

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera profesional de Ingeniería y Prevención de Riesgos**

**ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA (ISQA) DE LOS RÍOS  
PORCÓN Y GRANDE, CAJAMARCA -2023**

**Autores:**

Bach. Brito Larrea Melanie Alejandra

Bach. Valiente Murrugarra Deisy Lizbeth

**Asesor:**

Dr. Persi Vera Zelada

**Cajamarca – Perú**

**Junio - 2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera profesional de Ingeniería y Prevención de Riesgos**

**ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA (ISQA) DE LOS  
RÍOS PORCÓN Y GRANDE, CAJAMARCA -2023**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el  
Título Profesional de Licenciado en Ingeniería

Autores:

Brito Larrea Melanie Alejandra

Valiente Murrugarra Deisy Lizbeth

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

**Cajamarca – Perú**

**Junio – 2023**

COPYRIGHT © 2023 by

BRITO LARREA MELANIE ALEJANDRA &

VALIENTE MURRUGARRA DEISY LIZBETH

Todos los derechos reservados

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL

ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA (ISQA) DE LOS RÍOS  
PORCÓN Y GRANDE, CAJAMARCA - 2023

Presidente: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Asesor: \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

*A mis padres, porque han sido mi motivación y me enseñaron que si haces todo con ganas saldrá mucho mejor; también por su apoyo, paciencia y amor incondicional.*

*A mi hermana, realmente eres la mejor guía y ejemplo que pude tener. Por quererme tanto, apoyarme y acompañarme en este camino. No hay palabras para expresarte cuánto te agradezco.*

*A mí pareja por tu apoyo y cariño en todo momento.*

*A mis amigas, porque su confianza en mí me dio muchas fuerzas para seguir.*

*Les agradezco infinitamente, esto es para todos ustedes y para mí.*

*Melanie Alejandra Brito Larrea*

*Va en especial a la memoria de mi padre Isaías Valiente Chávez, quien me apoyó arduamente cada uno de los años que estuvo conmigo, se esforzó en cada uno de sus viajes para darme lo mejor como hija, a él que le hubiera encantado verme titulada y decir que lo logramos porque era una meta juntos, se lo dedico con todo mi corazón.*

*Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su bendición y guía en todo este camino.

A mis padres y hermana porque me apoyaron durante cinco años de carrera y formaron parte de esencial para poder culminar este trabajo. Les debo un agradecimiento especial a mi familia que se encuentra lejos, porque formaron parte esencial en una etapa de esta tesis.

También agradezco a mi pareja por ser un gran apoyo en el desarrollo de todo este proceso.

Y a todos aquellos que dieron su tiempo para poder revisar y corregir esta tesis.

Les agradezco demasiado.

*Melanie Alejandra Brito Larrea*

A Dios por brindarme la sabiduría y firmeza para seguir adelante, así como mostrarme el camino a elegir para seguir cumpliendo mis metas.

A mis padres Isaías y Edy por haber sido pilar fundamental en mi educación, además de ser mi soporte en todo este tiempo, con sus esfuerzos han logrado hacer de mí una persona de bien, supieron educarme y guiarme en el camino, he logrado llegar hasta aquí por ustedes y seguiré mi camino y mis proyectos siempre recordando cada uno de sus consejos y principios.

A mis hermanitos Diana y Daian quienes son una fuente motivación más por la cual no me he rendido hasta hoy, gracias por celebrar cada uno de mis logros.

A mi compañera y amiga Melanie Brito, su familia quienes también han sido parte de este capítulo de mi vida, en el cual me abrieron las puertas de su hogar y me brindaron un apoyo incondicional en los cinco años de carrera.

*Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación surgió con el objetivo principal de determinar el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) de los ríos Porcón y Grande, con el fin de evaluar parámetros físicos y químicos para establecer un índice que nos brinde información para evaluar la calidad del agua. Esta investigación se realizó para dar respuesta a la importancia de conocer la situación actual de cada uno de estos ríos y con el propósito de que se puedan tomar e implementar las medidas necesarias de mitigación y prevención que garanticen su buen estado a largo plazo. La metodología usada en la investigación fue de tipo básica con un diseño descriptivo y longitudinal; para el desarrollo del análisis se realizó en dos etapas: Trabajo de campo y trabajo en laboratorio. Posteriormente los resultados obtenidos fueron registrados y sistematizados para determinar el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y se realizó la comparación mediante ANOVA (Análisis de Varianza) en el programa estadístico con el fin de validar la hipótesis de la investigación.

El ISQA en Río Porcón aguas arriba (RPA) presenta una buena calidad y esto se evidencia porque cuenta con un valor de 76.15; por otra parte, en el Río Grande (RG) se puede evidenciar que tiene una calidad regular puesto que presenta un valor de 61 y finalmente se demostró que la unión de estos y el denominado punto Río Porcón aguas debajo de la unión de los mismos, tiene un valor de 50.15 considerado de mala calidad. Se evidencia claramente que el Río Grande tiene un impacto negativo pues disminuyó la calidad de agua del Río Porcón.

Del mismo modo al evaluar los parámetros con respecto a la normativa se puede afirmar que los parámetros de temperatura, el DQO, el oxígeno disuelto y la conductividad si cumplen con los estándares de calidad ambiental, pero en los sólidos suspendidos totales solo cumple el punto RPA y en los puntos RG y RPB no se puede decir lo mismo ya que en estos puntos se puede evidenciar que no cumplen con dicha normativa.

**Palabras clave:** Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), Calidad del agua, río Porcón y río Grande.



## **ABSTRACT**

The present research work arose with the main objective of determining the Simplified Water Quality Index (ISQA) of the Porcon and Grande rivers, in order to evaluate physical and chemical parameters to establish an index that provides information to evaluate water quality. This research was carried out in response to the importance of knowing the current situation of each of these rivers and with the purpose of being able to take and implement the necessary mitigation and prevention measures to guarantee their good condition in the long term. The methodology used in the research was of a basic type with a descriptive and longitudinal design; for the development of the analysis it was carried out in two stages: field work and laboratory work. Subsequently, the results obtained were recorded and systematized to determine the Simplified Water Quality Index (ISQA) and the comparison was made by means of ANOVA (Analysis of Variance) in the statistical program in order to validate the hypothesis of the research.

The ISQA in the Porcon River upstream (RPA) presents a good quality and this is evidenced because it has a value of 76.15; on the other hand, in the Grande River (RG) it can be evidenced that it has a regular quality since it presents a value of 61 and finally it was demonstrated that the union of these and the so-called Porcon River point downstream of the union of these, has a value of 50.15 considered of bad quality. It is clearly evident that the Rio Grande has a negative impact because it decreased the water quality of the Porcon River.

Similarly, when evaluating the parameters with respect to the regulations, it can be affirmed that the parameters of temperature, COD, dissolved oxygen and

conductivity do comply with the environmental quality standards, but in the total suspended solids only the RPA point complies and in the RG and RPB points the same cannot be said since it is evident that these points do not comply with the regulations.

**Key words:** Simplified Water Quality Index (ISQA), water quality, Porcon and Grande rivers.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Formulación del problema	9
1.3 Justificación de la investigación	10
1.4 Objetivos de la investigación	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 Teorías que sustentan la investigación	14
2.1.1 Internacional	14
2.1.2 Nacional	24
2.1.3 Local	26
2.2 Bases teóricas	27
2.2.1 ¿Qué es un índice de calidad del agua (ICA)?	27
2.2.2 Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA)	28
2.2.3 Ríos	34
2.3 Discusión teórica	37
2.4 Definición de términos básicos	45
2.4.1 Río	45

2.4.2	Índice de calidad de agua	45
2.4.3	Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA)	45
2.4.4	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	45
2.4.5	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	46
2.4.6	Oxígeno Disuelto	46
2.4.7	Conductividad	46
2.4.8	Temperatura	47
2.5	Hipótesis de investigación	47
2.5.1	Hipótesis nula (Ho)	47
2.5.2	Hipótesis alterna (Ha)	47
2.6	Definición operacional de variables	48
 CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN		 49
3.1	Tipo de estudio	50
3.2	Diseño de investigación	50
3.3	Unidad de análisis, universo y muestra	51
3.3.1	Población	51
3.3.2	Unidad de análisis	52
3.3.3	Muestra	52
3.4	Métodos de investigación	52
3.4.1	Descripción del área de estudio	52
3.4.2	Metodología de trabajo de campo	53
3.4.3	Metodología de trabajo en laboratorio	60
3.5	Recursos utilizados	60
3.5.1	Recursos humanos	60
3.5.2	Recursos materiales	60
3.6	Técnicas de análisis de datos	62
3.6.1	Determinación del Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA)	62
3.6.2	Análisis estadístico	62
 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		 63
4.1	Análisis de resultados	64
4.1.1	Resultados del análisis de parámetros medidos	64

4.1.2	Procesamiento de la información para el cálculo del ISQA	65
4.1.3	Prueba de normalidad	67
4.1.4	Prueba estadística	68
4.1.5	Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el ISQA	70
4.1.6	Comparación de la Temperatura de los tres puntos de monitoreo con el ECA	72
4.1.7	Comparación de los DQO de los tres puntos de monitoreo con Normativa Internacional	73
4.1.8	Comparación de los SST de los tres puntos de monitoreo con el ECA	74
4.1.9	Comparación del Oxígeno Disuelto de los tres puntos de monitoreo con el ECA	76
4.1.10	Comparación Conductividad de los tres puntos de monitoreo con el ECA	77
4.2	Discusión de resultados	78
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		83
5.1	Conclusiones	84
5.2	Recomendaciones	85
REFERENCIAS		87
ANEXOS		98

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Valores para la determinación ISQA	33
<b>Tabla 2</b> Clasificación de la calidad del agua según ISQA	34
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de variables	48
<b>Tabla 4</b> Identificación de los puntos de muestreo	54
<b>Tabla 5</b> Número de muestras y repeticiones de las muestras a analizarse	55
<b>Tabla 6</b> Resultados del análisis de parámetros	64
<b>Tabla 7</b> Procesamiento de la información para el cálculo de ISQA	66
<b>Tabla 8</b> Análisis de varianza de los tres puntos de muestreo	68
<b>Tabla 9</b> Comparaciones en parejas de Tukey para los tres puntos de muestreo	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de Ubicación de los Ríos Porcón y Grande	52
<b>Figura 2</b> Mapa de Ubicación de los Puntos de Muestreo	54
<b>Figura 3</b> Prueba de normalidad para ISQA	67
<b>Figura 4</b> Comparaciones en parejas de Tukey para los tres puntos de muestreo	69
<b>Figura 5</b> Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el ISQA	70
<b>Figura 6</b> Temperatura de los tres puntos de muestreo vs ECA	72
<b>Figura 7</b> DQO de los tres puntos de muestreo vs Normativa Internacional	73
<b>Figura 8</b> SST de los tres puntos de muestreo vs ECA	74
<b>Figura 9</b> OD de los tres puntos de muestreo vs ECA	76
<b>Figura 10</b> Conductividad de los tres puntos de muestreo vs ECA	77

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Unión del Río Porcón y Río Grande	98
<b>Anexo 2</b> Toma de muestras - Punto RPA (Semana N° 1)	98
<b>Anexo 5</b> Toma de muestras - Punto RPA (Semana N° 2)	99
<b>Anexo 6</b> Toma de muestras - Punto RPA (Semana N° 3)	99
<b>Anexo 7</b> Toma de muestras - Punto RG (Semana N° 1)	100
<b>Anexo 8</b> Toma de muestras - Punto RG (Semana N° 2)	100
<b>Anexo 9</b> Toma de muestras - Punto RG (Semana N° 3)	101
<b>Anexo 10</b> Toma de muestras - Punto RPB (Semana N° 1)	101
<b>Anexo 11</b> Toma de muestras - Punto RPB (Semana N° 2)	102
<b>Anexo 12</b> Toma de muestras - Punto RPB (Semana N° 3)	103
<b>Anexo 12</b> Medición de parámetros in situ - Punto RPA	103
<b>Anexo 12</b> Medición de parámetros in situ - Punto RG	104
<b>Anexo 12</b> Medición de parámetros in situ - Punto RPB	105
<b>Anexo 21</b> Preparación de equipos	106
<b>Anexo 21</b> Llenado de la ficha de registro de datos	107
<b>Anexo 21</b> Aplicación de conservante	107
<b>Anexo 22</b> Informe Innodel S.A.C	108
<b>Anexo 23</b> Informe SGS	112
<b>Anexo 24</b> Cadena de custodia	118
<b>Anexo 25</b> Ficha de registro de datos – Punto RPA	119
<b>Anexo 26</b> Ficha de registro de datos – Punto RG	120
<b>Anexo 27</b> Ficha de registro de datos – Punto RPB	121





## INTRODUCCIÓN

El agua es la unidad más importante de la vida porque integra todo el entorno natural donde actúa como un elemento fundamental en diversos procesos físicos, químicos y biológicos. A todo esto, se suma que es un elemento vulnerable con una alta importancia social, ambiental y económica. Sin embargo, solo el 0.3 % de los recursos hídricos del mundo pueden ser utilizados y actualmente los seres humanos los usan para cubrir todas sus necesidades. Actualmente la población sigue creciendo y junto a ello surge una mayor necesidad de agua, aquí se resalta el hecho de que la mayoría de las actividades humanas que involucran el uso del agua traen consigo distintos impactos a los cuerpos de agua por lo que los recursos hídricos han sufrido importantes alteraciones que amenazan su calidad. La amenaza causada ante el constante uso del agua se conoce como contaminación ambiental derivada de la existencia de intrusos que cambian las características del agua.

