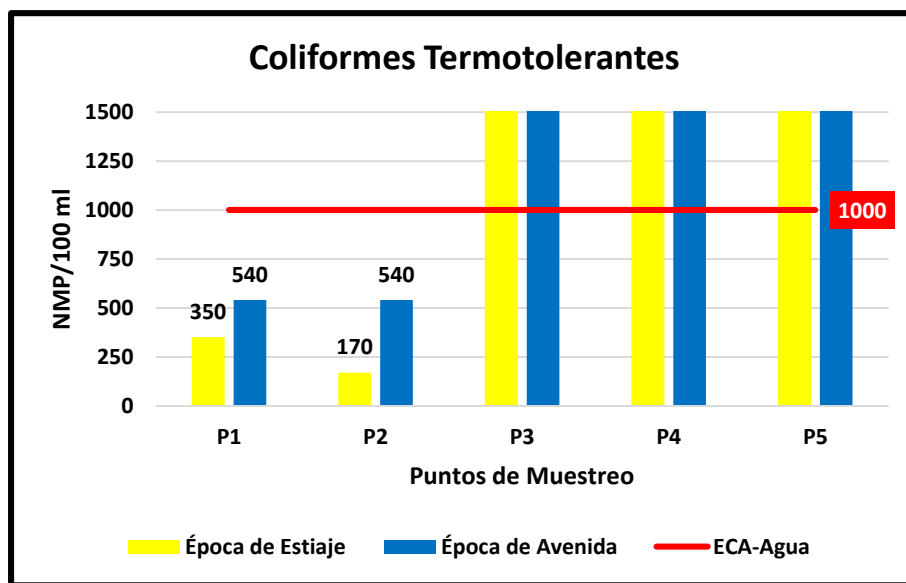


4.3.14. Coliformes Termotolerantes.

Las concentraciones de coliformes termotolerantes obtenidos por el laboratorio y la comparación respectiva del cumplimiento del ECA-Agua, Categoría 3, D2 que establece una concentración máxima de 1000 NMP/100 ml, está representada en la siguiente figura 17, donde se observa que en el P1 y P2 en ambas épocas estiaje y avenida cumple con el ECA, sin embargo, en los puntos P3, P4 y P5 en ambas épocas(estiaje y avenida) exceden con concentración muy altas con relación a lo estipulado en el ECA-Agua.

Figura 17

Concentraciones de coliformes termotolerantes



Como se muestra en la figura 17 los resultados obtenidos en los puntos de muestreo P3, P4 y P5 para Coliformes Termotolerantes fueron 9200000, 920000, 54000 NMP/100 ml respectivamente, siendo el valor más alto en el P3, y el valor más bajo fue 170 NMP/100 ml en el P2, que se obtuvieron en la época de estiaje. Así mismo, en los puntos de muestreo P3, P4 y P5 en la época de avenida también se obtuvieron valores mucho más altos 9200000, 920000, 54000 NMP/100 ml respectivamente, y en los P1 y P2 se obtuvieron valores por debajo del ECA-Agua de

540 y 540 NMP/100 ml. Se considera al vertimiento de las aguas residuales del distrito de Crucero como principal fuente de contaminación, ya que no reciben ningún tipo de tratamiento, contaminando de esta manera el río con gran carga contaminante de Coliformes Termotolerantes, afectando a la salud de los animales ya que es la única fuente de consumo de agua de los animales que son pastados en las riberas del río Crucero.

Ocasio (2008), indica, aunque en estaciones diferentes la concentración de coliformes termotolerantes aumenta en eventos de lluvia. Este tipo de contaminación se encuentra en ambos eventos, lo cual indica que el río acarrea una concentración que aumenta por la escorrentía pluvial.

4.4. Resultados de los Índices de Calidad ICA – PE, CCME-WQI e ICARHS

4.4.1. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) en Época de Estiaje.

Los valores obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) en época de estiaje para los 5 puntos de monitoreo se detallan en la tabla 12.

Tabla 12

Valores obtenidos del cálculo del ICA-PE en época de estiaje

| Punto | F1 | F2 | F3 | Valor ICA-PE | Calificación ICA-PE |
|-------|------|------|-------|--------------|---------------------|
| P1 | 0.21 | 0.21 | 8.01 | 95.37 | Excelente |
| P2 | 0.21 | 0.21 | 8.87 | 94.87 | Excelente |
| P3 | 0.29 | 0.29 | 99.97 | 42.28 | Malo |
| P4 | 0.29 | 0.29 | 71.63 | 58.64 | Regular |
| P5 | 0.29 | 0.29 | 71.97 | 58.45 | Regular |

Nota: F1 (Alcance), F2 (Frecuencia), F3(Amplitud)

La tabla 12 muestra los resultados de alcance, frecuencia y amplitud calculadas para cada punto de monitoreo. El valor resultante del ICA-PE en época de estiaje interpretamos de acuerdo a la tabla 1 Interpretación de la Calificación del ICA-PE.

El P1 y P2 se encuentran en el rango de (90-100), indicando que existe calidad de agua excelente: interpretando que “la calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daño, su condición está muy cercanas a niveles naturales o deseables”. El P3 se encuentra en el rango de (30-44), indicando que existe calidad de agua: mala, interpretando que “la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento”. El P4 y P5, se encuentran en el rango de (45-74), indicando que la calidad de agua es: regular, interpretando que “la calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Mucho de los usos necesitan tratamiento”.

4.4.2. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad Agua (ICA-PE) en Época de Avenida.

Los valores obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) en época de avenida para los 5 puntos de monitoreo son los que se detallan en la tabla 13. Donde muestran los resultados de alcance, frecuencia y amplitud calculadas para cada punto de monitoreo. El valor resultante del ICA-PE en época de avenida interpretamos de acuerdo a la tabla 1 Interpretación de la Calificación del ICA-PE.

Tabla 13*Valores obtenidos del cálculo del ICA-PE en época de avenida*

| Punto | F1 | F2 | F3 | Valor ICA-PE | Calificación ICA-PE |
|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------------------|
| P1 | 0.36 | 0.36 | 48.56 | 71.96 | Regular |
| P2 | 0.36 | 0.36 | 41.02 | 76.31 | Bueno |
| P3 | 0.43 | 0.43 | 99.85 | 42.35 | Malo |
| P4 | 0.43 | 0.43 | 87.54 | 49.46 | Regular |
| P5 | 0.43 | 0.43 | 81.34 | 53.04 | Regular |

Nota: F1 (Alcance), F2 (Frecuencia), F3(Amplitud)

Los puntos P1, P4 y P5 se encuentran en el rango de (45-74), indicando que la calidad del agua es: regular, interpretando que “la calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Mucho de los usos necesitan tratamiento”. El P2 se encuentra dentro del rango (75 - 89), indicando que existe calidad de agua: bueno, interpretando que “la calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud”. El P3 se encuentra dentro del rango (30 - 44), indicando que existe calidad de agua: en la calificación de malo, interpretando que “la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento”.

4.4.3. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en Época de Estiaje.

Los valores obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en época de estiaje para los 5 puntos de monitoreo son los que se detallan en la tabla 14.

Tabla 14

Valores obtenidos del cálculo de CCME-WQI en época de estiaje

| Punto | F1 | F2 | F3 | Valor CCME-WQI | Calificación CCME-WQI |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|------------------------------|
| P1 | 21.43 | 21.43 | 8.01 | 81.90 | Bueno |
| P2 | 21.43 | 21.43 | 8.87 | 81.77 | Bueno |
| P3 | 28.57 | 28.57 | 99.97 | 37.74 | Pobre |
| P4 | 28.57 | 28.57 | 71.63 | 52.52 | Marginal |
| P5 | 28.57 | 28.57 | 71.97 | 52.35 | Marginal |

Nota: F1 (Alcance), F2 (Frecuencia), F3(Amplitud)

La tabla 14 se presentan los resultados de alcance, frecuencia y amplitud calculadas para cada punto de monitoreo. El valor resultante del CCME-WQI en época de estiaje interpretamos de acuerdo a la tabla 2 Interpretación de la calificación del CCME-WQI.

En P1 y P2 se encuentran en el rango de (80-94) con una calificación: bueno, se interpreta que “la calidad del agua esta con un grado menor de deterioro o amenaza, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables”. El P3 se encuentra dentro del rango de (0-44), con una calificación: pobre, se interpreta que “la calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables”. El P4 y P5, se

encuentra dentro del rango (45-64), interpretando que “la calidad del agua es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables”.

4.4.4. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en Época de Avenida.

Los valores obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) en época de avenida para los 5 puntos de monitoreo son los que se detallan en la tabla 15.

Tabla 15

Valores obtenidos del cálculo de CCME-WQI en época de avenida

| Punto | F1 | F2 | F3 | Valor CCME-WQI | Calificación CCME-WQI |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|------------------------------|
| P1 | 35.71 | 35.71 | 48.56 | 59.55 | Marginal |
| P2 | 35.71 | 35.71 | 41.02 | 62.43 | Marginal |
| P3 | 42.86 | 42.86 | 99.85 | 32.56 | Pobre |
| P4 | 42.86 | 42.86 | 87.54 | 38.52 | Pobre |
| P5 | 42.86 | 42.86 | 81.34 | 41.43 | Pobre |

Nota: F1 (Alcance), F2 (Frecuencia), F3(Amplitud)

La tabla 15, presenta los resultados de alcance, frecuencia y amplitud calculadas para cada punto de monitoreo. El valor resultante del CCME-WQI en época de avenida interpretamos de acuerdo a la tabla 2 Interpretación de la calificación del CCME-WQI.

Los puntos P1 y P2, se encuentran dentro del rango de (45-64), con una calificación: marginal, interpretando que “la calidad del agua es frecuentemente deteriorada o amenazada, las

condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables”. Los puntos P3, P4 y P5, se encuentra dentro del rango de (0-44), con una calificación: pobre, interpretando que la “calidad del agua casi siempre presenta deterioro y las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables”.