El agua tiene una gran capacidad de autodepuración es por eso que los ríos son vistos como el medio más fácil de eliminar productos de desecho. Los ríos son ecosistemas naturales con muchas funciones y que son de vital importancia debido a que suministran agua a las ciudades y animales, también proporcionan alimentos, recreación, entre otras. Esta situación ha llevado al constante interés por determinar la calidad de agua, pues se asocia con los posibles usos que se le podría dar a la misma como consumo humano, agrícola, industrial o recreación, cada uno de estos tiene ciertos requerimientos. Es por ello que la importancia de conocer la calidad del agua.

En este sentido hablamos de los ríos Porcón y Grande de los cuales se desconoce el grado de calidad, y que da preocupación puesto que estas aguas le sirven a Cajamarca como fuentes de riegos para sus cultivos, muchos usan estas aguas para sus actividades diaria y podría causar enfermedades a quienes hacen su uso, o diversas problemáticas que la contaminación de dichas aguas podría generar.

En el presente estudio de investigación titulado “Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca -2023”, tiene como objetivo determinar el ISQA con el fin de dar a conocer el estado en el que se encuentran estos ríos. Este estudio se realiza mediante la evaluación de cinco parámetros: temperatura, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y conductividad; los cuales permiten establecer valores para calificar el agua, si es buena, regular, mala o pésima en cuanto a la calidad en la que se encuentran los ríos en estudio.

Capítulo I: En este capítulo presenta el problema de la investigación, donde se explica la problemática existente alrededor de la problemática de los recursos hídricos, así también para cada uno de los ríos en estudio. Así también, se muestra el interés y la importancia de la investigación. Se mostrará la meta o finalidad del presente estudio; es decir, los objetivos de la investigación.

Capítulo II: Se mostrará aquellos estudios e investigaciones que sustentan a la presente investigación, las mismas que serán internacionales, nacionales y locales respectivamente. Así mismo, se encuentran todas las definiciones y términos básicos para poder comprender la investigación. Esto continúa seguido

de la hipótesis de la investigación, que aquella que se desea confirmar o refutara al finalizar el estudio.

Capítulo III: En este capítulo es el cuerpo de la investigación pues está compuesta por la metodología de la investigación, el tipo de estudio, el diseño de la investigación, la unidad de análisis, universo y muestra. Por consiguiente, se encuentra la metodología de monitoreo donde se describe el área escogida de estudio y la metodología usada tanto en campo como en el laboratorio, el procesamiento de información y las técnicas de análisis de datos.

Capítulo IV: Aquí se mostrará el análisis y la discusión de los resultados, incluye los resultados de los análisis de los parámetros medidos, el proceso de los datos para el cálculo ISQA; así como las pruebas de normalidad y estadística; esto seguido se muestra la clasificación de la calidad de agua que le corresponde a cada punto de acuerdo con los resultados de la valoración ISQA. Así también, muestra la comparación de los parámetros con los Estándares de Calidad a excepción de DQO que se compara con una normativa internacional. Y por último estará la discusión de dichos resultados.

Capítulo V: Este capítulo presenta las conclusiones a las que se llegó con la investigación y algunas recomendaciones.

# **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Planteamiento del problema**

La historia de la humanidad está marcada por diversos sucesos, sin embargo, desde la prehistoria hasta la actualidad las civilizaciones han dependido de un factor esencial para su evolución y desarrollo: el agua. La presencia de este factor representa la posibilidad de mejoramiento agrícola, social, industrial, sanitario y de la calidad de vida; en cambio su escasez es motivo de pobreza, guerras, enfermedades y estancamiento económico. (Asociación Caribeña de Agua y Aguas Residuales, (CWWA); Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS); Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL); Organización de los Estados Americanos, (OEA); Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe (PNUMA/ORPALC);, 2002)

Además, el agua es la principal unidad de vida pues integra todo el medio natural y es considerado un componente vulnerable con una gran importancia social, ambiental y económica. Resulta ser de un valor crucial para la humanidad y todos los seres vivos, debido a que forma parte de procesos biológicos, metabólicos, la fotosíntesis en las plantas y a la vez es el hábitat de una gran cantidad de seres; esto lo convierte en el elemento más indispensable para la subsistencia animal y vegetal del planeta.

Debido a que este recurso representa una de las necesidades más esenciales en la vida, es muy importante cuidarlo, pues tan solo el 0,3% de los recursos hídricos del mundo pueden ser utilizados. Y en la actualidad, la población ha crecido y cada día demandan de una mayor cantidad de agua dulce, el acceso y el

uso del agua se convirtió en un derecho esencial que busca brindar salud y alimentación. Sin embargo, la relación del ser humano con el ambiente y los recursos naturales siempre ha sido contradictoria, por un lado, destruyendo para sobrevivir y por otro, garantizando la reproducción de seres vivos con el propósito de solventar su alimentación y otras necesidades que mejoren su vida (Rodríguez y Quintanilla, 2019). Ante esto se resalta, el hecho de que la preocupación ambiental se ha centrado ya en un punto cuando los recursos son contaminados a un ritmo mayor a las capacidades de la naturaleza para depurarlos o bien cuando se generan desechos mayores a la capacidad de absorción de la naturaleza, creando un problema que se viene acrecentando al pasar de los años, pues existen muchos factores que son fuente de degradación ambiental y que representan una amenaza.

Esta amenaza es conocida como contaminación ambiental que se origina por la presencia de “intrusos” que alteran las características del aire, del agua o el suelo. Estos invitados, que se encuentran en el lugar equivocado, o en cantidades superiores a los que la misma naturaleza puede depurar, finalmente provocan cambios en el medio en el que se han introducido (Sepúlveda, 1999).

Ahora bien, los recursos hídricos son muy afectados por la contaminación y existen distintos factores que alteran la composición natural de los ríos, arroyos, aguas subterráneas, lagos, mares, entre otros. Las aguas superficiales son las primeras en verse afectadas por la emisión constante de agentes contaminantes de cualquier procedencia. Estos contaminantes contienen una gran cantidad de sales disueltas, materias orgánicas, partículas, sólidos en suspensión y microorganismos

patógenos que causan enfermedades, y que además llegan a los ríos y al mar y en su gran mayoría sin ningún tratamiento.

Especialmente en el caso de los ríos es un tema muy preocupante, ya que son fuentes de abastecimiento para el agua potable, cultivo, riego, bebida de animales, etc. Además, este tipo de contaminación puede pasar al suelo y posteriormente a las plantas, verduras y frutas a través del riego y luego serán consumidos por seres vivos.

Los ríos por su parte son considerados como circulaciones de agua perennes concentradas en un lecho y, a menudo, organizados en redes. Pueden desembocar en otra, en un lago o en el mar. Se diferencian unos de otros por su envergadura y por la complejidad del régimen hidrológico ligadas a la diversidad de los afluentes que reciben (Universidad Nacional del Litoral, 2012).

Latinoamérica posee un excedente hídrico debido a la cantidad de precipitaciones que se presentan en esta zona, y Perú es un país que se encuentra con una disponibilidad per-cápita de agua de aproximadamente  $1,790 \text{ m}^3/\text{año}$  lo cual lo califica como “suficiente”, sin embargo, la proyección para el año 2025 refiere que su disponibilidad será de  $980 \text{ m}^3/\text{año}$ , lo que implica una situación de stress hídrico (Samboni, Reyes y Carvajal, 2011).

En el Perú los ríos con mayor contaminación son: el Mantaro, San Juan, Yauli, Rímac, Moche, Santa, Cañete, Locumba y Huallaga. Las causas que generan esta situación son diversas de acuerdo con la ciudad en las que se encuentran, pero las más comunes son por la actividad minera, la actividad



industrial, basura, además las ciudades que no cuentan con un sistema adecuado de saneamiento. (MINAM, s.f.).

En Cajamarca, existen diversos peligros que afectan y contaminan los ríos, algunos se relacionan a la deforestación en zonas altas, la presión del suelo, viviendas al borde del lecho y cursos de los ríos; también existen vertimiento de líquidos residuales en el curso del agua; existe arrojamiento de residuos sólidos, hay una ausencia de un sistema integral de un drenaje pluvial y distorsión del lecho natural del río y extracción de sedimentos, entre otras.

Específicamente en la ciudad de Cajamarca los ríos Porcón y Grande, son esenciales pues son parte del sistema que ofrece el servicio de agua potable, donde además se evidencian actividades agrícolas, de riego e industriales como canteras. Por lo que son ríos con una gran importancia para las zonas aledañas y por lo que su cuidado debe ser esencial.

Para finalizar, la contaminación de las aguas en Cajamarca y en el Perú es un problema muy antiguo, donde el crecimiento poblacional ha llevado a que los ríos, lagos y mares sirvan de botaderos de todo tipo de residuos los cuales contienen grandes cantidades de patógenos, organismos microbiológicos que al tener contacto con el ser humano puede causar enfermedades.

Esta situación es un indicador importante del por qué se debe tomar conciencia sobre el cuidado de los recursos hídricos, pues se debe priorizar la calidad del agua. Debido a ello para la evaluación de la calidad del agua existen parámetros biológicos, físicos, químicos; que al analizarlos son los que dan una caracterización del agua. Esto permite usarla en distintas actividades, es decir, que

tenemos aguas para el consumo humano, otras que se pueden usar para el regadío o bebida de animales, es por ello que es muy importante saber de dónde proviene y qué utilidad se le puede dar mediante el análisis de los parámetros.

Actualmente hay múltiples metodologías para detectar la contaminación fisicoquímica del agua. Una de ellas son los índices de calidad de agua, los cuales proporcionan una caracterización en un lugar y momento definido, pues incorporan el análisis de diversos parámetros en una ecuación que permite identificar la calidad del agua. Uno de los índices más usados en España es el Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA), el cual está basado en el análisis de 5 parámetros fisicoquímicos (Demanda química de oxígeno, temperatura, conductividad, sólidos suspendidos totales y oxígeno disuelto) y cuyo objetivo es dar una calificación al agua para evaluar su calidad, su beneficio es proporcionar una idea rápida e intuitiva de la calidad del agua, además de que es fácil de usar.

Es por ello que mediante este proyecto busca usar esta herramienta de evaluación ISQA para determinar la calidad del agua de dos de los ríos más importantes en la ciudad de Cajamarca, pues este índice representa una nueva alternativa para dar una visión global a la calidad, pues es un método rápido, útil y confiable, además este método permitirá tomar decisiones sobre distintas fuentes de agua y sus posibles usos.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca – 2022?

## **1.3 Justificación de la investigación**

En la actualidad es muy importante conservar los ríos, pues todas las comunidades necesitan el agua para muchos usos: agua potable, producción de alimentos, crianza de animales, industria, recreación y actividades culturales. Todos estos usos pueden ser obtenidos de los ríos; sin embargo, así como son fuentes proveedoras de agua cada vez es más común verlos también como fuente de contaminación. Es así que, la conservación adecuada de un río busca velar por los patrones naturales de los flujos de agua, de modo que a lo largo de su transcurso cubra las necesidades de las personas, los animales y las plantas y así mantener un equilibrio ecológico (Jay O’Keeffe, 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), (2022), indica que en el mundo hay al menos 2000 millones de personas que utilizan una fuente de agua para consumo humano contaminada con heces. La contaminación microbiana del agua es resultado de la contaminación con heces y supone el mayor riesgo en cuanto a salubridad y transmisión de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

Pero este no es el único problema sino muchas veces también el tema agrícola que se desarrolla en la ciudad y más aún en los exteriores, donde se usan productos químicos y biológicos los cuales también contaminan al agua.