4.4.5. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en Época de Estiaje.

Los valores obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en época de estiaje para los 5 puntos de monitoreo son los que se detallan en la tabla 16.

Tabla 16

Valores obtenidos del cálculo de ICARHS en época de estiaje

| Punto | F1 | F2 | F3 | Valor ICARHS | Calificación ICARHS |
|-------|------|------|-------|--------------|---------------------|
| P1 | 0.27 | 0.27 | 9.97 | 94.24 | Bueno |
| P2 | 0.27 | 0.27 | 11.02 | 93.63 | Bueno |
| P3 | 0.36 | 0.36 | 99.98 | 42.27 | Pésimo |
| P4 | 0.36 | 0.36 | 76.27 | 55.97 | Malo |
| P5 | 0.36 | 0.36 | 76.57 | 55.79 | Malo |

Nota: F1 (Alcance), F2 (Frecuencia), F3(Amplitud)

La tabla 16, presenta los resultados de alcance, frecuencia y amplitud calculados para cada punto de monitoreo.

En P1 y P2 se encuentran en el rango de (80-94) con una calificación: buena, se interpreta que “la calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables”. El P3 se encuentra dentro del rango de (0-44), con una calificación: pésimo, se interpreta que “la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento”. El P4 y P5, se encuentra dentro del rango (45-64), con una calificación: malo, interpretando que “la calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento”.

4.4.6. Resultados del Cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en Época de Avenida.

Los valores obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en época de avenida para los 5 puntos de monitoreo son los que se detallan en la tabla 17.

Tabla 17

Valores obtenidos del cálculo de ICARHS en época de avenida

| Punto | F1 | F2 | F3 | Valor ICARHS | Calificación ICARHS |
|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------------------|
| P1 | 0.45 | 0.45 | 54.57 | 68.49 | Regular |
| P2 | 0.45 | 0.45 | 46.96 | 72.89 | Regular |
| P3 | 0.55 | 0.55 | 99.88 | 42.33 | Pésimo |
| P4 | 0.55 | 0.55 | 89.94 | 48.07 | Malo |
| P5 | 0.55 | 0.55 | 84.73 | 51.08 | Malo |

Nota: F1 (Alcance), F2 (Frecuencia), F3(Amplitud)

La tabla 17 presenta los resultados de alcance, frecuencia y amplitud calculadas para cada punto de monitoreo.

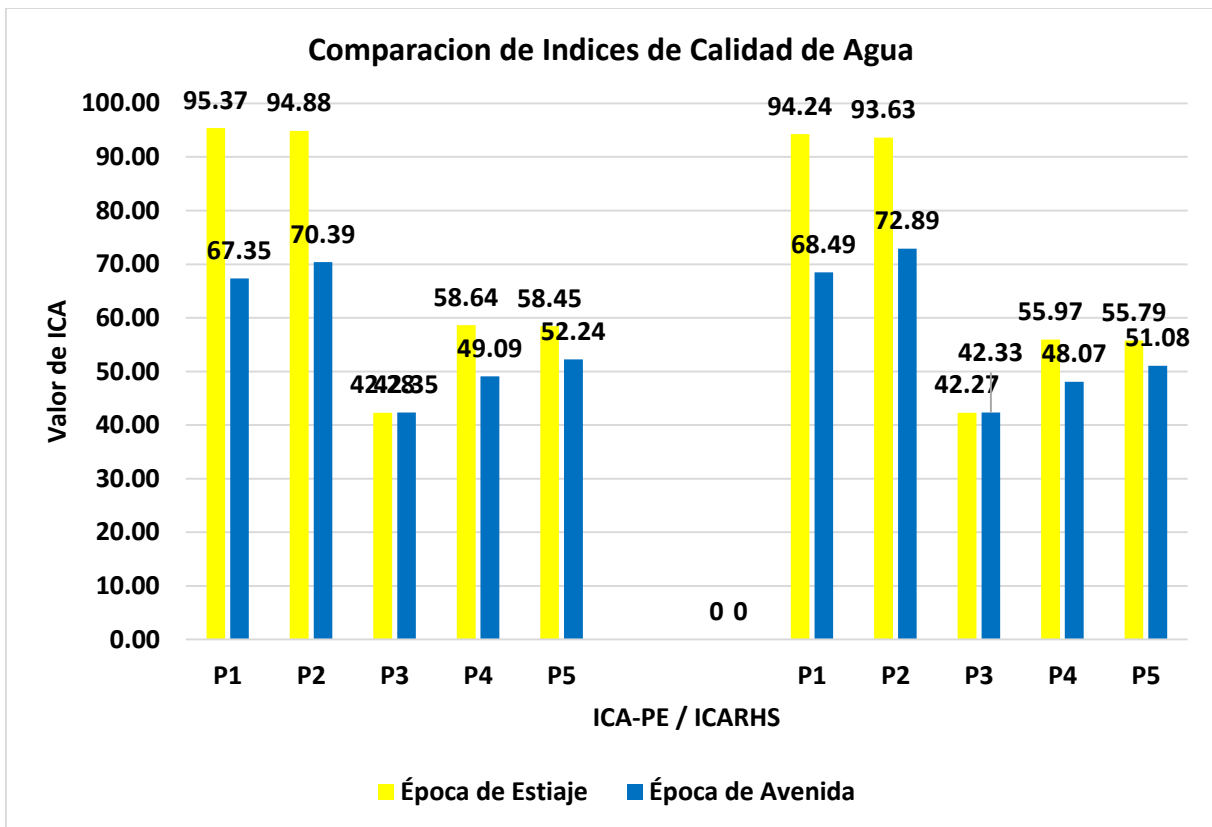
Los puntos P1 y P2 se encuentran dentro del rango (65-79), calificando: regular, interpretando que “la calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Mucho de los usos necesitan tratamiento. El P3 se encuentre del rango (0-44), con una calificación: pésima, interpretando que “la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento”. El P4 y P5 se encuentran dentro del rango de (45-64), con una clasificación: malo, interpretando que “la calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento”.

4.7. Comparación del índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y el índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)

En este apartado se presenta la figura, que representa una comparación de la Metodología del índice de Calidad de Agua (ICA-PE), respecto a la modificatoria metodológica denominada índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).

Figura 18

Comparación de ambas metodologías ICA-PE e ICARHS



Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Luego de las investigaciones realizadas, se determinaron que las concentraciones de los parámetros físico, químico, metales pesados y microbiológico del río Crucero en los 5 puntos de monitoreo y en ambas épocas (estiaje y avenida), en su gran mayoría cumplen y otras sobrepasan los ECA-Agua.

Los parámetros como: conductividad eléctrica, arsénico, boro, cadmio, cobre, cumplen con los Estándares de Calidad de Ambiental (ECA-Agua), para categoría 3, subcategoría D2, sin embargo, los parámetros pH, oxígeno disuelto, aluminio, manganeso, plomo, coliforme termotolerantes, son parámetros que no cumplen para ambas épocas (estiaje y avenida) con concentraciones por debajo de los establecido, no obstante para el parámetro de DBO en la época de estiaje en el P3 supera con lo establecido en la norma, sin embargo para el parámetro de aluminio en la época de estiaje en los 5 puntos de monitoreo los valores están dentro de lo establecido, pero para la época de avenida en los 5 puntos supera los ECA-Agua; de la misma manera para el parámetro plomo en la época de estiaje en los 5 puntos de monitoreo las concentraciones están dentro de lo establecido en el ECA agua y para la época de avenida en los 5 puntos sobrepasan los ECA agua, además el manganeso en la época de estiaje en el P3 es el único resultado que está dentro de los establecido en el ECA y en los demás puntos exceden los valores de la normativa, no obstante en la época de avenida en los cinco puntos no cumplen los Estándares de Calidad de Agua, y el parámetro coliformes termotolerantes en la época de estiaje y avenida para los puntos P1, P2 y P3 sus concentraciones están dentro de lo estipulado en la

normativa, sin embargo, para los P4 y P5, en ambas épocas superan excesivamente los valores establecidos en el ECA agua.

De igual forma, se evaluaron los valores del ICA-PE siguiendo la metodología establecida, para lo cual en época de estiaje para el P1 y P2 se obtuvo una calificación “EXCELENTE”, con un valor de 95.37 y 94.88, sin embargo, en el P3 se calificó al agua como “MALO” con un valor de 42.28, en los puntos P4 y P5 se tuvo una calificación “REGULAR” con un valor de 58.64 y 58.45 respectivamente. Así mismo se determinó los ICA-PE en la época de avenida teniendo como resultados para el P1, P4 y P5 se obtuvo una calificación de “REGULAR” con valores de 71.96, 49.46 y 53.04; en el P2 se obtuvo una calificación “BUENO” con valor de 76.31, sin embargo, para el P3 la calidad de agua es “MALO” con valor de 42.45.

De la misma manera se evaluó la calidad del agua aplicando la metodología del CCME-WQI, demostrando que en la época de estiaje en el P1 y P2 califica en categoría “BUENO” con valores de 81.90 y 81.77, no obstante, para P3 califica como “POBRE”, y para los puntos P4 y P5 los clasifíco dentro de la categoría “MARGINAL” con valores de 52.52 y 52.35. Así mismo se calculó el CCME-WQI para la época de avenida, en los P1 y P2 califica al agua como “MARGINAL”, así mismo para los puntos P3, P4 y P5 se obtuvo calificación de “POBRE” con valores de 32.56, 38.52 y 41.43.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda para otro trabajo de investigación, incluir el análisis del parámetro de DQO, ya que en el presente trabajo no se pudo realizar, así mismo, incluir más puntos de monitoreo, para obtener resultados más exactos.

Además, se recomienda a la Municipalidad Distrital de Crucero, ponga en funcionamiento su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para disminuir la contaminación de su propio río y puedan disfrutar del recurso hídrico de buena calidad. De no poder poner en funcionamiento, se recomienda diseñar y construir una nueva PTAR siguiendo especificaciones técnicas de un profesional.

Referencias

- Aguirre Cordon, M. R., Vanegas Chacón, E. A., & Garcia Álvarez, N. (2016). Aplicacion del Indice de Calidad del Agua (ICA). Caso de Estudio: Lago de Izagal, Guatemala. *Revista Ciencias Tecnicas Agropecuarias*, 39-43.
- Alva, L. J. (2018). Determinacion de la calidad de agua de la laguna Azul de Sauce para su uso segun Estandares de Calidad Ambiental.
- Alvarez J, P. A., Panta J, E. R., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrologicamente del rio Amajac. p 21-32.
- Autoridad Nacional del Agua. (ANA, 2018). Metodologia para la Determinacion del Indice de Calidad de Agua (ICA-PE).
- Benavides, A., Moreno, M., Sosa, M., Puga, S., Alcalá, J., & Quintana, C. (2008). Evaluacion de la Calidad del Agua en las Principales Lagunas del Estado de Chihuahua. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4(2), 84-88.
- Betancourt, C., Suárez, R., & Jorge, F. (2012). Influencia de los procesos naturales y antrópicos sobre la calidad del agua en cuatro embalses cubanos. *Limnetica*, 31(2) p. 193-204.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (CCME, 2001). Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report, In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

- Cardona, A. J. (2003). Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras. *Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza*, p,195.
- Carrillo Alvarado, M. S., & Urgilés Calle, P. D. (2016). Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los Ríos Mazar y Pindilig, 142. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>.
- Casilla Quispe, S. (2014). *Evaluacion de la Calidad de Agua en los diferentes puntos de descarga de la Cuenca del Rio Suchez*.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Cambridge, Inglaterra: E & FN Spon.
- Chávez Martínez, L. N. (2015). Evaluacion espacial y temporal del indice de calidad del agua del río Cazonen en Coatzintla. Ver.
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, A. R., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2015). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista del Instituto de Investigacion de la Facultad de Ingenieria Geologica, Minera*, 66-71.
- Fernandez, N., & Solano, F. (2005). Índices de Calidad y de Contaminación del Agua. Universidad de Pamplona.
- Flores Jacinto, P., Meléndez Estrada, J., & Amezcua Allieri, M. A. (2013). Propuesta de Índice de calidad de agua residual utilizando un modelo aritmetico ponderado. *Interciencia*, 38 (2) p. 145-149.

- Garcia, Q. (2012). Propuesta de indices de calidad de agua para ecosistemas hidricos de Chile.
Tesis para optar el titulo de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Gil, J. A. (2014). Determinacion de la Calidad del Agua mediante variables Fisico Quimicas y la Comunidad de Macroinvertebrados como Bioindicadores de Calidad del Agua en la Cuenca del Rio Garagoa. Colombia: Universidad de Manizales.
- González, M. I. (2012). Enfoque actual sobre la calidad microbiologica del agua de hemodialisis.
Revista Cubana de Salud Publica , 38 (2) p. 451- 462.
- Gonzales, M., Orozco, C., & Pérez, A. (2002). *Contaminacion ambiental: Una vision desde la quimica*. Madrid: 2da. ed.
- Gonzales, R. C. (2018). Análisis y evaluacion de la calidad de agua para consumo humano y propuesta de la tecnologia apropiada para su desinfeccion a escala domiciliaria, de las fuentes de agua de Macasha, Huaraz, Ancash-2016-2018.
- Gutierrez Cabana, V. R. (2018). *Evaluacion de la calidad de agua del rioo Coata en la desembocadura del rio Torococha utilizando el Indice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno-2018.*
- Hernández, A. (2016). *Depuracion y desinfeccion de aguas residuales* (Vol. 7a. ed.). España: Sintesis.
- Martinez, J. P. (2006). Determinacion de la calidad fisicoquimica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva de Ussos Multiples, Monterico. *Tesis npresentada para optar el titulo de Quimico. Universidad de San Carlos de Guatemala.*

- Mendoza Fuentes, M. A. (2018). Evaluacion Fisicoquimica de la Calidad del Agua Superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Region Ayacucho, Perú.
- Municipalidad Distrital de Crucero. (MDC, 2014). *Plan de Desarrollo Concertado al 2021 de la Municipalidad Distrital de Crucero, provincia de Carabaya, departamento de Puno.*
- Ocasio, F. A. (2008). Evaluacion de la Calidad del Agua y posibles fuentes de contaminacion en un segmento del Rio Piedras.
- OPS. (1988). Organización Panamericana de la Salud. guia para la calidad del agua potable.
- Organización Mundial de la Salud. (OMS, 2017). Agua, saneamiento e higiene: Calidad del agua potable. *Journal of Experimental Psychology General.*
- Pari Condori, J. (2017). *Determinacion de la Calidad de Agua del Rio Ilave, Zona Urbana del Distrito de Ilave, Puno-2016.*
- Peñañiel, A. G. (2014). Evaluacion de la calidad del agua del rio Tomebamba mediante el indice oca del Instituto Mexicano de Tecnologia del agua. *Tesis para optar el grado de titulo de Ingeniero Civil.* Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Pérez Alvarado, J. K. (2017). *Determinacion del Indice de Calidad del Agua del rio Moquegua por influencia del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-OMO, durante el peridodo de 2014-2015.* Moquegua-Perú.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (PNUD, 2006). *Informe sobre Desarrollo Humano.*
- Rodriguez Flores, R. G. (2019). *Evaluación de la Calidad del Agua en la Cuenca Chancay-Lambayeque (PERÚ) en terminos de Indices de Calidad del Agua ICA-PE y NSF-WQI.*

Rodriguez, M. e. (2011). Calidad del Recurso Hidrico de Bogota. Universidad de los Andes.

Saravia. (2007). "Contaminacion del agua".

SENAMHI. (2018). Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia del Peru.

SENAMHI. (2019). Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Peru.

Silva, M. (2018). Evaluacion del grado de afectacion de la Calidad del Agua del rio Tumbres y propuesta de recuperacion sector Peruano-año 2011 al 2014. Tumbes, Peru.


Tamani, Y. H. (2014). Evaluacion de la Calidad de Agua del Rio Negro en la Provincia de Padre Abad, Aguaytia. Tingo Maria-Peru. Tingo Maria-Peru: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Teves Aguirre, B. M. (2016). Estudio Fisicoquimico de la Calidad del Agua del Rio Cacara, Region Lima. Indian Forester.

Yana, E. (2014). Contaminacion por materia organica en el rio Torococha de la ciudad de Juliaca.


ANEXOS

Anexo A. Informes de Laboratorio



LAS
Laboratorios Analíticos del Sur

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02632

Fecha de emisión : 10/12/2018 Página 1 de 5

Señores : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
 Dirección : JR. CALIXTO ARÉSTEGUI # 371 JULIACA - PUNO
 Atención : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
 Proyecto : PROYECTO DE INVESTIGACION

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE Fecha de recepción : 01/12/2018
 Registro de muestreo : 420-18 Fecha de ensayo : 01/12/2018
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 5

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra | (c) Lugar de muestreo | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|--|--|---|--|---------------------------------|--------------------------------|
| AG18001098 | Agua Natural - Superficial - Agua de Río Crucero - Puente Crucero (P1-A) | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | PUENTE CRUCERO / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0391491 N:8411181 ALTURA:4130 ZONA:19L | 30/11/2018 | 12:45 |
| AG18001099 | Agua Natural - Superficial - Agua de Río Crucero - Fundicion (P2-B) | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | FUNDICION / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0390293 N:8411095 ALTURA:4128 ZONA:19L | 30/11/2018 | 13:45 |
| AG18001100 | Agua Natural - Superficial - Agua de Río Crucero - Ichu Quillohuata (P3-C) | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | ICHUQUILLOHUATA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0388981 N:8411415 ALTURA:4126 ZONA:19L | 30/11/2018 | 14:28 |
| AG18001101 | Agua Natural - Superficial - Agua de Río Crucero - Choclopampa (P4-D) | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | CHOCLOPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0387839 N:8411450 ALTURA:4125 ZONA:19L | 30/11/2018 | 15:23 |
| AG18001102 | Agua Natural - Superficial - Agua de Río Crucero - Quisipampa (P5-E) | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | QUISIPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0386046 N:8412289 ALTURA:4125 ZONA:19L | 30/11/2018 | 15:54 |

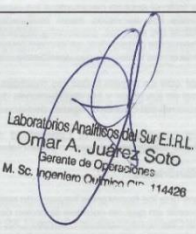
(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico C. 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 *<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4722



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N.ºE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02632