Por este hecho es que se deben realizar estudios a tiempo y evitar que las personas adquieran ese tipo de enfermedades de lo contrario la población se verá expuesta y vulnerable.

La investigación es de gran utilidad ya que los ríos de estudio son de gran importancia en la ciudad de Cajamarca pues poseen un alto valor hídrico, son fuentes de agua potable, riego y un gran valor socio cultural. Debido a todas estas características se muestra la importancia del cumplimiento de los estándares de calidad que implican las respectivas pruebas y mediciones, por lo que esta investigación pretende usar el Índice Simplificado de la Calidad del agua (ISQA), el cual tiene una metodología simplificada y específica puede determinar de manera rápida y económica la calidad del agua y comprobar si es apta para el consumo humano o cualquier distinto propósito. Con este fin se analiza el agua, pues como se sabe antes de hacer uso de aguas superficiales deben ser examinadas lo cual podrá determinar si es apta o no para el consumo o uso de la población.

Podemos ver que muchas actividades que afectan los ríos y que serán una amenaza a largo plazo, por ello surge la necesidad del uso de instrumentos que permitan monitorear la calidad del agua y a la vez permitan tomar las medidas necesarias.

Es aquí donde este estudio busca ser de ayuda para conocer el estado actual de los ríos y establecer las medidas de mitigación o de conservación que sean necesarias, además es el primero en la ciudad de Cajamarca que evalúa la calidad del agua de un río con ISQA por lo que su importancia también se centra en servir como base para futuras investigaciones.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### 1.4.1 Objetivo general

Determinar el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca -2023.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los valores de los parámetros considerados en el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca – 2023.
- Evaluar los valores de los parámetros considerados en el índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca – 2023

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Teorías que sustentan la investigación

### 2.1.1 Internacional

De Bustamante, Sanz, Goy, González-Hernández, Encabo y Mateos (2002) realizaron en España una investigación llamada “Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicaciones del índice ISQA”, la cual tuvo por objetivo el estudio de la calidad de las aguas superficiales en el noroeste de la Sierra del Sistema Central (España), en dos periodos diferentes, primavera y verano. La zona de estudio se caracteriza por la existencia de entornos naturales de gran interés (zona occidental del Parque Regional de la Sierra de Gredos, Parques Naturales de Las Batuecas y Candelario y Paisaje Protegido de El Rebollar). La calidad del agua superficiales se ha determinado mediante el índice simplificado de calidad del agua (ISQA), para ello se han realizado dos campañas de toma de muestras de agua en los meses de abril y septiembre de 2001 donde se tomaron muestras simples en las que se determinaron temperatura, oxígeno disuelto y conductividad (in situ) y demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos en suspensión (en laboratorio), calculándose posteriormente el índice.

En la campaña correspondiente al mes de abril (período húmedo), se seleccionaron 103 puntos de agua, obteniéndose valores de ISQA que oscilaban entre 48 (Arroyo del Villar, agua debajo de Medinilla) y 100 (curso alto del río Morasverdes), con un valor medio de 89, lo que indica que la calidad de las aguas superficiales en la zona y en el momento del muestreo es **BUENA** salvo algunos puntos con vertidos próximos. Esta bondad de la calidad se debe a que el

muestreo se ha ejecutado en primavera y en un año especialmente húmedo, por lo cual las cargas de contaminantes se diluyen en el cauce.

Ahora bien, en la campaña del mes de septiembre se seleccionaron 107 puntos de muestreo (103 de la campaña anterior y se añadieron 4 más), sin embargo, solo fueron muestreados 74, ya que 33 de los puntos seleccionados estaban secos. Los valores obtenidos de ISQA varían entre 6 (Río Frío en Béjar, aguas debajo de un vertido industrial) y 96 (nacimiento del río Payo) con un valor promedio de 74. El empeoramiento en esta fecha se debe a la disminución de los caudales y a la presión demográfica producida por el periodo estival.

Se destaca el uso del ISQA ya que permite obtener resultados de forma rápida y económica, ya sea en áreas rurales o zonas con espacios protegidos. Siendo así una herramienta útil y de gran interés porque permite conocer el estado de la calidad de las aguas e identificar fuentes de contaminación que facilite estudios posteriores de identificación de problemas y sus respectivas medidas. (p. 106)

Rivera (2008), en su trabajo de investigación para optar el grado académico de Maestro llamada “Determinación de los índices de Calidad y Coeficientes Cinéticos de Auto Depuración del Agua, en la parte alta de la cuenca del río Naranjo Ubicada en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango” fue desarrollada con la finalidad de generar información que describiera la calidad del río y permitiera determinar coeficientes cinéticos de autodepuración.

La metodología de estudio decidió desarrollarse de manera práctica para facilitar la representación de datos. La zona de estudio se encuentra en la parte alta



de la cuenca del Río Naranjo, aquí se definieron tres zonas de muestreo (parte alta, media y baja) y en dos épocas distintas (época seca y la época lluviosa).

Se realizó un total de 10 muestreos, es decir 5 por cada época y la toma de muestras se realizó con métodos normalizados que se encuentran en el análisis de aguas potables y residuales. Ya una vez obtenidos los resultados se procedió a determinar los índices de calidad y los coeficientes cinéticos de desoxigenación, reoxigenación y carga contaminante.

Los resultados del ISQA en las tres estaciones muestran valores bajos en la primera estación entre un rango de 30.57 a 59.70, medios en la estación dos en los rangos de 50.24 a 64.37 y valores levemente más altos en la estación tres entre los rangos de 44.72 a 67.40 que de acuerdo con la valoración de la calificación ISQA se encuentran en una categoría de calidad de agua Inadmisibles.

Rodríguez,( s.f.) en su investigación llamada “Aplicación de indicadores de calidad del agua para el riachuelo Mi Padre Jesús en la ciudad de Bogotá, Colombia” realizó la evaluación de tres índices de calidad los cuales eran el Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA), el Índice de Calidad del Agua (ICA) y Índice de Calidad General del Agua (ICGA) con la finalidad de responder a una problemática de contaminación debido a aguas residuales domésticas y pecuarias que son descargadas y que ocasionan un problema estético, olores ofensivos, proliferación de vectores y presencia de residuos sólidos. Menciona lo siguiente:

La quebrada posee una clasificación climática de bosque seco pre montano y provincia de humedad subhúmedo. El tipo de suelo predominante es con

piedras en la superficie en matriz arcillosa, arenosas, poca materia orgánica y material parental. Desde el punto de vista hidrológico, ésta posee una altitud 2850 msnm, con área de cuenca de 71 Ha, pendiente promedio del 37.9%, caudales combinados (agua de la quebrada y de aguas residuales crudas) estimados que oscilan entre 10.50 L/min hasta 240 L/min según la época climática (p. 7).

Para el análisis de índices de calidad se seleccionaron 4 puntos de muestreo que se encuentran: en el nacimiento de la quebrada, en la descarga porcícola, en la descarga de la PTAR y en la entrega para canalización.

El resultado del análisis del Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA) mostró como resultados un **79,15** que corresponde a **BUENA** calidad de agua para el nacimiento de la quebrada, **9,5** para la descarga porcícola siendo **MUY MALA**, **44,75** para la descarga de la PTAR siendo de calificación **MALA** y **58,4** en la entrega para canalización siendo de calidad **MEDIA**. Al utilizar el ISQA se pudo concluir que la calidad de agua del riachuelo es sensible a las descargas de aguas residuales sin tratar y también se puede observar la recuperación del cuerpo de agua.

Villalba (2015), realizó una investigación denominada: “Determinación de Indicadores de Calidad de Agua del Río Dicaro, como receptor de Aguas Servidas y de Escorrentía Del Proceso SPF del Bloque 16” donde tuvo por objetivo determinar la calidad del agua del río Dicaro que ha sido influenciado por descargas de aguas negras y grises emitidas por la compañía petrolera Repsol. Para ello se usaron varios índices de calidad como ISQA, el índice biológico de

calidad BMWP y ETP; además se usó un índice ICA diseñado por la investigadora que tomó como base diversas investigaciones y que se desarrolló de acuerdo con el método Delphi que toma en cuenta criterios de calidad de aguas para la prevención de flora y fauna de aguas dulces expresados en la legislación ambiental ecuatoriana.

La metodología de la investigación consistió en una etapa de campo y otra de análisis de resultados. Para la etapa de campo se definieron los puntos de muestreo en distintos lugares: aguas arriba de la descarga, aguas debajo de las descargas – puente del río Dicaro y aguas debajo de las descargas - Wartsila; luego se estableció un plan de monitoreo que consistió en la toma de muestras de forma semanal desde enero del 2014 hasta mayo del año 2015 en cada uno de los puntos. Para la etapa de análisis de resultados primero las muestras tomadas fueron enviadas a un laboratorio acreditado que evaluó cada uno de los parámetros establecidos, una vez obtenidos estos resultados se procedió a su respectivo análisis.

Con respecto al índice ISQA los resultados muestran que en el primer punto aguas arriba de las descargas la calidad es **BUENA** y apta para cualquier tipo de uso, en cuanto al segundo punto aguas abajo de las descargas – puente del río Dicaro ISQA mostró que la calidad del agua entre los meses de marzo y abril la calidad **MODERADA** y utilizable esto puede deberse a que en estos meses el oxígeno disuelto presentó valores bajos; sin embargo, en el mes de mayo en este punto la calidad es **BUENA**. Y finalmente para el tercer punto el ISQA muestra que la calidad del agua es **BUENA** excepto en el mes de abril que es Regular.

Ajcabul (2016), en su investigación denominada “Análisis comparativo entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la Quebrada, el Frutal” con el objetivo de determinar si el ISQA tiene una diferencia significativa con el ICA, para ello se realizó un análisis estadístico mediante datos pareados de muestras tomadas en dos épocas distintas: la época seca y la época lluviosa.

La realidad problemática del río La Quebrada se caracteriza por la contaminación debido a desechos domésticos e industriales. Para la determinación de la calidad se tomaron ocho muestras, cuatro en época de lluvia y 4 en época seca, para obtener un comportamiento general.

Con respecto a los resultados, no existe diferencia significativa entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), se debe tener en cuenta que en la época lluviosa los resultados tienen una mayor aproximación que en la época seca.

La calidad del agua obtenida mediante el ISQA varía de **MEDIA** a **MUY MALA**, además se observó un aumento al pasar de época seca a época lluviosa, aunque no aumentó lo suficiente para dejar de ser de mala calidad. La calidad obtenida mediante el ICA aumentó, al pasar de época lluviosa a época seca, pero no dejando de ser clasificada como de mala calidad (p. XI).

En general la calidad del río durante todo el año fue mala; con el ISQA su valor promedio es de 41,32 donde se nota una calidad favorable en temporada

seca debido a que en temporada lluviosa la infiltración de desechos domésticos e industriales provoca un mayor caudal y turbulencia, además que estos desechos causan procesos de fermentación, mal olor, espumas y coloración no natural.

Terán (2019), en su tesis para optar el grado de licenciatura llamada “Determinación del Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) de la Zona Urbana de la Parroquia de Pacto Provincia Pichincha” tuvo por objetivo determinar el ISQA con el fin de conocer el estado actual del agua para tomar acciones futuras adecuadas; debido a que, el área de estudio no cuenta con el servicio de agua para consumo humano.

La metodología utilizada fue la de ISQA, pero además se usó la metodología ICA, para tener una mejor percepción de resultados. Primero se realizó una división del área en 4 cuadrantes, donde se seleccionó 4 estaciones de muestreo, considerando en total 16 puntos de muestreo. Posteriormente se realizó la toma de muestras del área de estudio y mediante los resultados obtenidos se procedió a realizar las diferentes ecuaciones del ISQA y del ICA, al igual que las ponderaciones correspondientes de cada índice para determinar la calidad de agua.

Con esto se determinó que el agua de la zona urbana de la parroquia de Pacto provincia Pichincha, tuvo un índice ISQA de 79,89 y de ICA de 81.42; éstos valores que se encuentran establecidos en el segundo rango en la escala de la clasificación de la calidad del agua, indicando un rango entre el 70 – 90, que indica un agua levemente contaminada, pero que puede ser empleada en riego de cultivos, a pesar de esto, el agua puede ser

utilizada para consumo humano únicamente una vez sea sometida a tratamientos previos convencionales, como la desinfección o filtración con carbón activado (p. 1).

Además, se reconoce la importancia de los índices de calidad de agua como herramientas de evaluación y conocimiento del estado actual del agua en un lugar específico que permite tomar las acciones o medidas oportunas que permitan mejorar la calidad del agua de la población mediante la implementación de tratamientos previos del agua para poder hacerla apta para el consumo humano.

Isidro (2019), en su investigación realizó el monitoreo del río Molino con el objetivo de evaluar la calidad del agua mediante el ISQA y el índice BMWP.

Para la toma de muestras se realizó primero una delimitación del campo de estudio, aquí se seleccionaron dos puntos de muestreos ubicados en la parte alta y baja del río, se tomaron 5 muestras en época lluviosa y 5 muestras en época seca. El análisis se realizó en Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina”.

Los resultados por medio del índice ISQA para la época seca en la parte alta mostraron un promedio de 22,87 siendo de color rojo siendo de Pésima calidad y en la parte baja un valor de 22,20 de color rojo y pésima calidad, esto indica que son aguas negras con fermentación y olor considerable. En la época lluviosa la parte alta presentó un valor de 25,09 siendo de color amarillo y mala calidad; por otro lado, la parte baja tuvo un promedio de 28,67 de color amarillo y mala calidad que indica que son aguas contaminadas con leve olor.

“En general la calidad fisicoquímica se pudo observar una mejora de un 9,71 % en la parte alta y un 29,11 % en la parte baja del río, al cambiar de época seca a época lluviosa” (p. 49).

En el índice simplificado de calidad del agua (ISQA) se observa que la calidad del agua en la parte alta: residenciales San Gil, es menor en ambas épocas esto se debe a que el río pasa por la residencial donde no se tiene una planta de tratamiento de residuos domésticos y al estar cerca de la actividad antropogénica aumenta el acumulo de desechos orgánicos por lo que aumenta la cantidad de solidos suspendidos totales (SST) y, por lo tanto, disminuye la calidad del agua (p. 45).

Coloma (2021), en la investigación llamada “Determinación de la Calidad Ambiental del Agua, mediante Índices Bióticos y Fisicoquímicos en el río Aceituno y río Méndez de la cuenca los Ocotes jurisdicción Ciudad de Guatemala”

La técnica de estudio consistió en la determinación de dos índices ISQA y BMWP en época seca y época lluviosa, para ello se establecieron dos puntos de muestreo uno en la parte alta y otro en la parte baja de cada uno de los ríos (Río Aceituno y río Méndez de la cuenca del río Los Ocotes, zona 17 de la Ciudad de Guatemala). Además, en cada de los puntos se tomó cinco muestras que fueron analizadas en un laboratorio para posteriormente realizar el análisis estadístico.

Concluyendo la investigación se llegó a conocer la calidad del agua de acuerdo con el ISQA. En el río Méndez de manera general la parte alta y baja es Pésima en época seca; en la parte alta con un valor promedio de 23,53 y en la

parte baja como un valor promedio de 22,65, ambos siendo representados con un color rojo. Esta calidad quiere decir que en esta época del año el agua posee fermentación, un olor considerable y se pueden decir que son aguas negras.

Ahora bien, con respecto a la época lluviosa del río Méndez se observa una mejora en comparación a la época seca, siendo en esta temporada el agua considerada de Mala calidad, en la parte alta del río se encontró un valor promedio de 41,58 y en la parte baja del río en un promedio de 40,47 siendo representado con el color amarillo. Esta calidad se refiere aguas contaminadas y que poseen un olor leve.

Con respecto al río Aceituno se determinó que tanto en la parte alta como baja existe una mejora en la época lluviosa con respecto a la época seca. En la parte alta la época seca tuvo un valor promedio de 45,99 y la época lluviosa un valor promedio de 73,42, representados por el color amarillo y verde respectivamente. En la parte baja del río la época seca recibió un valor de 52,00 y la época lluviosa un valor de 68,81. En general, la característica del agua se puede decir que posee claridad visual, es inodora y con fauna variada.

Hernández (2021), en su investigación llamada "Caracterización de la calidad del agua del río Canalitos, perteneciente a la subcuenca río los Ocotes, por medio del índice biótico BMW-CR y el índice de calidad y ISQA" con el fin de estudiar la calidad del agua que corre por el efluente del Río.

La metodología para la toma de muestras consistió primero en una visita de reconocimiento para determinar una ruta óptima y los mejores puntos de acceso al río. Una vez realizado la visita se seleccionaron tres puntos de muestreo,



que se encontraban en la parte baja, media y alta del río. Además, se consideraron dos épocas del año: la época lluviosa de agosto a octubre y la época seca de enero a marzo. Se realizaron 5 muestreos en cada época que fueron calendarizados para mejorar la organización y evitar problemas con la disponibilidad de los equipos. Después de contar con las fechas destinadas para el muestreo se procedió a preparar el equipo y a la toma de muestras. Posteriormente, los resultados se analizaron para obtener la puntuación respectiva de cada índice y posteriormente determinar si existía una influencia entre los resultados de los índices.

Los resultados ISQA que se obtuvieron durante el muestreo demostraron que ya sea en la época lluviosa o seca en la parte alta y en la parte baja del río se tiene una calidad Regular, mientras que en la parte media de la cuenca presenta una Mala calidad del agua. Y los valores promedios por época fueron de 51,78 para la época lluviosa y 57 para la época seca siendo que ambas épocas demuestran una calidad Regular, así también no existe mucha diferencia significativa en estas dos épocas.

### 2.1.2 Nacional

Vargas (2021), en tesis presentada para la obtener el título profesional llamada “Determinación de Índice Simplificado de Calidad de Agua en el río Chili Arequipa 2019” para la evaluación del índice se tomaron cinco puntos de muestreo que se encuentran dentro del área de influencia de Arequipa metropolitana; los cuales son RIO 01- Parte alta de Chilina, RIO 02 - Puente San

Martin, RIO 03 - Puente San Isidro, RIO 04 - Puente Tiabaya y RIO 05 - Zona Congata.

Respecto al índice simplificado de calidad de agua se determina que todos los puntos de muestreo se encuentran en el rango de 71 a 90 de la escala arbitraria, siendo los de valor más alto el punto RIO 02 con un valor de 87 y el punto RIO 01 con el valor de 81, el punto más bajo es RIO 05 con el valor de 77. Todos los puntos corresponden a una **BUENA** calidad de agua, siendo representados por el color verde.

Llamosas (2022), en su investigación se realizó una propuesta de un sistema de vigilancia participativa de calidad de agua del río Colca; Caylloma–Arequipa; para esto se estableció una red de monitoreo y se aplicaron distintos índices de calidad de agua todo con el fin de facilitar la interpretación de los resultados ya sea para el investigador como para la población.

El trabajo de investigación consideró la parte alta de la cuenca del río Colca, debido a que la zona es de mucha importancia debido a que el agua es utilizada para uso agrícola, poblacional y otros. Primero se determinó la red de monitoreo para ello se establecieron objetivos que constan del seguimiento del recurso, la vigilancia y control y el modelamiento de la variación de la calidad del agua. A continuación, se seleccionaron las estaciones de monitoreo que en total fueron siete, corresponden a los extremos superiores de la cuenca una hacia el río Pulpera y el otro hacia el río Colca, aguas arriba del distrito de Sibayo y se inició con la medición de los parámetros en cada una de las estaciones propuestas. El

muestreo se desarrolló en mes de octubre del año 2019 y el mes de noviembre del año 2021; con los resultados se determinó el ISQA.

Como resultados del índice ISQA se obtuvo que los puntos COLCA No. 1 y COLCA No. 3 muestran ser de **BUENA** calidad representado por el color verde, los puntos COLCA No. 2 y COLCA No. 5 muestran ser de calidad **MEDIA** y COLCA No. 4, COLCA No. 6 y COLCA No. 7 son calificados de **MALA** calidad de agua.

### 2.1.3 Local

Ayala y Llaxa (2021), en su investigación llamada “Calidad del Agua de la Laguna San Nicolás de Namora según el Índice Simplificado de la Calidad del Agua – Cajamarca, 2021” decidieron evaluar la calidad de esta laguna con el fin de contribuir con una línea base para posibles usos del agua, así como para futuras investigaciones.

Para la recolección de muestras primero se realizó un reconocimiento del área para verificar la accesibilidad, extensión y geomorfología de la laguna para establecer puntos de muestreo y por último se hizo el muestreo de acuerdo con el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”. Se seleccionaron nueve puntos de toma de muestras que fueron enviados a analizar para luego realizar su respectivo análisis estadístico.

Los resultados obtenidos en los nueve puntos de monitoreo clasifican al agua de la laguna San Nicolás de **BUENA** calidad que indica un agua apta para pesca y usos recreativos y de uso potable siempre y cuando sea tratada mediante tratamientos convencionales.

Con respecto a el presente proyecto, a nivel local no existen investigaciones relacionadas a la determinación del Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA) aplicado en ríos. Este antecedente local a pesar de que haya tenido como objeto de estudio la aplicación en una laguna San Nicolás de Namora ayuda a demostrar que este índice es de confianza y completamente aplicativo a nivel de Cajamarca.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 ¿Qué es un índice de calidad del agua (ICA)?**

Es un número que expresa la calidad global del agua en un lugar y momento determinado basándose en varios parámetros. Su objetivo principal es convertir e integrar datos complejos en información comprensible, interpretable y utilizable por el público en general, así mismo ofrecer una visión general de la calidad del agua mediante un único indicador (Toma, 2012; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 2019).

Un índice de calidad del agua basado en algunos parámetros muy importantes proporciona un indicador sencillo de la calidad del agua. En general los índices de calidad del agua incorporan datos de múltiples parámetros de calidad del agua en una ecuación matemática que califica la salud de una masa de agua con un número (Kambalagere, 2008, p. 342).

Al usar esta herramienta en la evaluación del agua, permite identificar su calidad; ya sea en un cuerpo superficial o subterráneo y crear un análisis general que permita tomar acciones de control y mitigación de impactos, vulnerabilidad

del cuerpo ante amenazas y a la vez la formulación de políticas que garanticen el suministro de agua segura a toda la población. (Caho-Rodríguez y López-Barrera, 2017; Torres, Cruz y Patiño, 2009)

### 2.2.2 Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA)

Este índice fue desarrollado por Queralt, en España en el año 1982 para evaluar la calidad de las cuencas de Cataluña. Se basa en 5 parámetros físicoquímicos que son:

- Demanda química de oxígeno
- Temperatura
- Conductividad
- Sólidos suspendidos totales
- Oxígeno disuelto

Es uno de los índices más utilizados en España, su objetivo principal es asignar un valor o calificación a la calidad del agua mediante una cantidad limitada de parámetros y que a su vez permita generar una interpretación comprensible para un futuro análisis (Rivera, 2008 y Vargas, 2021)

Tienen la ventaja de ser fáciles de usar y proporcionan una idea rápida e intuitiva de la calidad, pero son arbitrarios y pueden inducir a error debido a su reduccionismo. Si se utilizan otros índices complementarios se tiene una idea más adecuada y completa de la calidad (Rivera, 2008, p.25).

### 2.2.2.1 Descripción de los parámetros de evaluación

#### 2.2.2.1.1 Temperatura

Representa un parámetro físico muy importante, que está involucrado en diversos procesos del agua como la absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos, la desinfección, floculación, sedimentación, filtración y en el retardo o aceleración de la actividad biológica.

Uno de los procesos más importantes involucra a la actividad biológica en el agua, pues se duplica cada diez grados de acuerdo con Ley del  $Q_{10}$ , y afecta directamente a los organismos que habitan en el agua, ya después de un valor característico aumenta los procesos de putrefacción. Se determina mediante termometría realizada “in situ” y puede variar constantemente debido a múltiples factores ambientales o antropogénicos (Aznar, 2000 y Barrenechea, 2004).