Fecha de emisión : 10/12/2018

Página 2 de 5

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *823 | 796 | 800 | 802 | | | | | |
|-----------------------|--|----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| | | Cl- mg/L | As mg/L | Hg mg/L | Ag mg/L | Al mg/L | B mg/L | Ba mg/L | Be mg/L | Ca mg/L |
| AG18001098 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Puente Crucero (P1-A) | 1,0 | 0,0052 | ≤0,00041 | ≤0,0024 | 2,25 | ≤0,0053 | 0,10949 | 0,000379 | 42,9 |
| AG18001099 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Fundicion (P2-B) | 1,6 | 0,0136 | ≤0,00041 | ≤0,0024 | 1,82 | ≤0,0053 | 0,10064 | 0,000324 | 40,9 |
| AG18001100 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Ichu Quillohuata (P3-C) | 28,8 | 0,0036 | ≤0,00041 | ≤0,0024 | 1,56 | ≤0,0053 | 0,10385 | ≤0,000079 | 34,3 |
| AG18001101 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Choclopampa (P4-D) | 2,4 | 0,0201 | ≤0,00041 | ≤0,0024 | 1,80 | ≤0,0053 | 0,10263 | 0,000318 | 39,1 |
| AG18001102 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Quisipampa (P5-E) | 1,3 | 0,0098 | ≤0,00041 | ≤0,0024 | 2,02 | ≤0,0053 | 0,10462 | 0,000386 | 39,5 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | K mg/L | Li mg/L | Mg mg/L | Mn mg/L |
| AG18001098 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Puente Crucero (P1-A) | 0,00418 | 0,005836 | 0,00253 | 0,0156 | 5,70 | 1,91 | 0,01900 | 8,187 | 0,28433 |
| AG18001099 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Fundicion (P2-B) | 0,00277 | 0,004367 | 0,00311 | 0,0238 | 4,61 | 1,90 | 0,01915 | 7,935 | 0,26036 |
| AG18001100 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Ichu Quillohuata (P3-C) | 0,00277 | 0,000998 | 0,00295 | 0,0261 | 4,26 | 10,5 | 0,01277 | 10,10 | 0,18745 |
| AG18001101 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Choclopampa (P4-D) | 0,00323 | 0,005032 | 0,00295 | 0,0274 | 4,63 | 1,92 | 0,01930 | 7,823 | 0,25050 |
| AG18001102 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Quisipampa (P5-E) | 0,00385 | 0,004463 | 0,00171 | 0,0248 | 5,14 | 1,92 | 0,01935 | 7,756 | 0,26194 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|-----------|----------|
| | | Mo mg/L | Na mg/L | Ni mg/L | P mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | SiO2 mg/L | Sn mg/L |
| AG18001098 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Puente Crucero (P1-A) | ≤0,000038 | 4,47 | 0,00623 | 0,1786 | 0,0276 | ≤0,00049 | ≤0,002 | 13,48 | ≤0,00085 |
| AG18001099 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Fundicion (P2-B) | 0,00156 | 4,77 | 0,00458 | 0,1821 | 0,0195 | ≤0,00049 | ≤0,002 | 12,60 | ≤0,00085 |
| AG18001100 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Ichu Quillohuata (P3-C) | ≤0,000038 | 32,0 | 0,00357 | 3,399 | 0,0170 | ≤0,00049 | 0,0423 | 14,68 | ≤0,00085 |
| AG18001101 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Choclopampa (P4-D) | 0,00134 | 4,69 | 0,00634 | 0,1865 | 0,0208 | ≤0,00049 | ≤0,002 | 12,03 | ≤0,00085 |
| AG18001102 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Quisipampa (P5-E) | 0,00078 | 4,78 | 0,00557 | 0,2046 | 0,0226 | ≤0,00049 | ≤0,002 | 12,64 | ≤0,00085 |

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

≤<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o con normas de un sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Ujaez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico N° 11426

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4723



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



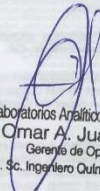
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02632

Fecha de emisión : 10/12/2018

Página 3 de 5

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | 859 |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|---------|--------|--------|
| | | Sr | Tl | Tl | V | Zn | DBO-5 |
| | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| AG18001098 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Puente Crucero (P1-A) | 0,2452 | 0,02388 | <0,0013 | 0,00616 | 0,6289 | 5,0 |
| AG18001099 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Fundicion (P2-B) | 0,2362 | 0,02082 | <0,0013 | 0,00456 | 0,5911 | 5,0 |
| AG18001100 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Ichu Quillohuata (P3-C) | 0,2284 | 0,02218 | <0,0013 | 0,00334 | 0,3172 | 120,00 |
| AG18001101 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Choclopampa (P4-D) | 0,2289 | 0,02203 | <0,0013 | 0,00501 | 0,6459 | 5,0 |
| AG18001102 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Quispampa (P5-E) | 0,2276 | 0,02306 | <0,0013 | 0,00544 | 0,6701 | 6,0 |


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 <Valor numérico = Límite de detección del método, <Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02632

Fecha de emisión : 10/12/2018

Página 4 de 5

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 872 |
|-----------------------|---|-----------------------------|
| | | Coliformes Fecal NMP/100 mL |
| AG18001098 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Puente Crucero (P1-A) | 350 |
| AG18001099 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Fundicion (P2-B) | 170 |
| AG18001100 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Ichu Qullohuata (P3-C) | 54x10 ³ |
| AG18001101 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Choclopampa (P4-D) | 35x10 ³ |
| AG18001102 | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio Crucero - Quisipampa (P5-E) | 35x10 ³ |

José A. Ortiz Condori
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 José A. Ortiz Condori
 Microbiología
 Biólogo C.B.P. 13052

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico> = Límite de detección del método, <Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

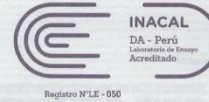
Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4725



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02632

Fecha de emisión : 10/12/2018

Página 5 de 5

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

| Código | Título | Rango |
|--------|---|------------------------------------|
| *823 | Ion cloruro en agua: SMEWW, 22 nd Ed. Item 4500-Cl- Part. C. Mercuric Nitrate Method | [^b 0.82 - 1000] mg/L |
| 796 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.0012 - 50] mg/L |
| 800 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.00041 - 250] mg/L |
| 802 | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.0005 - 2.5] mg/L |
| 859 | Ensayo de demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed (5g Método Iodo métrico Azida Sódico). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.5 - 20000] mg/L |
| 872 | Numeración de Coliformes Fecales (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 22nd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group , Fecal Coliform Procedures(EG Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 1.8 -] NMP/100 mL |

* : Límite detección ^b : Límite de cuantificación

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4726



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00076

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 1 de 4

Señores : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Dirección : JR. CALIXTO ARETEGUI # 371 JULIACA - PUNO
Atención : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Proyecto : PROYECTO DE INVESTIGACION

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Registro de muestreo : 047-19
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 31/01/2019
Fecha de ensayo : 31/01/2019
Nro de muestras : 1

Table with 7 columns: Cod. Interno L.A.S., (c) Nombre de muestra, (c) Matriz de la muestra, (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart., (c) Punto de muestreo y/o coordenadas, (c) Fecha de inicio de muestreo, (c) Hora de inicio de muestreo. Row 1: AG19000087, AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A), Agua Natural - Superficial - Agua de Rio, PUENTE CRUCERO / CRUCERO / CARABAYA / PUNO, E:0391507 N:8411158 ZONA:19L ALTURA:4137 m.s.n.m., 30/01/2019, 7.10

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-

Handwritten signature in blue ink

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico> = Límite de detección del método, >Valor Numérico< = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5609



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00077

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 1 de 4

Señores : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Dirección : JR. CALIXTO ARESTEGUI # 371 JULIACA - PUNO
Atención : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Proyecto : PROYECTO DE INVESTIGACION

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Registro de muestreo : 047-19
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 31/01/2019
Fecha de ensayo : 31/01/2019
Nro de muestras : 1

Table with 7 columns: Cod. Interno L.A.S., (c) Nombre de muestra, (c) Matriz de la muestra, (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart., (c) Punto de muestreo y/o coordenadas, (c) Fecha de inicio de muestreo, (c) Hora de inicio de muestreo. Row 1: AG19000088, AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B), Agua Natural - Superficial - Agua de Rio, FUNDICION / CRUCERO / CARABAYA / PUNO, E:0390582 N:8411268 ZONA:19L ALTURA:4132 m.s.n.m., 30/01/2019, 7:44

(c) : datos proporcionados por el cliente

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

Handwritten signature of Omar A. Juárez Soto, Gerente de Operaciones, M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico = Límite de detección del método, * <Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.

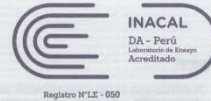
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5613



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



Laboratorios Analíticos del Sur

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00078

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 1 de 4

Señores : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Dirección : JR. CALIXTO ARESTEGUI # 371 JULIACA - PUNO
Atención : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Proyecto : PROYECTO DE INVESTIGACION

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Registro de muestreo : 047-19
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 31/01/2019
Fecha de ensayo : 31/01/2019
Nro de muestras : 1

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra | (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart. | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|---|--|---|--|---------------------------------|--------------------------------|
| AG19000089 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio | ICHUQUILLOHUATA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0388982 N:8411415 ZONA:19L ALTURA:4124 m.s.n.m. | 30/01/2019 | 9:33 |


(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^o<Valor numérico> = Límite de detección del método, ⁿ<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5617



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00079

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 1 de 4

Señores : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Dirección : JR. CALIXTO ARESTEGUI # 371 JULIACA - PUNO
Atención : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Proyecto : PROYECTO DE INVESTIGACION

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Registro de muestreo : 047-19
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 31/01/2019
Fecha de ensayo : 31/01/2019
Nro de muestras : 1

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra | (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart. | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|---|--|--|---|---------------------------------|--------------------------------|
| AG19000090 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-A) | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio | CHOCLOPAMPA/ CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E:0387739 N:8411501 ZONA:19L ALTURA:4125 m.s.n.m. | 30/01/2019 | 10:12 |

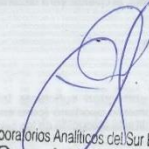
(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00080

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 1 de 4

Señores : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Dirección : JR. CALIXTO ARETEGUI # 371 JULIACA - PUNO
Atención : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Proyecto : PROYECTO DE INVESTIGACION

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
Registro de muestreo : 047-19
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 31/01/2019
Fecha de ensayo : 31/01/2019
Nro de muestras : 1

Table with 7 columns: Cod. Interno L.A.S., (c) Nombre de muestra, (c) Matriz de la muestra, (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart., (c) Punto de muestreo y/o coordenadas, (c) Fecha de inicio de muestreo, (c) Hora de inicio de muestreo. Row 1: AG19000091, AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISPAMPA (P5-E), Agua Natural - Superficial - Agua de Rio, QUISPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO, E:0386046 N:8412269 ZONA:19L ALTURA:4125 m.s.n.m., 30/01/2019, 10:36

(c) : datos proporcionados por el cliente

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-

Handwritten signature of Omar A. Juárez Soto, Gerente de Operaciones, M. Sc. Ingeniero Químico CIP: 114426

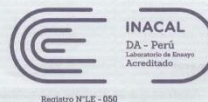
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5625



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00076

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 2 de 4

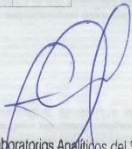
RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *3038 | *823 | 796 | 800 | 802 | | | | |
|-----------------------|--|------------|----------|---------|-----------|----------|---------|--------|---------|----------|
| | | DBO-5 mg/L | Cl- mg/L | As mg/L | Hg mg/L | Ag mg/L | Al mg/L | B mg/L | Ba mg/L | Be mg/L |
| AG19000087 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A) | 7,8 | 2,3 | 0,0768 | b<0,00041 | b<0,0024 | 28,0 | 0,1454 | 0,21913 | 0,001181 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | | Ca mg/L | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | K mg/L | Li mg/L | Mg mg/L | Mn mg/L |
| AG19000087 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A) | 41,7 | 0,02495 | 0,030106 | 0,03355 | 0,0637 | 70,0 | 4,89 | 0,05449 | 16,02 | 0,93895 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|--|
| | | Mo mg/L | Na mg/L | Ni mg/L | P mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | SiO2 mg/L | Sn mg/L | |
| AG19000087 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A) | 0,02220 | 5,14 | 0,05653 | 0,7647 | 0,2590 | 0,01112 | b<0,002 | 25,63 | b<0,00085 | |

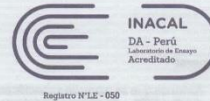
| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | |
|-----------------------|--|---------|---------|----------|---------|---------|
| | | Sr mg/L | Ti mg/L | Tl mg/L | V mg/L | Zn mg/L |
| AG19000087 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A) | 0,2904 | 0,17256 | b<0,0013 | 0,04054 | 0,8138 |


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00077

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 2 de 4


RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *3038 | *823 | 796 | 800 | 802 | | | | |
|-----------------------|---|-------|------|--------|-----------|----------|------|--------|---------|----------|
| | | DBO-5 | Cl- | As | Hg | Ag | Al | B | Ba | Be |
| | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| AG19000088 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B) | 6,5 | 2,1 | 0,0669 | b<0,00041 | b<0,0024 | 27,7 | 0,0728 | 0,19038 | 0,001138 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|------|---------|----------|---------|--------|------|------|---------|-------|---------|
| | | Ca | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | K | Li | Mg | Mn |
| | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| AG19000088 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B) | 38,0 | 0,02502 | 0,024469 | 0,03660 | 0,0638 | 66,7 | 4,82 | 0,05283 | 15,33 | 0,89557 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---------|------|---------|--------|--------|---------|---------|-------|-----------|--|
| | | Mo | Na | Ni | P | Pb | Sb | Se | SiO2 | Sn | |
| | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | |
| AG19000088 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B) | 0,01260 | 4,92 | 0,05422 | 0,7192 | 0,0890 | 0,01374 | b<0,002 | 26,89 | b<0,00085 | |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | |
|-----------------------|---|--------|---------|----------|---------|--------|
| | | Sr | Ti | Tl | V | Zn |
| | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| AG19000088 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B) | 0,2775 | 0,16488 | b<0,0013 | 0,03947 | 0,7635 |


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00078

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 2 de 4

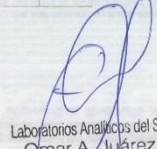
RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *823 | 796 | 800 | 802 | | | | | |
|-----------------------|---|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | Cl- mg/L | As mg/L | Hg mg/L | Ag mg/L | Al mg/L | B mg/L | Ba mg/L | Be mg/L | Ca mg/L |
| AG19000089 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | 40,7 | b<0,0012 | b<0,00041 | b<0,0024 | 17,7 | 0,0600 | 0,17019 | 0,000508 | 33,6 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | K mg/L | Li mg/L | Mg mg/L | Mn mg/L |
| AG19000089 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | 0,01487 | 0,008094 | 0,01736 | 0,0301 | 40,9 | 6,81 | 0,03678 | 12,88 | 0,58465 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|
| | | Mo mg/L | Na mg/L | Ni mg/L | P mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | SiO2 mg/L | Sn mg/L | Sr mg/L |
| AG19000089 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | 0,01653 | 15,3 | 0,02803 | 1,284 | 0,1097 | 0,01109 | 0,0084 | 49,84 | 0,00522 | 0,2590 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 902 | | | | 859 |
|-----------------------|---|------------|------------|-----------|------------|---------------|
| | | Ti mg/L | Ti mg/L | V mg/L | Zn mg/L | DBO-5 mg/L |
| AG19000089 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | 0,16862 | b<0,0013 | 0,02432 | 0,5880 | 8,5 |

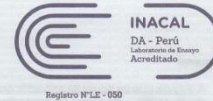

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00079

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 2 de 4


RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *823 | | 796 | 800 | 802 | | | | |
|-----------------------|---|----------|---------|-----------|----------|---------|--------|---------|----------|---------|
| | | Cl- mg/L | As mg/L | Hg mg/L | Ag mg/L | Al mg/L | B mg/L | Ba mg/L | Be mg/L | Ca mg/L |
| AG19000090 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-A) | 2,2 | 0,0432 | b<0,00041 | b<0,0024 | 23,1 | 0,0436 | 0,17711 | 0,000981 | 37,7 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | K mg/L | Li mg/L | Mg mg/L | Mn mg/L |
| AG19000090 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-A) | 0,02031 | 0,020937 | 0,03194 | 0,0586 | 54,7 | 4,46 | 0,04556 | 13,91 | 0,72155 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| | | Mo mg/L | Na mg/L | Ni mg/L | P mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | SiO2 mg/L | Sn mg/L |
| AG19000090 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-A) | 0,00786 | 5,09 | 0,04450 | 0,5905 | 0,0733 | 0,01126 | b<0,002 | 19,50 | 0,00185 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | 859 |
|-----------------------|---|---------|---------|----------|---------|---------|------------|
| | | Sr mg/L | Ti mg/L | Tl mg/L | V mg/L | Zn mg/L | DBO-5 mg/L |
| AG19000090 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-A) | 0,2716 | 0,12722 | b<0,0013 | 0,03153 | 0,7523 | 3,0 |


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 *<Valor numérico> = Límite de detección del método, **<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00080

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 2 de 4


RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *823 | 796 | 800 | 802 | | | | | |
|-----------------------|--|----------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|---------|
| | | Cl- mg/L | As mg/L | Hg mg/L | Ag mg/L | Al mg/L | B mg/L | Ba mg/L | Be mg/L | Ca mg/L |
| AG19000091 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISISIPAMPA (P5-E) | 2,1 | 0,1526 | 0,00073 | b<0,0024 | 25,9 | 0,0289 | 0,18110 | 0,001224 | 41,6 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | | Cd mg/L | Co mg/L | Cr mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L | K mg/L | Li mg/L | Mg mg/L | Mn mg/L |
| AG19000091 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISISIPAMPA (P5-E) | 0,02302 | 0,029240 | 0,03243 | 0,0613 | 60,1 | 5,10 | 0,04818 | 15,29 | 0,77613 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------|---------|---------|--------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|
| | | Mo mg/L | Na mg/L | Ni mg/L | P mg/L | Pb mg/L | Sb mg/L | Se mg/L | SiO2 mg/L | Sn mg/L |
| AG19000091 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISISIPAMPA (P5-E) | b<0,00038 | 5,40 | 0,06011 | 0,9383 | 0,0556 | b<0,00049 | b<0,002 | 9,666 | b<0,00085 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802 | | | | | 859 |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | | Sr mg/L | Ti mg/L | Tl mg/L | V mg/L | Zn mg/L | DBO-5 |
| AG19000091 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISISIPAMPA (P5-E) | 0,2799 | 0,10823 | 0,0097 | 0,03530 | 0,8270 | 5,0 |


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico = Limite de detección del método, *<Valor Numérico = Limite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayos Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00076

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *763 Coliformes Fecal NMP/100 mL |
|-----------------------|-------------------|----------------------------------|
| | | AG19000087 |

Jose Daniel

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico = Límite de detección del método, *<Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5611



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayos Acreditado

Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00077

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *763 |
|-----------------------|---|-----------------------------|
| | | Coliformes Fecal NMP/100 mL |
| AG19000088 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B) | 540 |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.F. 13052

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5615



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00078

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 872 |
|-----------------------|---|-----------------------------|
| | | Coliformes Fecal NMP/100 mL |
| AG19000089 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | 92x10 ⁵ |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

“<Valor numérico” = Límite de detección del método, “>Valor Numérico” = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00079

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 872 |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| | | Coliformes Fecal NMP/100 mL |
| AG19000090 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-A) | 92x10 ³ |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^o<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^o<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00080

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 872 Coliformes Fecal NMP/100 mL |
|-----------------------|---|---------------------------------------|
| AG19000091 | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISPAMPAPA (P5-E) | 54x10 ³ |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

<Valor numérico> = Límite de detección del método, * <Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00076


Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

| Código | Título | Rango |
|--------|--|------------------------------------|
| *3038 | Ensayo de demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed (5g Método Iodo métrico Azida Sódico). | [^a 0.5 - 20000] mg/L |
| *763 | Numeración de Coliformes Fecal - NMP-SMEWW, 22 nd. Ed. Part-9221 E. Fecal Coliform Procedure. | [^a 1.8 -] NMP/100 mL |
| *823 | Ion cloruro en agua SMEWW, 22 nd Ed. Item 4500-Cl-. Part. C. Mercuric Nitrate Method | [^b 0.82 - 1000] mg/L |
| 796 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.0012 - 50] mg/L |
| 800 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.00041 - 250] mg/L |
| 802 | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.0005 - 2.5] mg/L |

^a : Limite detección ^b : Limite de cuantificación


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a<Valor numérico> = Limite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Limite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00077


Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

| Código | Título | Rango |
|--------|--|------------------------------------|
| *3038 | Ensayo de demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed (5g Método Iodo métrico Azida Sódico). | [^a 0.5 - 20000] mg/L |
| *763 | Numeración de Coliformes Fecal - NMP-SMEWW, 22 nd. Ed. Part-9221 E. Fecal Coliform Procedure. | [^a 1.8 -] NMP/100 mL |
| *823 | Ion cloruro en agua SMEWW, 22 nd Ed. Item 4500-Cl-. Part. C. Mercuric Nitrate Method | [^a 0.82 - 1000] mg/L |
| 796 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.0012 - 50] mg/L |
| 800 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.00041 - 250] mg/L |
| 802 | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES. Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.0005 - 2.5] mg/L |