#### 2.2.2.1.2 Demanda química de oxígeno

Representa un método rápido como indicador de contaminación orgánica y biológica, pues es un parámetro indicativo de materia orgánica global, biodegradable y no biodegradable en el agua. Se refiere a la cantidad total de oxígeno consumido ( $mg/L$ ) por los cuerpos orgánicos reductores presentes en el agua (Aznar, 2000 y Barrenechea, 2004).

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por las materias oxidables contenidas en el agua y también puede ser expresado en ppm de  $O_2$ . Indica el contenido en materias orgánicas oxidables y otras sustancias reductoras, tales como  $Fe^{++}$ ,  $NH_4^+$ , etc. (Rigola Lapeña, 1989, p. 37).

De acuerdo con Aznar, (2000) menciona que:

Primero se adiciona una cantidad pesada de dicromato potásico ( $K_2Cr_2O_7$ ) a un volumen conocido de la muestra, acidulando el medio ( $pH < 7$ ) y destilando a reflujo el sistema durante 2 ó 3 horas. El dicromato sobrante de la oxidación de la materia orgánica se evalúa mediante un agente reductor (generalmente sulfato amónico ferroso). La diferencia entre la cantidad inicial de dicromato y la determinada por valoración con el agente reductor es la consumida en la oxidación de la materia orgánica presente en el efluente. Entonces la DQO es igual a la cantidad de dicromato consumido, expresado como mg/L de oxígeno presente en la disolución. La toma de muestra se debe hacer inmediatamente antes del análisis o, tras acidular la misma con ácido sulfúrico a  $pH \leq 2$ , antes de 5 días, conservándose en nevera y en la obscuridad o antes de un mes congelando a  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ” (p.6).

#### 2.2.2.1.3 Conductividad eléctrica

La conductividad significa la conducción de la energía por iones, es decir mide la capacidad del agua de conducir la electricidad. Proporciona una visión clara de la existencia de sales disueltas en forma ionizada. Estos iones pueden estar cargados de forma positivo como el sodio  $Na^+$ , calcio  $Ca^{+2}$ , potasio  $K^+$  y magnesio  $Mg^{+2}$  e iones negativos como el cloruro  $Cl^-$ , sulfato  $SO_4^{-2}$ , carbonato, bicarbonato. (Gobierno de California, s.f., p.1)

Cuando el agua es pura no existe conductividad o es mínima, ya que naturalmente esta es resistente a la conducción de la energía. Se puede determinar

mediante un conductímetro o con una célula. Se mide en  $\frac{\mu mhos}{cm}$  o  $\frac{\mu S}{cm}$  (Reyes, 2017).

#### 2.2.2.1.4 Sólidos suspendidos totales

Rigola (1989) afirma:

Los sólidos suspendidos, SS, son una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando los residuos que queda en el filtro, después de un secado. Son indeseables en las aguas de proceso porque pueden causar depósitos en las conducciones, calderas, equipos, etc. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en las superficiales varía mucho en función del origen y las circunstancias de la captación (p. 32).

#### 2.2.2.1.5 Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno presente en el agua necesario para el desarrollo de ríos y lagos saludables, y es un indicador de contaminación del agua y de la capacidad del medio para sustentar la vida. Se ha establecido que un nivel alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad del agua, mientras que niveles muy bajos no permiten la supervivencia de los organismos vivos.

Es un parámetro que se determina “in situ” mediante un electrodo de membrana o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio, expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. Deben tomarse las debidas precauciones para no arrastrar ni disolver oxígeno del aire durante la manipulación de la muestra, efectuándose el



ensayo antes de cuatro días, conservando las muestras en recipientes de vidrio en ausencia de luz. El valor máximo de OD es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua y disminuye con ella (Aznar Jiménez, 2000, p.4).

#### 2.2.2.2 Método para la determinación del ISQA

La estimación de este índice emplea el producto de la temperatura por la sumatoria de los valores obtenidos mediante ecuaciones que transforman a cada una de las concentraciones de DQO, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y conductividad en un número adimensional, tal como lo hacen otros ICA. Este número adimensional corresponderá a una calidad con respecto a una tabla de evaluación (Torres, Cruz y Patiño, 2009).

##### 2.2.2.2.1 Ecuaciones de cálculo empleadas para la determinación del ISQA

De Bustamante et al. (2002) menciona que el ISQA está representado por las siguientes fórmulas:

$$ISQA = T(A + B + C + D) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

T = Es la función de la temperatura del agua del río expresada en °C. Su valor asignado puede variar entre 0,8 y 1.

A = Demanda química de oxígeno (DQO), es la función de la oxidabilidad y corresponde al oxígeno consumido en una oxidación con  $MnO_4K$  en

ebullición y medio ácido. Incluye el contenido orgánico, tanto si es natural como si no lo es. Varía entre 0 y 30.

B = Sólidos suspendidos totales (SST), es función de la materia en suspensión que puede separarse por filtración. Este parámetro incluye polución orgánica, inorgánica, industrial y/o urbana. Tiene mucha influencia en la fotosíntesis. Varía entre 0 y 25.

C = Es la función del Oxígeno disuelto (OD) en el agua. Su concentración está en relación con la oxibilidad y con el contenido de materia orgánica biodegradable. Varía entre 0 y 25.

D = Es la función de la Conductividad Eléctrica. Mide la concentración de sales inorgánicas. Varía entre 0 y 20.

En total el rango de valores del índice va de 0 para pésimos hasta 100 para valores óptimos (p. 106).

### Tabla 1

*Valores para la determinación ISQA*

Equivalencia/ Parámetro	Valores
T Temperatura (°C)	$E = 1 \quad ; \quad \text{si } T \leq 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ $E = 1 - (T - 20) * 0.0125 \quad ; \quad \text{si } T > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$
A Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	$A = 30 - DQO \quad ; \quad \text{si } DQO \leq 10 \text{ mg/L}$ $A = 21 - (0,35 * DQO) \quad ; \quad \text{si } 60 \text{ mg/L} \geq DQO > 10 \text{ mg/L}$ $A = 0 \quad ; \quad \text{si } DQO > 60 \text{ mg/L}$

		$B = 25 - (0,15 * SST) ; si SST \leq 100 mg/L$
B	Sólidos Suspendidos (mg/L)	$B = 17 - (0,07 * SST) ; si 250 mg/L \geq SST > 100 mg/L$ $B = 0 ; si SST > 250 mg/L$
C	Oxígeno Disuelto (mg/L)	$C = 2,5 * O_2 ; si O_2 < 10 mg/L$ $C = 25 ; si O_2 \geq 10 mg/L$
D	Conductividad (CE $\mu S/cm$ a 18 °C)	$D = (3,6 - \log \log CE) * 15,4 ; si CE \leq 4000 \mu S/cm$ $D = 0 ; si CE > 4000 \mu S/cm$

*Nota: El cuadro fue extraído de Villalba, 2015*

### 2.2.2.3 Interpretación del índice ISQA

La interpretación del resultado se realizó en base a una escala que divide la calidad del agua en 6 usos específicos. Está dado por la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Clasificación de la calidad del agua según ISQA*

Calidad	Valor	Significado	Color
Buena	76-100	Aguas claras, sin aparente contaminación	Azul
Regular	51-75	Ligero color de agua, con espumas y ligera turbidez del agua, no natural	Verde
Mala	26-50	Apariencia de aguas contaminadas y de fuerte olor	Amarillo

Pésima	0-25	Aguas negras, con procesos de fermentación y olor	Rojo
--------	------	---	------

*Nota: El cuadro fue extraído de Coloma, 2021.*

### 2.2.3 Ríos

#### 2.2.3.1 Definición

De acuerdo con la Real Academia Española, (2023) un río es “Una corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar”.

Así mismo Légifrance – Ley 2016-1087 como se citó en Hernández, (2018) menciona:

Un río es un flujo de agua corriente en un lecho natural originalmente alimentado por una fuente y que presenta un caudal suficiente durante la mayor parte del año. El caudal puede no ser permanente dadas las condiciones hidrológicas y geológicas locales (p. 4).

#### 2.2.3.2 Río Porcón

Este río se encuentra en la región y provincia de Cajamarca, es de orden 4, pertenece a la cuenca Crisnejas y además pertenece a la vertiente del Atlántico, oriental o del Marañón (Gobierno Regional de Cajamarca, 2012).

Está conformado por la quebrada Chilincaga, en la parte más alta, y los ríos Quilish, Tual y Hornomayo. La quebrada Chilincaga recibe a su vez los aportes de Quilish (quebrada), El Gayuyo, Sin Sin y Hierba Bueba I. El río Quilish de las quebradas Bramadero, Paja Verde, Lirio Zabja y Los pinos. El río Hornomayo recibe los aportes del Porconcillo (Cushunga) y la quebrada del

mismo nombre; el primero, a su vez recoge las aguas de las quebradas Totorane y Coñorcucho.

La longitud promedio de este río es de 9 244 metros (9.2 km). El área de influencia de este curso es de 74.52 kilómetros cuadrados ( $km^2$ ) (Benavides, Ángeles, Salazar y Abásolo, 2007; Arana Zegarra, 2002).

De acuerdo con Rudas, (2022):

Al evaluar el caudal durante los meses febrero, marzo y primeros días de abril determinó que el mayor caudal fue  $2.42 m^3/s$  en el mes de marzo y el menor caudal  $0.41 m^3/s$  en el mes de febrero. Este río tiene una variación de altura desde los 2848 hasta los 3690 m.s.n.m. con una pendiente de cuenca de 16.13%, siendo una cuenca con una empinación ligera. Además, su cauce se caracteriza por tener una pendiente de 3.42%, por tanto, se trata de un río de montaña, con presencia de 50.22 % de gravas. (p. 66).

El sistema de captación que es parte del sistema integral de agua que ofrece el servicio de agua potable a la ciudad de Cajamarca tiene como una de sus fuentes el río Porcón. Esta captación fue construida en el año de 1980 y se encuentra en la cota 2751 m.s.n.m. en el sector de Huambocancha Alta (Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2005).

Con respecto a las actividades productivas que se desarrollan en este río una de ellas es la explotación aurífera por parte de la Empresa Minera Yanacocha S.A., además se evidencia el uso agrícola y la extracción de agregados finos y gruesos para abastecer la industria de construcción de la región (INDECI, 2005).

### 2.2.3.3 Río Grande

El río Grande se encuentra ubicado en la región y provincia de Cajamarca, pertenece a la cuenca del río Mashcón y forma parte de la vertiente del Atlántico (Huamán, 2016; Ministerio de Salud (MINSA) y Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), 2007)

Este río se origina desde la confluencia de las quebradas Callejón y Encajón hasta su unión con el río Porcón. A lo largo de su recorrido recibe el aporte del río Puruhuay, a unos 7 600 metros corriente abajo desde su nacimiento, el que se ubica a su margen izquierda. Asimismo, recibe aportes de las quebradas Quishuar Corral, De Vizcachayoc, Las Torres, La Rata, Hualtipampa y la Patucha. Su longitud estimada es de 12 350 metros (12.35 km) y su pendiente promedio de. El área que drena este río es de 73.25 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>) (Benavides et al., 2007)

El caudal del río entre los meses de enero, febrero y marzo de acuerdo con Huamán, (2016) varía de 1,23 m<sup>3</sup>/s hasta 7.89 m<sup>3</sup>/s.

El sistema de captación que es parte del sistema integral de agua que ofrece el servicio de agua potable a la ciudad de Cajamarca tiene como una de sus fuentes el río Grande. Esta captación fue construida en el año de 1980 y se encuentra en la cota 2869 m.s.n.m. en el sector de Llushcapampa Alta. (INDECI, 2005)

## 2.3 Discusión teórica

De acuerdo con la revisión de literatura de distintos autores se menciona que el Índice simplificado de calidad del agua ISQA; tiene como finalidad dar un

resultado breve y automático sobre la calidad del agua, en los cuales incluye como parámetros para determinar a la temperatura, el oxígeno disuelto, la conductividad, demanda química de oxígeno y los sólidos en suspensión. Es destacado por gran utilidad para obtener resultados inmediatos en cuanto a estudios de calidad de aguas específicamente superficiales.

Actualmente grandes investigadores ya hacen uso de este tipo de evaluación, cabe recalcar que esta clase de estudios permiten que el investigador pueda estudiar las fuentes superficiales de manera más práctica y sencilla pues estas son consideradas como el eje del desarrollo de los ser vivos, muchas de estas fuentes se ven afectadas o sometidas a contaminación de manera natural o provocada, y a la vez podrían llevar consigo agentes contaminantes que de no ser adecuadamente investigados y tratados provocarían enfermedades graves de origen hídrico tanto para el ser humano como para los animales que consumen de esa fuente es por ello que realizar este tipo de análisis en estudios de fuentes de agua es una de las primeras acciones para un investigador para tomar acciones de control y mitigación.

En el estudio de la “Calidad de las aguas superficiales en espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca del Índice ISQA”, como mencionan los autores analizaron la calidad de aguas superficiales, dicho estudio se realizó en dos periodos diferentes, las cuales varían puesto que en el mes de abril en dichas zonas se percibe un periodo húmedo en cambio en el mes de septiembre es determinado un periodo seco. Usan todos los parámetros para determinar en ambos periodos, se llegó a la conclusión que en el periodo más seco es en el cual se muestra en empeoramiento debido a la disminución de los

caudales y a la presión demográfica producida en dicho periodo. Y algo importante que destacan es que el uso de ISQA pues les permitió obtener resultados de forma rápida y económica. Así mismo menciona que es una herramienta muy útil y de gran interés porque facilita los estudios posteriores.

En un siguiente estudio; Rivera (2008) en su trabajo de investigación denominado, tuvo el propósito de generar información en cuanto a la calidad de agua de río, así como los coeficientes cinéticos de autodepuración.

Realizó su estudio en dos épocas al igual que el estudio de Bustamante et al. pero lo realizó en tres puntos; parte alta, media y baja para facilitar su representación de datos, sus resultados fueron calificados como Inadmisibles de acuerdo con la valoración de la calificación ISQA, puesto que sus valores exilaban entre (30.57 a 59.70); (50.24 a 64.37) y cabe reiterar que los valores van de 0 a 100, donde 100 es la mejor valoración.

Por otra parte, tenemos a Rodríguez (s.f.); donde se realizó tres tipos de estudios diferentes: Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA); Índice de calidad de Agua (ICA) y el Índice de calidad general de agua (ICGA). Su finalidad era brindar una solución a la problemática presentada por la contaminación de aguas residuales domésticas y pecuarias mediante la evaluación de calidad.

De estos tres tipos de estudio el que destaco fue el método ISQA brindando datos específicos en cuanto a la finalidad del estudio, y se pudo concluir que la calidad del agua del riachuelo es sensible a descargas de agua residuales sin tratar.



Villalba por su parte en su investigación denominada: “Determinación de Indicadores de Calidad de Agua del Río Dicaro, como receptor de Aguas Servidas y de Escorrentía Del Proceso SPF del Bloque 16”. En este estudio se utilizaron 3 diferentes tipos de índices (ISQA, BMWP Y ETP), además se usó un índice creado por la investigadora. La finalidad era determinar la calidad del agua del río, el cual era influenciado por descargas de aguas negras y grises. En el proceso del estudio se seleccionaron diferentes puntos de muestreo en diferente fecha del año.

El índice ISQA como se mencionó anteriormente los valores pueden ser de 0 a 100; donde se considera de 91 a 100 excelente, de 71 a 90 buena, de 51 a 70 regular, de 26 a 50 mala y de 1 a 25 muy mala. Se concluye que en la zona de estudio el agua tiene una calidad que varía de Buena a Moderada, pues en dicho estudio menciona que lo valores en un primer punto es considerada Buena, entonces podremos asegurar que sus valores están entre 71 a 90; en el segundo punto aguas abajo es moderada pero utilizable en la cual podríamos señalar que se encuentra entre 51 a 70 y en el último punto el agua es Regular.

Así mismo Ajcabul (2016), en su investigación denominado: “Análisis comparativo entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la Quebrada, el Frutal”. Realizo el estudio de dos índices para poder determinar la calidad de las aguas superficiales, y determinar la diferencia significativa de estos dos análisis. Pero el investigador no obtuvo diferencia significativa porque no existe, ambos tipos de estudios tiene mucha proximidad, la variación es muy baja entre estos dos índices.

Seguidamente, Terán (2019) en su tesis emplea la técnica ISQA para determinar la calidad de agua, su fin es poder comprobar si es la adecuada para poder convertirla en una fuente de agua para consumo humano. Su estudio a diferencia de los anteriores realizó su metodología dividiendo el área de estudio en 4 cuadrantes, donde seleccionó 4 estaciones de muestreo, siendo un total de 16 estaciones. Finalmente, en su investigación se determinó que la calidad del agua tiene un valor de 79.89 correspondiendo el segundo rango de clasificación, por lo que podrá ser utilizada para consumo humano, pero previamente esta debe estar sometida a tratamientos convencionales.

Dicha tesis vuelve a confirmar que esta herramienta para determinar la calidad del agua es muy útil, es sencilla y rápidamente permite tomar acciones o acciones de mitigación para mejorar la calidad de agua y aprovechar el recurso.

De igual forma Isidro (2019) en su investigación eligió usar el método ISQA y BMWP, como muchos otros autores, y se desarrolló en dos épocas, así como en los muestreos ubicados en la parte alta y baja del río. En sus resultados en cuanto a la calidad ISQA determinó que para la época seca en la parte alta un promedio de 22.87 y como hemos estado revisando está considerado este número refiere a pésima calidad y en la parte baja tiene un valor de 22.20 considerado de igual forma. Entonces se puede indicar que este tipo de agua no tiene una buena calidad y de todas maneras requiere un tratamiento especial para no acarrear con otro tipo de problemas.

Por otro lado, Coloma en su investigación llamada: “Determinación de la Calidad Ambiental del Agua, mediante Índices Bióticos y Fisicoquímicos en el río

Aceituno y río Méndez de la cuenca los Ocotes jurisdicción Ciudad de Guatemala”, Con respecto a la metodología fue trabajado al igual Isidro (2019) ya que comparó a los índices ISQA Y BMWP en dos épocas seca y lluviosa, y en dos puntos de muestreo (parte alta y baja de cada uno de los ríos). En dicha investigación ISQA determinó que el río Méndez de manera general que en ambas partes su valor era pésimo. En cuanto al río Aceituno menciona que en épocas de lluvia tiene una mejora en ambas partes. Entonces como se ha podido ir analizando en los diferentes estudios cuando hay un mayor caudal o hay época de humedad existe mejores rangos de calidad de agua y es en épocas secas que la calidad de esta disminuye y es justamente porque el agua no corre, sino que al no haber grandes cantidades se detiene y empeora su calidad.

Por su parte Hernández (2011), en su investigación llamada: “Caracterización de la calidad del agua del río Canalitos, perteneciente a la subcuenca río los Ocotes, por medio del índice biótico BMW-CR y el índice de calidad y ISQA”. Su finalidad como en todos los autores es determinar la calidad de agua que corre por el efluente del río. En este caso el autor realizó una metodología con reconocimiento en la cual determinó una ruta óptima considerando los mejores puntos de acceso al río. Así mismo, el autor como los demás uso dos épocas del año (lluviosa y seca). Se realizaron 5 muestreos en cada época, correctamente calendarizados lo cual mejoró su organización y evitó problemas con la disponibilidad de los equipos. De este investigador debemos recatar su muy buena organización para la evaluación de la calidad del agua. Además, en cuanto a sus resultados se determinó que, tanto en época lluviosa

como seca, en la parte alta y baja tiene una calidad regular lo cual nos quiere decir que sus valores están entre (51-70).

Con respecto al aspecto internacional se ha denotado muchos autores utilizaron a metodología ISQA, donde se confía mucho de este método para evaluar la calidad de aguas superficiales.

En el ámbito nacional es Vargas (2021), quien en su tesis llamada: “Determinación de Índice Simplificado de Calidad de Agua en el río Chili Arequipa 2019” utiliza el método ISQA para la evaluación, usó 5 puntos de muestreo en los diferentes puntos dentro del área de influencia de Arequipa Metropolitana. Se obtuvo en todos los puntos en los cuales se analizó los valores del agua de determinó que son de buena calidad y este autor nos menciona que está representado de color verde. Para poder entender tendremos que mencionar, que la clasificación por colores también tiene que ver con los valores con los que se los califica, los valores de 91 a 100 excelente (color azul), de 71 a 90 buena (color verde), de 51 a 70 regular (color amarillo), de 26 a 50 mala (color naranja) y de 1 a 25 muy mala (color rojo).

Recientemente, Llamosas (2022) realizó una investigación llamada: “Implementación de un Sistema de Vigilancia Ambiental Participativa de la Calidad del Agua del río Colca, Caylloma, Arequipa”, para esta tesis se estableció una red de monitoreo y se aplicaron distintos índices de calidad para poder determinar si el agua tiene buena calidad, puesto que es usada para la actividad agrícola, también usada para consumo de la población y otras actividades.

Este estudio tuvo un enfoque diferente puesto que se realizó un seguimiento del recurso, vigilancia, control y moldeamiento de la variación de la calidad del agua. Se establecieron estaciones de monitoreo lo cual también es bastante aceptable y más sofisticado.

Este estudio solo consto de dos meses a comparación de los otros estudios que se realizaban en dos épocas de año y lo cual era un poco más amplio en cuanto al tiempo.

Gracias a este análisis ISQA determinó que Colca muestra ser de buena calidad el cual se representa de color verde, para la siguiente muestra es considerada media y podríamos decir que es calificado con el color amarillo y en el último punto es considerada mala y la reconoceremos con el color rojo.

Finalmente, a nivel local no existen investigaciones en las que se haya evaluado mediante el ISQA la calidad de agua de un río. Solo existe una investigación realizada en una laguna.

La investigación realizada en la misma ciudad Cajamarca, por Ayala y Llaxa (2021); su investigación fue llamada: “Calidad del Agua de la Laguna San Nicolás”. Buscaban evaluar la calidad de esta laguna para contribuir con una línea base para los usos que se le podrían dar a esta agua en futuras investigaciones.

Los puntos considerados por estos autores son un reconocimiento del área para verificar la accesibilidad, extensión y geomorfología. Para la recolección de las muestras usaron el Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. La cual indica que para poder muestrear se debe tener en cuenta la desembocadura de ríos, vertimientos autorizados, fuentes

contaminantes puntuales o difusas, pasivos mineros, hidrocarburíferos, agrícolas, así como también las actividades productivas del entorno, los puntos exactos para poder monitorear son: zonas de pesca, recreación o de acuicultura (criadero de peces).

Así pues, los resultados determinaron que la laguna San Nicolás tiene buena calidad lo cual indica que sus valores están entre los (71 a 90), que a su vez indican que el agua es apta para la pesca y usos recreativos. Por otra parte, también esta apta para el consumo humano, pero este debe tener un tratamiento convencional antes de ser ingerida.

Los autores de este estudio mencionan que este índice ISQA ayuda a demostrar la calidad de manera rápida, brinda confianza y es completamente aplicativo a nivel de Cajamarca y es por estos estudios que en la presente investigación se hará uso de esta misma herramienta para así determinar la calidad del agua.

## **2.4 Definición de términos básicos**

### **2.4.1 Río**

El río es un sistema fluvial, que posee algunas características comunes como todos los ecosistemas en los que se desarrolla la vida en el agua, fluye permanentemente este puede ser terrestre o subterráneo. Un río se reabastece mientras sigue su cauce de la precipitación, escurrimientos superficiales, el deshielo de las montañas y muchas otras causas que también forman parte del ciclo hidrológico (Vicuña, 1983).

#### 2.4.2 Índice de calidad de agua

El índice de calidad de agua es un valor numérico el cual se califica mediante categorías, este índice se obtiene con base de mediciones obtenidas para analizar un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo, la cual viene hacer el lugar de estudio (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), s.f.).

#### 2.4.3 Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA)

Es un índice de calidad de agua, nació en España en el año 1982 y se basa en cinco parámetros fisicoquímicos (DBO, Temperatura, Conductividad, SST y Oxígeno Disuelto). Su objetivo principal es asignar valores a las concentraciones de los parámetros para su interpretación, es así que es un índice fácil de usar y que proporciona una idea rápida de la calidad de agua.