^a : Límite detección ^b : Límite de cuantificación

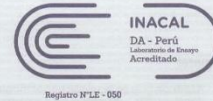

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00078


Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

| Código | Título | Rango |
|--------|---|------------------------------------|
| *823 | Ion cloruro en agua: SMEWW, 22 nd Ed. Item 4500-Cl- Part. C. Mercuric Nitrate Method | [^a 0.82 - 1000] mg/L |
| 796 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.0012 - 50] mg/L |
| 800 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.00041 - 250] mg/L |
| 802 | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.0005 - 2.5] mg/L |
| 859 | Ensayo de demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed (5g Método Iodo métrico Azida Sódico). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.5 - 20000] mg/L |
| 872 | Numeración de Coliformes Fecales (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 22nd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group . Fecal Coliform Procedures(EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 1.8 -] NMP/100 mL |

* : Límite detección ^b : Límite de cuantificación


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a <Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b <Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00079

Fecha de emisión : 14/02/2019

Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Table with 3 columns: Código, Título, Rango. Rows include methods for Ion chloruro, EPA 200.7, EPA 200.7, EPA 200.7, Ensayo de demanda bioquímica, and Numeración de Coliformes Fecales.

a : Limite detección b : Limite de cuantificación

Handwritten signature and printed name: Omar A. Juárez Soto, M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^<Valor numérico> = Limite de detección del método, ~<Valor Numérico> = Limite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

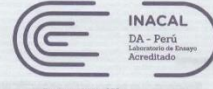
Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5634



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00080

Fecha de emisión : 14/02/2019


Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

| Código | Título | Rango |
|--------|---|------------------------------------|
| *823 | Ion cloruro en agua: SMEWW, 22 nd Ed. Item 4500-CI- Part. C. Mercuric Nitrate Method | [^b 0.82 - 1000] mg/L |
| 796 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.0012 - 50] mg/L |
| 800 | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.00041 - 250] mg/L |
| 802 | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 0.0005 - 2.5] mg/L |
| 859 | Ensayo de demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed (5g Método Iodo métrico Azida Sódio). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^b 0.5 - 20000] mg/L |
| 872 | Numeración de Coliformes Fecales (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 22nd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group , Fecal Coliform Procedures(EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [^a 1.8 -] NMP/100 mL |

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.


Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 5628

Anexo B. Documentos Utilizados

Anexo B1. Cadena de Custodia – Agua

| | | | |
|---|--|----------------------------------|---|
|  | Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda. Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa. Teléf. (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com | CADENA DE CUSTODIA - AGUA | Código Reg: F-0016-02 Versión: 07 |
| | | | Aprob por: Jefe Monitoreo de Aguas Fecha Rev: 17/04/2017 |

| | | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|---|
| Señores: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE | RUC: | Teléfono: 918387292 | e-mail: r.karil.27@gmail.com | Consultas: Gerencia de Operaciones e-mail: las@laboratoriosanaliticosdelsur.com |
| Dirección: JR. CALIXTO ARÉSTEGUI # 371 JULIACA - PUNO | Proyecto/ Programa: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | | |
| Atención: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE | Muestra (s) | Puntual (es) para formar compuesto Puntual (es) <input checked="" type="checkbox"/> x Compósito (s) | | |
| Responsable del muestreo: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE | | | | |

| Código LAS (campo para ser llenado solo por el laboratorio) | Fecha | Hora | Matriz | Código de campo | Nombre de la Muestra | Lugar de Muestreo | | N° frascos | | Volumen total (l) |
|---|----------|-------|---------|-----------------|---|---|--|------------|--------|-------------------|
| | | | | | | Zona, Urb, AAHH/Dist./Prov./Depart | Punto de muestreo y/o coordenadas UTM | Plástico | Vidrio | |
| | 30-11-18 | 12:45 | AN-ARÍO | P1-A | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A) | PUENTE CRUCERO / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E : 0391491 ZONA : 19 L N : 8411181 ALTURA : 4130 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 30-11-18 | 13:45 | AN-ARÍO | P2-B | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICIÓN (P2-B) | FUNDICIÓN / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E : 0390293 ZONA : 19 L N : 8411095 ALTURA : 4128 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 30-11-18 | 14:28 | AN-ARÍO | P3-C | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA (P3-C) | ICHUQUILLOHUATA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E : 0388981 ZONA : 19 L N : 8411415 ALTURA : 4126 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 30-11-18 | 15:23 | AN-ARÍO | P4-D | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOCLOPAMPA (P4-D) | CHOCLOPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E : 0387839 ZONA : 19 L N : 8411450 ALTURA : 4125 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 30-11-18 | 15:54 | AN-ARÍO | P5-E | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISIPAMPA (P5-E) | QUISIPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E : 0386046 ZONA : 19 L N : 8412269 ALTURA : 4125 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | | | | | | | | | | |

NOTA: Colocar el nombre de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------------------------|--------------------------|--------------------------|----|----|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Observaciones: | Campos para llenarse cuando se receptionan las muestras en LAS <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 15%;">SI</td> <td style="width: 15%;">NO</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 15%;">SI</td> <td style="width: 15%;">NO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Recipiente(s) adecuado(s):</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muestras recibidas intactas:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Conservación de muestras:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Condiciones de transporte:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | SI | NO | | SI | NO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Recipiente(s) adecuado(s): | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Muestras recibidas intactas: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Conservación de muestras: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Condiciones de transporte: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| SI | NO | | SI | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Recipiente(s) adecuado(s): | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Muestras recibidas intactas: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Conservación de muestras: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Condiciones de transporte: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| Firma <u><i>Ruth Karil</i></u> Repres. Cliente: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE | Firma _____ Entrega a LAS: _____ | Fecha de recepción: _____ Hora de recepción: _____ Temperatura CV: _____ Recibido (LAS): _____ |
|--|-------------------------------------|---|



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda.

Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa.
 Telef. (054) 443294 Fax (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

CADENA DE CUSTODIA - AGUA

Código Reg: F-0016-02

Versión: 07

Aprob por: Jefe
 Monitoreo de Aguas

Fecha Rev:
 17/04/2017

Señores: RUTH KAREL SUZARUCA LEQUE

RUC:

Teléfono: 933541292 e-mail: r.karil.24@gmail.com

Dirección: JE CALIXTO ARIESTEGUI # 311
 JULIACA - PUNO

Proyecto/ Programa: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Consultas:

Gerencia de Operaciones

Atención: RUTH KAREL SUZARUCA LEQUE

Muestra (s)

| | |
|------------------------------------|---|
| Puntual (es) para formar compuesto | |
| Puntual (es) | X |
| Compósito (s) | |

Responsable del muestreo: RUTH KAREL SUZARUCA LEQUE

e-mail: las@laboratoriosanaliticosdelsur.com

| Código LAS (campo para ser llenado solo por el laboratorio) | Fecha | Hora | Matriz | Código de campo | Nombre de la Muestra | Lugar de Muestreo | | N° frascos | | Volumen total (L) |
|--|----------|-------|--------|-----------------|--|--|--|------------|--------|-------------------|
| | | | | | | Zona, Urb, AAHH/Dist./Prov./Depart | Punto de muestreo y/o coordenadas UTM | Plástico | Vidrio | |
| | 20-04-16 | 07:10 | AN-AGU | P1-A | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO (P1-A) | PUENTE CRUCERO / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E - 0391504 ZONA - 19 L N - 8411520 PUNO - 9139 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 20-04-16 | 07:49 | AN-AGU | P2-B | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - FUNDICION (P2-B) | FUNDICION / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E - 0390584 ZONA - 19 L N - 8411268 PUNO - 9132 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 20-04-16 | 09:33 | AN-AGU | P3-C | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHALQUILLONHUYTA (P3-C) | CHALQUILLONHUYTA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E - 0386982 ZONA - 19 L N - 8411415 PUNO - 9129 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 20-04-16 | 10:16 | AN-AGU | P4-D | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - CHOLLOPAMPA (P4-D) | CHOLLOPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E - 0361139 ZONA - 19 L N - 8411501 PUNO - 9125 | 03 | 01 | 2400 ml |
| | 20-04-16 | 10:34 | AN-AGU | P5-E | AGUA NATURAL - SUPERFICIAL - AGUA DE RIO CRUCERO - QUISIPAMPA (P5-E) | QUISIPAMPA / CRUCERO / CARABAYA / PUNO | E - 0386046 ZONA - 19 L N - 8411269 PUNO - 9125 | 03 | 01 | 2400 ml |

NOTA: Colocar el número de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo

Campos para llenarse cuando se reciben las muestras en LAS

Observaciones: _____

Recipiente(s) adecuado(s):
 Muestras recibidas intactas:
 Conservación de muestras:
 Condiciones de transporte:

| | | | |
|----|----|----|----|
| SI | NO | SI | NO |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Blanco viajero
 Blanco de campo
 Duplicados

Fecha de recepción:
 Hora de recepción:
 Temperatura CV:

Firma

Repres. Cliente: RUTH KAREL SUZARUCA LEQUE

Firma

Entrega a LAS: _____

Firma

Recibido (LAS): _____

Anexo B2. Registro de Datos en campo

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Ingeniería Ambiental

Anexo I



Registro de Datos en Campo

CUENCA: DEL RÍO RAMIS
RIO: CRUCERO

REALIZADO POR: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
RESPONSABLE: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE

| Punto de monitoreo | Origen de la fuente | Distrito | Provincia | Departamento | Coordenadas ¹ | | Altura msnm | Fecha | Hora | pH | OD | Conductividad | Observaciones ² |
|--------------------|---------------------|----------|-----------|--------------|--------------------------|---------|----------------|----------|-------|------|------|---------------|----------------------------|
| | | | | | Norte | Este | | | | | mg/L | uS/cm | |
| PUENTE CRUCERO | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411181 | 0391491 | 4130 | 30-11-18 | 12:55 | 4.52 | 3.68 | 271 | |
| FUNDICIÓN | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411095 | 0390293 | 4128 | 30-11-18 | 13:55 | 4.34 | 3.20 | 276 | |
| ICHUQUILLOHUATA | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411415 | 0388981 | 4126 | 30-11-18 | 14:38 | 4.65 | 1.35 | 595 | |
| CHOCLOPAMPA | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411450 | 0387839 | 4125 | 30-11-18 | 15:33 | 4.34 | 3.13 | 272 | |
| QUISIPAMPA | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8412269 | 0386046 | 4125 | 30-11-18 | 16:04 | 3.18 | 3.14 | 274 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