#### 2.4.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un parámetro químico, que representa una medida de toda la materia orgánica e inorgánica presente en disolución y/o suspendida que puede ser químicamente oxidada, por la acción de agentes oxidantes, bajo condiciones ácidas y se mide como miligramos de “oxígeno” equivalentes a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de disolución (Ramírez-Burgos, Durán, García-Fernández, Montuy-Hernández y Oaxaca-Grande, 2008, p. 13).

#### 2.4.5 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Son el total de sólidos suspendidos, considerado también como uno de los parámetros utilizados frecuentemente en calificación de la calidad del agua, y está asociado con la turbidez del agua. Se refieren también al residuo filtrable de una

muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro que posteriormente se seca hasta peso contante (Jácome, 2014).

#### 2.4.6 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es considerado como la cantidad de oxígeno disuelto en el agua valga la redundancia, con este parámetro se puede identificar si es que se puede desarrollar vida acuática o no y cuáles podrían ser las especies que se adapten (Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), s.f.).

#### 2.4.7 Conductividad

Se refiere a la conducción de la energía por los iones. La medida de la conductividad del agua puede proporcionar una visión clara de la concentración de iones en el agua, pues el agua es naturalmente resistente a la conducción de la energía. La conducción se expresa en Siemens y se mide con un conductímetro o una célula (LENNTECH, s.f.).

#### 2.4.8 Temperatura

La temperatura es considerada como un parámetro físico que mide la energía térmica de una sustancia. Esta energía se encuentra relacionada con el movimiento de las partículas que forman la materia. Es por ello que se dice que un cuerpo tiene más temperatura que otro se refiere a que sus átomos o moléculas se mueven a mayor velocidad.



## **2.5 Hipótesis de investigación**

### **2.5.1 Hipótesis nula ( $H_0$ )**

Los valores de los parámetros considerados en el Índice simplificado de Calidad del agua (ISQA), de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca – 2023 no demuestran buena calidad.

### **2.5.2 Hipótesis alterna ( $H_a$ )**

Los valores de los parámetros considerados en el Índice simplificado de Calidad del agua (ISQA), de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca – 2023 demuestran buena calidad.

## 2.6 Definición operacional de variables

**Tabla 3**

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición	Indicador (es)	Ítem	Instrumentos (s)
Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA)	Es un índice de calidad de agua, nació en España en el año 1982 y se basa en cinco parámetros fisicoquímicos (DBO, Temperatura, Conductividad, SST y Oxígeno Disuelto). Su objetivo principal es asignar valores a las concentraciones de los parámetros para su interpretación, es así que es un índice fácil de usar y que proporciona una idea rápida de la calidad de agua.	DQO	¿Cuál es el nivel de calidad de agua en relación con el ISQA en el río Porcón?	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cadena de custodia</li> <li>● Equipos</li> <li>● Cámara</li> <li>● Conductímetro</li> <li>● Medidor de oxígeno disuelto</li> <li>● Termómetro</li> </ul>
		SST		
		OD	¿Cuál es el nivel de calidad de agua en relación con el ISQA en el río Grande?	
		Conductividad		
		Temperatura	¿Cuál es el nivel de calidad de agua en relación con el ISQA en el río Porcón (Aguas abajo)?	



## **CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo de estudio**

La presente investigación es de tipo básica, también llamada pura o fundamental pues, así como menciona Supo y Cavero, (2014) “Busca el progreso científico, acrecentar los conocimientos teóricos, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas; es más formal y persigue las generalizaciones con vistas al desarrollo de una teoría basada en principios y leyes” (p.43).

Es así como la presente investigación es básica ya que busca ampliar los conocimientos sobre de la calidad de agua en los ríos Porcón y Grande, apoyándose del Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA).

### **3.2 Diseño de investigación**

La investigación es de tipo descriptivo pues, así como manifiestan. Su objetivo es resumir o describir las características de fenómenos, situaciones, contextos y sucesos en todos sus componentes principales, es decir detallar cómo son o cómo se manifiestan. (Triola, 2009 y Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Además, concuerda con lo mencionado por Universidad Veracruzana, s.f. pues este tipo de investigación que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que la investigación exploratoria, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

Así también Hernández et al. (2014) refiere que este tipo de investigación busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

Además, la investigación sigue un diseño longitudinal ya que son “Estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos” (Hernández et al., 2014, p. 159).

Es así que, la presente investigación siguiendo el tipo descriptivo y longitudinal pues utiliza como método de análisis al Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA) el que cuenta con diversos criterios de clasificación a partir de la evaluación de cinco parámetros, con lo que se busca caracterizar el agua del río Porcón y Grande. Y siguiendo con este diseño la finalidad es recolectar información de la calidad del agua de estos ríos en diferentes tiempos (durante tres semanas consecutivas en época de lluvia) para evaluar el cambio o posibles determinantes y consecuencias; y que a su vez sirva como base a investigaciones futuras o medidas de prevención.

### **3.3 Unidad de análisis, universo y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Ríos Porcón y Grande

### 3.3.2 Unidad de análisis

Agua de los ríos Porcón y Grande

### 3.3.3 Muestra

En el presente estudio se analizará 2.5 L por cada punto de investigación, es decir un total de 22.5 L en 3 fechas de estudio.

## 3.4 Métodos de investigación

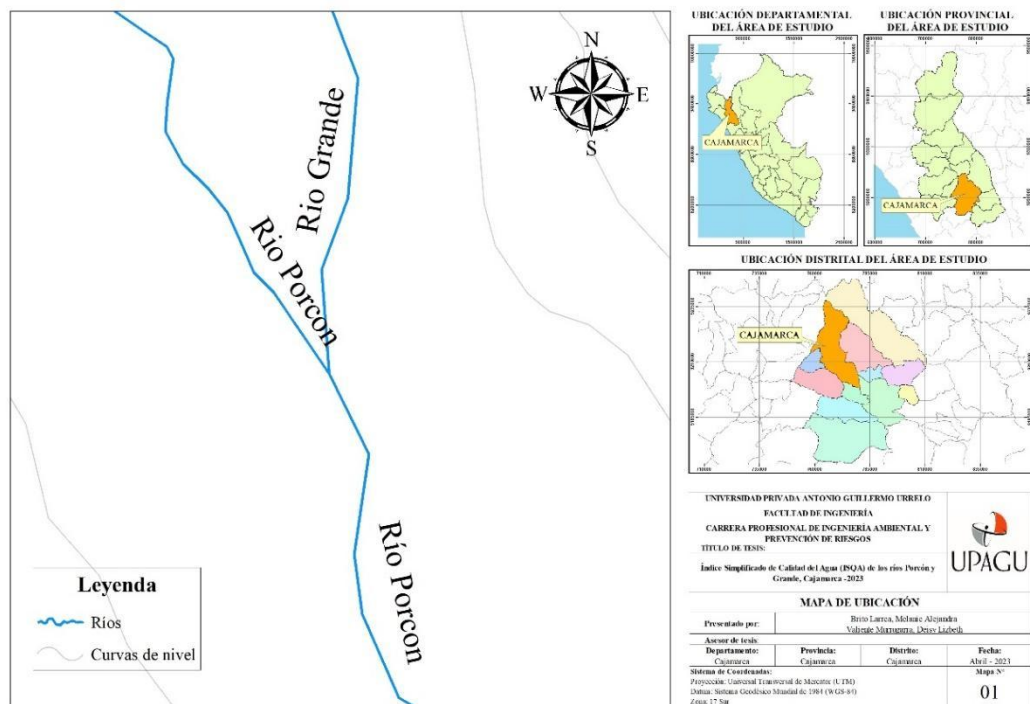
### 3.4.1 Descripción del área de estudio

#### 3.4.1.1 Localización

Los ríos de estudio Porcón y Grande se encuentran al norte del Perú, en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca.

## Figura 1

Mapa de Ubicación de los Ríos Porcón y Grande



Nota: Elaboración propia

### *3.4.1.2 Acceso a la zona de estudio*

Para ingresar a las zonas de estudio designados se identificaron diversas vías de ingreso terrestre para la toma de muestras:

- Porcón: Av. Nuevo Perú
- Grande: Av. La Cantera
- Porcón (Aguas abajo): Av. Nuevo Perú

### 3.4.2 Metodología de trabajo de campo

#### *3.4.2.1 Plan de monitoreo*

El desarrollo de la investigación se efectuará en distrito, provincia y departamento de Cajamarca, específicamente en los ríos Porcón y Grande.

##### 3.4.2.1.1 Reconocimiento del área

Se realizarán recorridos de campo para identificar el área de estudio, evaluar el estado actual y así realizar el plan de monitoreo.

Es así que, la ubicación exacta de los puntos de muestreo dependerá de este reconocimiento pues se identificará las condiciones naturales del cauce, los alrededores y las condiciones meteorológicas. Con el objetivo de minimizar los riesgos de accidentes y lesiones personales, donde además se tomará en cuenta los equipos de seguridad y protección necesarios.

Las características necesarias identificadas para seleccionar el punto de muestreo son:

- Un lugar fácilmente accesible con vías de acceso vehicular y peatonal, que facilite la recolección de las muestras y su respectivo transporte, así como el transporte de los equipos y materiales necesarios para el muestreo.



- Ser lo más representativo posible de las características totales del cuerpo de agua.

#### 3.4.2.1.2 Selección de los puntos de muestreo

Luego de haber realizado el reconocimiento del área se procederá a seleccionar los puntos de muestreo; serán tres puntos en total, es decir un punto por cada río de investigación.

**Tabla 4** *Identificación de los puntos de muestreo*

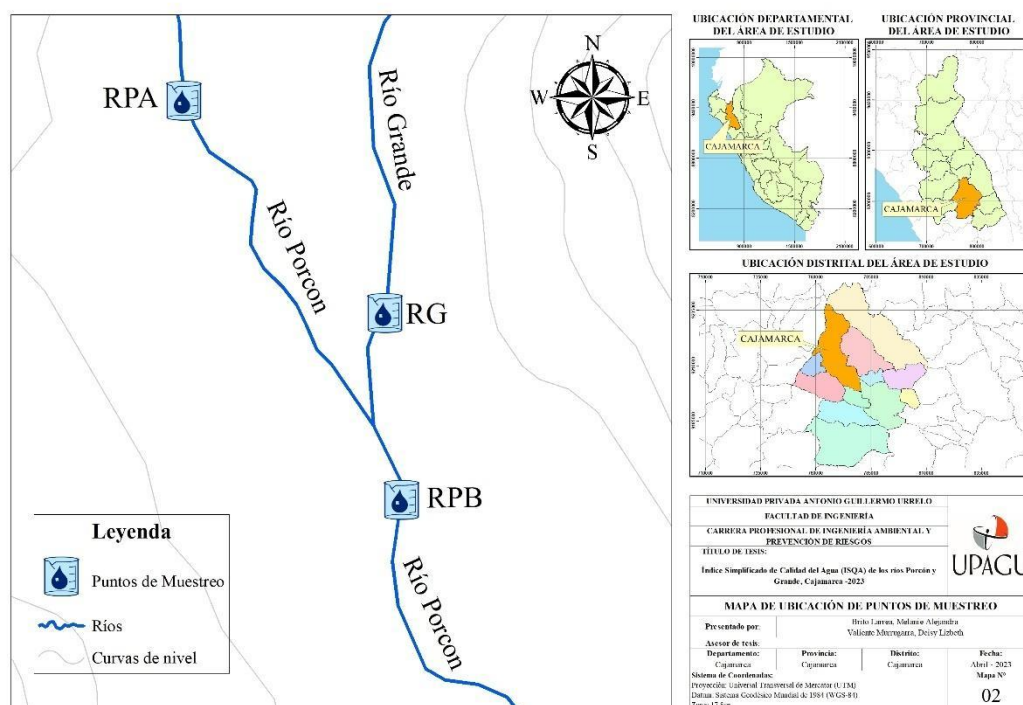
Nombre de la Estación de muestreo	Codificación	Coordenadas UTM	
		X (Este)	Y (Norte)
Río Porcón	RPA	772843.00	9213258.00
Río Grande	RG	773166.00	9212943.00
Río Porcón (Aguas abajo)	RPB	773147.00	9212702.00

*Fuente: Elaboración propia*

Se tomó como referencia tres puntos, el primero se encuentra en el Río Porcón, el segundo en el Río Grande, estos primeros puntos se encuentran aguas arriba a partir de la unión de estos, y el tercer punto se encuentra a un aproximado de 100 metros debajo de la unión de los dos ríos.