¹Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84

²Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

Firma del responsable del Monitoreo



Registro de Datos en Campo

CUENCA: DEL RÍO RAMIS
RIO: CRUCERO

REALIZADO POR: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE
RESPONSABLE: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE

| Punto de monitoreo | Origen de la fuente | Distrito | Provincia | Departamento | Coordenadas ¹ | | Altura msnm | Fecha | Hora | pH | OD mg/L | Conductividad uS/cm | Observaciones ² |
|--------------------|---------------------|----------|-----------|--------------|--------------------------|---------|----------------|----------|-------|------|------------|------------------------|----------------------------|
| | | | | | Norte | Este | | | | | | | |
| PUENTE CRUCERO | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411158 | 0391507 | 4137 | 30-01-19 | 07:20 | 5.21 | 3.35 | 291 | |
| FUNDICIÓN | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411268 | 0390582 | 4132 | 30-01-19 | 07:54 | 4.86 | 3.12 | 276 | |
| ICHUQUILLOHUATA | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411415 | 0388982 | 4124 | 30-01-19 | 09:43 | 4.98 | 2.15 | 522 | |
| CHOCLOPAMPA | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8411501 | 0387739 | 4125 | 30-01-19 | 10:22 | 5.12 | 3.51 | 268 | |
| QUISIPAMPA | RÍO | CRUCERO | CARABAYA | PUNO | 8412269 | 0386046 | 4125 | 30-01-19 | 10:46 | 4.36 | 3.63 | 265 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

¹Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84


²Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

Firma del responsable del Monitoreo

Anexo B3. Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Ingeniería Ambiental

ANEXO IV



Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua: RIO CRUCERO - PUENTE CRUCERO

Clasificación del cuerpo de agua: CATEGORIA 3 - CLASE 3

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 0195 - RIO CRUCERO - CUENCA MEDIA AZÁNGARO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: R. Pte. Cr. P1-A

Descripción: INICIO DEL DISTRITO CRUCERO

Accesibilidad: DEBAJO DEL PUENTE CRUZANDO POR LADO CONTRARIO.

Representatividad: PRIMER PUNTO DE MONITOREO AGUAS ARRIBA

Finalidad del monitoreo: EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA

Reconocimiento del entorno: PRIMER PUENTE DEL DISTRITO DE CRUCERO

UBICACIÓN

Distrito: CRUCERO Provincia: CARABAYA Departamento: PUNO

Localidad: CRUCERO

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

Norte/Latitud: 8411181 Zona: 19 L UTM

Este/Longitud: 0391491 Altitud: 4130 msnm

Elaborado por: RUTH KABIL SUCAFUCA LEQUE Fecha: 30, NOVIEMBRE, 2018



Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua: RIO CRUCERO - FUNDICIÓN

Clasificación del cuerpo de agua: CATEGORIA 3 - CLASE 3

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 0195 - RIO CRUCERO - CUENCA MEDIA AZÁNGARO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: R.F. P2-B

Descripción: PARALELO AL DISTRITO CRUCERO

Accesibilidad: 200 METROS MAS ABAJO DEL PRIMER PUNTO POR EL FRENTE

Representatividad: SEGUNDO PUNTO DE MONITOREO AGUAS ARRIBA

Finalidad del monitoreo: EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA

Reconocimiento del entorno: GUIARSE SEGUN DISTANCIA DE MONITOREO

UBICACIÓN

Distrito: CRUCERO Provincia: CARABAYA Departamento: PUNO

Localidad: CRUCERO

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

Norte/Latitud: 84110 95 Zona: 19L UTM

Este/Longitud: 03902 93 Altitud: 4128 msnm

Elaborado por: RUTH KARIL SUCAPOCA LEQUE

Fecha: 30, NOVIEMBRE, 2018



Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua: RIO CRUCERO - ICHUQUILLOHUATA

Clasificación del cuerpo de agua: CATEGORIA 3 - CLASE 3

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 0195 - RIO CRUCERO - CUENCA MEDIA AZANGARO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: R. Ich. P3 - C

Descripción: DEBAJO DE LA DESEMBOLCADURA DE AGUAS RESIDUALES.

Accesibilidad: JUSTO POR LA PLANTA DE TRAMIENTO, POR EL LADO DEL PUEBLO

Representatividad: TERCER PUNTO DE MONITOREO

Finalidad del monitoreo: EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA

Reconocimiento del entorno: PTAR.

UBICACIÓN

Distrito: CRUCERO

Provincia: CARABAYA

Departamento: PUNO

Localidad: CRUCERO

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

Norte/Latitud: 8411415

Zona: 19L UTM

Este/Longitud: 0388981

Altitud: 4126 msnm

Elaborado por: RUTH KARIL SUAPUCA LEQUE

Fecha: 30, NOVIEMBRE, 2018



Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:

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

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:

Descripción:

Accesibilidad:

Representatividad:

Finalidad del monitoreo:

Reconocimiento del entorno:

UBICACIÓN

Distrito:

Provincia:

Departamento:

Localidad:

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

Norte/Latitud: Zona: UTM

Este/Longitud: Altitud: msnm

Elaborado por: RUTH KARIL SUCAPUCA LEQUE

Fecha: 30, NOVIEMBRE, 2018



Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua: RIO CRUCERO - QUISIPAMPA
Clasificación del cuerpo de agua: CATEGORIA 3 - CLASE 3
Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 0195 - RIO CRUCERO - CUENCA MEDIA AZANGARO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: R. Q. P5 - E
Descripción: PASANDO DISTRITO PARA ABAJO, LADO POTONI.
Accesibilidad: 200 METROS MAS ABAJO DEL CUARTO PUNTO AGUAS ABAJO.
Representatividad: QUINTO PUNTO DE MONITOREO
Finalidad del monitoreo: EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA
Reconocimiento del entorno: PASANDO LA PTAR LADO DEL PUEBLO.

UBICACIÓN

Distrito: CRUCERO Provincia: CARABAYA Departamento: PUNO

Localidad: CRUCERO

Coordenadas (WGS84): Sistema de Coordenadas: Proyección UTM
 Geográficas
Norte/Latitud: 8412269 Zona: 19L UTM
Este/Longitud: 0386046 Altitud: 4125 msnm

Elaborado por: RUTH KARL SUCAPUCA LEQUE

Fecha: 30, NOVIEMBRE, 2018

Anexo C. Certificado de Acreditación

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional de
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 20295, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por D.S. N° 004-2005-PRONACE y modificado por D.S. N° 008-2005-PRONACE, OTORGAR la presente Reconocimiento de Acreditación a:

LABORATORIOS ANALITICOS DEL SUR E.I.R.L.

Es un núcleo de Laboratorio de Elempo

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-202022: ISO 9001:2008 Requisitos Generales para la Certificación de los Laboratorios de Elempo y Calibración para el ámbito de la acreditación otorgado en el formato SA-001-007-177, homologado a través del proceso de Elempo con Valor Oficial.

Se le Acreditada Porque Industrial S.A. Sector C - 3 distrito de Oroya, Cercado provincia de Arequipa y Departamento de Arequipa

Fecha de Acreditación: 08 de junio de 2013
Fecha de Vigencia: 08 de junio de 2017


Rispero Mejía Romero
Director - Dirección de Acreditación



Registro N° 12 - 000
Fecha de emisión: 07 de noviembre de 2013
SA-001-007-000-100

Anexo D. Procesamiento De Datos

Anexo D.1. Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) época de estiaje

| | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|---|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje |
| CALCULO DE LOS FACTORES DEL ICA-PE EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO | F1 | 0.21 | 0.21 | 0.29 | 0.29 | 0.29 |
| | F2 | 0.21 | 0.21 | 0.29 | 0.29 | 0.29 |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | 7 | | |
| | Potencial de Hidrogeno | 0.438053097 | 0.4976959 | 0.3978495 | 0.4976959 | 1.0440252 |
| | Oxígeno Disuelto | 0.358695652 | 0.5625 | 2.7037037 | 0.5974441 | 0.5923567 |
| | Conductividad Eléctrica | | | | | |
| | Aluminio | | | | | |
| | Arsenico | | | | | |
| | Boro | | | | | |
| | Cadmio | | | | | |
| | Cobre | | | | | |
| | Manganeso | 0.42 | 0.30 | | 0.25 | 0.31 |
| | Mercurio | | | | | |
| | Plomo | | | | | |
| | Zinc | | | | | |
| | Coliformes Termotolerantes | | | 53999.00 | 34.00 | 34.00 |
| | Sumatoria de los excedentes | | 0.09 | 0.10 | 3857.79 | 2.52 |
| F3 | | 8.01 | 8.87 | 99.97 | 71.63 | 71.97 |
| ICA-PE | | 95.37 | 94.88 | 42.28 | 58.64 | 58.45 |
| | | EXCELENTE | EXCELENTE | MALO | REGULAR | REGULAR |

Anexo D.2. Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) época de avenida

| | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|---|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Epoca de Avenida | Epoca de Avenida | Epoca de Avenida | Epoca de Avenida | Epoca de Avenida |
| CALCULO DE LOS FACTORES DEL ICA-PE EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO | F1 | 0.36 | 0.36 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| | F2 | 0.36 | 0.36 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | | | |
| | Potencial de Hidrogeno | 0.2476008 | 0.3374486 | 0.3052209 | 0.2695313 | 0.4908257 |
| | Oxígeno Disuelto | 0.4925373 | 0.6025641 | 1.3255814 | 0.4245014 | 0.3774105 |
| | Conductividad Eléctrica | | | | | |
| | Aluminio | 4.6 | 4.54 | 2.54 | 3.62 | 4.18 |
| | Arsenico | | | | | |
| | Boro | | | | | |
| | Cadmio | | | | | |
| | Cobre | | | | | |
| | Manganeso | 3.69 | 3.48 | 1.92 | 2.61 | 2.88 |
| | Mercurio | | | | | |
| | Plomo | 4.18 | 0.78 | 1.194 | 0.466 | 0.112 |
| | Zinc | | | | | |
| | Coliformes Termotolerantes | | | 9199 | 91 | 53 |
| | Sumatoria de los excedentes | | 0.94 | 0.70 | 657.59 | 7.03 |
| F3 | | 48.56 | 41.02 | 99.85 | 87.54 | 81.34 |
| ICA-PE | | 71.96 | 76.31 | 42.35 | 49.46 | 53.04 |
| | | REGULAR | BUENO | MALO | REGULAR | REGULAR |

Anexo D.3. Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente
(CCME-WQI) época de estiaje

| | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|--|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje |
| CALCULO DE LOS FACTORES DEL CCME-WQI EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO | F1 | 21.43 | 21.43 | 28.57 | 28.57 | 28.57 |
| | F2 | 21.43 | 21.43 | 28.57 | 28.57 | 28.57 |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | 7 | | |
| | Potencial de Hidrogeno | 0.438053097 | 0.49769585 | 0.39784946 | 0.49769585 | 1.04402516 |
| | Oxígeno Disuelto | 0.358695652 | 0.5625 | 2.7037037 | 0.59744409 | 0.59235669 |
| | Conductividad Eléctrica | | | | | |
| | Aluminio | | | | | |
| | Arsenico | | | | | |
| | Boro | | | | | |
| | Cadmio | | | | | |
| | Cobre | | | | | |
| | Manganeso | 0.42 | 0.30 | | 0.25 | 0.31 |
| | Mercurio | | | | | |
| | Plomo | | | | | |
| | Zinc | | | | | |
| Coliformes Termotolerantes | | | 53999.00 | 34.00 | 34.00 | |
| Sumatoria de los excedentes | 0.09 | 0.10 | 3857.79 | 2.52 | 2.57 | |
| F3 | 8.01 | 8.87 | 99.97 | 71.63 | 71.97 | |
| CCME-WQI | 81.90 | 81.77 | 37.74 | 52.52 | 52.35 | |
| | | BUENO | BUENO | POBRE | MARGINAL | MARGINAL |

Anexo D.4. Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente
(CCME-WQI) época de avenida

| | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|--|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida |
| CALCULO DE LOS FACTORES DEL CCME-WQI EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO | F1 | 35.71 | 35.71 | 42.86 | 42.86 | 42.86 |
| | F2 | 35.71 | 35.71 | 42.86 | 42.86 | 42.86 |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | | | |
| | Potencial de Hidrogeno | 0.247600768 | 0.33744856 | 0.30522088 | 0.26953125 | 0.49082569 |
| | Oxígeno Disuelto | 0.492537313 | 0.6025641 | 1.3255814 | 0.42450142 | 0.37741047 |
| | Conductividad Eléctrica | | | | | |
| | Aluminio | 4.6 | 4.54 | 2.54 | 3.62 | 4.18 |
| | Arsenico | | | | | |
| | Boro | | | | | |
| | Cadmio | | | | | |
| | Cobre | | | | | |
| | Manganeso | 3.69 | 3.48 | 1.92 | 2.61 | 2.88 |
| | Mercurio | | | | | |
| | Plomo | 4.18 | 0.78 | 1.19 | 0.47 | 0.11 |
| | Zinc | | | | | |
| Coliformes Termotolerantes | | | 9199.00 | 91.00 | 53.00 | |
| Sumatoria de los excedentes | 0.94 | 0.70 | 657.59 | 7.03 | 4.36 | |
| F3 | 48.56 | 41.02 | 99.85 | 87.54 | 81.34 | |
| CCME-WQI | 59.55 | 62.43 | 32.56 | 38.52 | 41.43 | |
| | | MARGINAL | MARGINAL | POBRE | POBRE | POBRE |

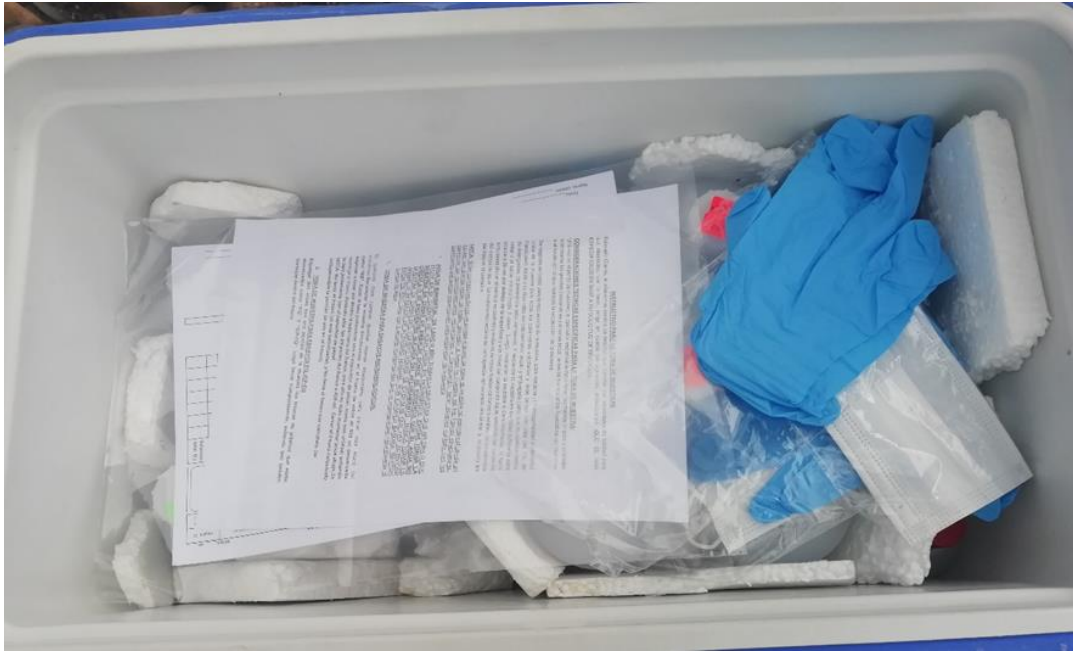
Anexo D.5. Índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)
época de estiaje

| | | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|--|-------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje | Época de Estiaje |
| CALCULO DE LOS FACTORES DEL ICARHS EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO | F1 | | 0.27 | 0.27 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| | F2 | | 0.27 | 0.27 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | | 7 | | |
| | Potencial de Hidrogeno | | 0.438053097 | 0.49769585 | 0.39784946 | 0.49769585 | 1.04402516 |
| | Oxígeno Disuelto | | 0.358695652 | 0.5625 | 2.7037037 | 0.59744409 | 0.59235669 |
| | Aluminio | | | | | | |
| | Arsenico | | | | | | |
| | Boro | | | | | | |
| | Cadmio | | | | | | |
| | Cobre | | | | | | |
| | Manganeso | | 0.42 | 0.30 | | 0.25 | 0.31 |
| | Plomo | | | | | | |
| | Coliformes Termotolerantes | | | | 53999.00 | 34.00 | 34.00 |
| | Sumatoria de los excedentes | | | 0.11 | 0.12 | 4909.92 | 3.21 |
| F3 | | | 9.97 | 11.02 | 99.98 | 76.27 | 76.57 |
| ICARHS | | | 94.24 | 93.63 | 42.27 | 55.97 | 55.79 |
| | | | BUENO | BUENO | PESIMO | MALO | MALO |

Anexo D.6. Índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)
época de avenida

| | | | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PUNTO 4 | PUNTO 5 |
|--|-------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida | Época de Avenida |
| CALCULO DE LOS FACTORES DEL ICARHS EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO | F1 | | 0.45 | 0.45 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| | F2 | | 0.45 | 0.45 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | | | | |
| | Potencial de Hidrogeno | | 0.247600768 | 0.33744856 | 0.30522088 | 0.26953125 | 0.49082569 |
| | Oxígeno Disuelto | | 0.492537313 | 0.6025641 | 1.3255814 | 0.42450142 | 0.37741047 |
| | Aluminio | | 4.6 | 4.54 | 2.54 | 3.62 | 4.18 |
| | Arsenico | | | | | | |
| | Boro | | | | | | |
| | Cadmio | | | | | | |
| | Cobre | | | | | | |
| | Manganeso | | 3.69 | 3.48 | 1.92 | 2.61 | 2.88 |
| | Plomo | | 4.18 | 0.78 | 1.19 | 0.47 | 0.11 |
| | Coliformes Termotolerantes | | | | 9199.00 | 91.00 | 53.00 |
| | Sumatoria de los excedentes | | | 1.20 | 0.89 | 836.94 | 8.94 |
| F3 | | | 54.57 | 46.96 | 99.88 | 89.94 | 84.73 |
| ICARHS | | | 68.49 | 72.89 | 42.33 | 48.07 | 51.08 |
| | | | REGULAR | REGULAR | PESIMO | MALO | MALO |

Anexo E. Panel Fotográfico



Fotografía 1. Materiales utilizados



Fotografía 2. Indumentaria completa



Fotografía 3. Envases para recolección de muestra



Fotografía 4. Recolección de muestra en el Punto 1 Puente Crucero



Fotografía 5. Muestra de agua al ras



Fotografía 6. Sellado del frasco de muestra de agua



Fotografía 7. Almacenamiento de las muestras de agua



Fotografía 8. Equipos utilizados insitu



Fotografía 9. GPS Garmin Etrex 10



Fotografía 10. Toma de muestra insitu