#### **Figura 2**

*Mapa de Ubicación de los Puntos de Muestreo*



*Nota: Elaboración propia*

### 3.4.2.1.3 Número de muestras y repeticiones

Se determinó un total de 45 muestras, que han sido tomadas durante el mes de mayo durante tres semanas consecutivas. En la Tabla 5 se encuentra establecido la cantidad de muestras por cada parámetro y punto de muestreo.

**Tabla 5**

*Número de muestras y repeticiones de las muestras a analizarse*

Parámetro	Punto de muestreo	Muestras		
		Semana N° 1	Semana N° 2	Semana N° 3
DQO	Río Porcón	1	1	1
	Río Grande	1	1	1

	Río Porcón (Aguas abajo)	1	1	1
	Río Porcón	1	1	1
Temperatura	Río Grande	1	1	1
	Río Porcón (Aguas abajo)	1	1	1
	Río Porcón	1	1	1
Conductividad eléctrica	Río Grande	1	1	1
	Río Porcón (Aguas abajo)	1	1	1
	Río Porcón	1	1	1
Sólidos suspendidos totales	Río Grande	1	1	1
	Río Porcón (Aguas abajo)	1	1	1
	Río Porcón	1	1	1
Oxígeno disuelto	Río Grande	1	1	1
	Río Porcón (Aguas abajo)	1	1	1
	Subtotal de muestras	15	15	15
	<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	

*Nota: Elaboración propia*

#### 3.4.2.1.4 Muestreo

Los parámetros analizados serán los descritos en el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA) para esto se realizará la medición de parámetros in situ (T°, OD) y los demás parámetros que son ex situ (SST, DQO y Conductividad). Para el respectivo análisis se tomará las muestras para realizar la caracterización del agua de los ríos.

El muestreo será manual e implica un programa de muestreo. Para ello se recopilará manualmente las muestras.

#### 3.4.2.1.4.1 Medición de parámetros in situ

De acuerdo con la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA la toma de muestras en un río tiene el siguiente procedimiento:

- El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la exista homogeneidad en el agua, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Registrar las mediciones en el formato de registro de datos de campo (Anexo 1).
- Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco. Antes de recolectar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros o microbiológicos.
- Coger la botella por debajo del cuello sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie del río.
- Considerar un espacio de alrededor de 1% aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.

- Para muestras microbiológicas dejar un espacio del 10% del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias
- Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_5$ , el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
- Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.

#### 3.4.2.1.5 Envase, etiquetado

El tipo de recipiente de muestra utilizado es de suma importancia. Los recipientes de la muestra deben ser revisados antes del muestreo para comprobar que están libres de analitos de interés, especialmente al tomar muestras y analizar niveles muy bajos de analitos. Los contenedores normalmente están hechos de plástico o vidrio, pero se puede preferir un material sobre el otro, en el caso de la investigación todos los envases proporcionados son de plástico (Standard methods for the examination of water and wastewater, 2012).

Para el etiquetado de la muestra se debe considerar número de muestra único, tipo de muestra, nombre del recolector, fecha, hora de recolección, lugar de recolección y conservante de la muestra. También se debe incluir fecha y hora de preservación para comparar con la fecha y hora de recolección. Fije etiquetas o etiquetas autoadhesivas a los recipientes de muestra antes o en el momento de la recolección de la muestra (Standard methods for the examination of water and wastewater, 2012).

#### 3.4.2.1.6 Almacenamiento y preservación de las muestras

De acuerdo con el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (2012) para el almacenamiento y preservación de las muestras se debe:

- Recolectar la muestra en un recipiente completamente lleno, para ello se debe llenar cuidadosamente la botella de manera que la parte superior del menisco quede por encima de la parte superior del borde de la botella.
- Evitar derrames o atrapamiento de aire si ya se han agregado conservantes, como HCl o ácido ascórbico, a la botella.
- Después de tapar o sellar la botella, verifique que no haya burbujas de aire invirtiéndola y golpeándola suavemente, el caso de que se observen una o más burbujas de aire, si es posible, deseche la muestra y vuelva a llenar la botella con una muestra nueva hasta que no se observen burbujas de aire (esto no se puede hecho si la botella contenía conservantes antes de llenarla).
- Cuanto menor sea el tiempo que transcurra entre la recogida de una muestra y su análisis, más fiables serán los resultados analíticos; se debe verificar con el laboratorio de análisis para determinar cuánto tiempo puede transcurrir entre la recolección de la muestra y el análisis; esto depende del carácter de la muestra y de la estabilidad de los analitos objetivo en las condiciones de almacenamiento.
- Para minimizar el potencial de volatilización o biodegradación entre el muestreo y el análisis, mantenga las muestras lo más frías posible sin congelarlas. Preferiblemente, empaque las muestras en hielo triturado o en

cubos o sustitutos comerciales del hielo antes del envío. Evite el uso de hielo seco porque congelará las muestras y puede hacer que se rompan los recipientes de vidrio. El hielo seco también puede afectar un cambio de pH en las muestras. Mantenga las muestras compuestas frías con hielo o con un sistema de refrigeración a 4 °C durante la composición.

- Analice las muestras lo más rápido posible a su llegada al laboratorio. Si no es posible un análisis inmediato, almacenar preferiblemente a 4 °C".
- Si la muestra lo necesita, utilice conservantes químicos sólo cuando no interfieran con el análisis que se está realizando. Cuando se usen, agréguelos inicialmente a la botella de muestra para que todas las porciones de muestra se conserven tan pronto como se recolecten.

#### 3.4.3 Metodología de trabajo en laboratorio

El análisis de los parámetros ex situ será realizado por los laboratorios SGS e INNODEVEL S.A.C.

- DQO: SGS
- Conductividad: INNODEVEL S.A.C.
- SST: INNODEVEL S.A.C.

### 3.5 Recursos utilizados

#### 3.5.1 Recursos humanos

- Investigadoras: Melanie Alejandra Brito Larrea

Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra

### 3.5.2 Recursos materiales

#### 3.5.2.1 *Materiales de gabinete*

- Papel bond
- Cadena de custodia
- Computadora
- Impresora
- Lapiceros

#### 3.5.2.2 *Materiales de campo*

- Cuaderno
- Lapicero
- Plumones indelebles
- Guantes
- Cooler
- Botellas de plástico para los parámetros
- Winkler
- Botas
- Pipeta
- Papel Tissue

#### 3.5.2.3 *Equipos*

- Cámara
- Conductímetro
- Medidor de oxígeno disuelto
- Termómetro



### **3.6 Técnicas de análisis de datos**

#### **3.6.1 Determinación del Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA)**

La determinación del ISQA consta primero de la asignación a cada uno de los resultados de las concentraciones de los parámetros un valor de acuerdo con la Tabla 1. Una vez determinado este valor se realiza el producto de la temperatura por la sumatoria de los valores obtenidos del DQO, SST, Oxígeno Disuelto y Conductividad, lo que resultará en un valor que varía del 0 al 100 y al cual le corresponderá una calidad de acuerdo con la Tabla 2.

#### **3.6.2 Análisis estadístico**

El estudio de datos se realizó mediante un programa estadístico denominado MiniTab, donde primero se aplicará la prueba de Shapiro Wilk para verificar en los datos observados la distribución de la Normalidad, que compara la distribución de datos con una distribución normal teórica.

Posteriormente, a la evaluación de la normalidad se realizará la prueba estadística ANOVA, que permitirá evaluar la relación de las medias de las variables de estudio. Además, se realizará una comparación en parejas mediante la prueba de Tukey, con el fin de identificar cuál de los factores es significativamente diferente.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### 4.1 Análisis de resultados

##### 4.1.1 Resultados del análisis de parámetros medidos

**Tabla 6**

*Resultados del análisis de parámetros*

<b>Código</b>	<b>Parámetro</b>		<b>Resultados</b>
RPA-001	Temperatura	°C	16.95
	DQO	mg/L	12.40
	SST	mg/L	7.47
	Oxígeno Disuelto	mg/L	7.95
	Conductividad	μS/cm	264.25
RPA-002	Temperatura	°C	16.53
	DQO	mg/L	12.40
	SST	mg/L	106.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.00
	Conductividad	μS/cm	216.00
RPA-003	Temperatura	°C	12.63
	DQO	mg/L	12.90
	SST	mg/L	113.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.76
	Conductividad	μS/cm	178.75
RG-001	Temperatura	°C	14.20
	DQO	mg/L	8.90
	SST	mg/L	207.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.47
	Conductividad	μS/cm	856.50
RG-002	Temperatura	°C	14.15
	DQO	mg/L	7.50
	SST	mg/L	210.00
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.48
	Conductividad	μS/cm	860.00
RG-003	Temperatura	°C	13.18

	DQO	mg/L	5.50
	SST	mg/L	179.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.56
	Conductividad	μS/cm	873.00
RPB-001	Temperatura	°C	14.88
	DQO	mg/L	5.50
	SST	mg/L	347.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.31
	Conductividad	μS/cm	797.75
RPB-002	Temperatura	°C	14.40
	DQO	mg/L	8.90
	SST	mg/L	409.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.38
	Conductividad	μS/cm	806.25
RPB-003	Temperatura	°C	13.68
	DQO	mg/L	8.40
	SST	mg/L	382.50
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.48
	Conductividad	μS/cm	759.50

La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos de los puntos de muestreo: RPA, RG y RPB; en los cuales se analizó temperatura, DQO, SST, OD y CE, necesarios para determinar el Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISQA) de los tres ríos estudiados.

#### 4.1.2 Procesamiento de la información para el cálculo del ISQA

**Tabla 7**

*Procesamiento de la información para el cálculo de ISQA*

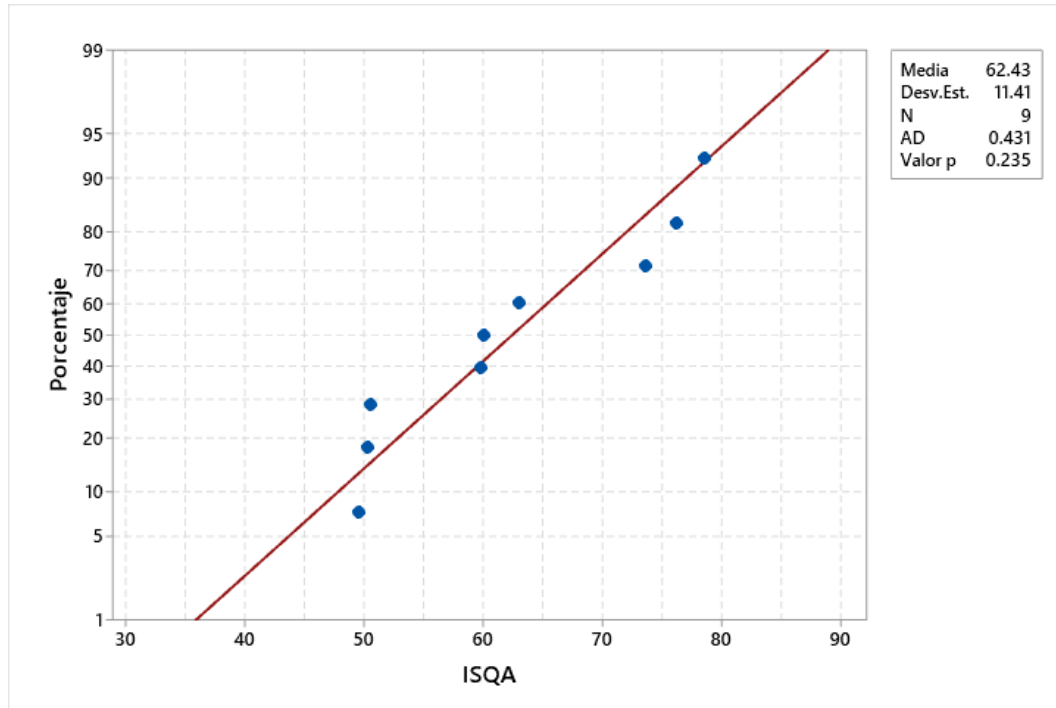
Código	Valores de Equivalencia /Parámetros					ISQA
	T	A	B	C	D	
RPA-001	1.00	16.66	23.88	19.88	18.14	78.56
RPA-002	1.00	16.66	17.55	20.00	19.49	73.69
RPA-003	1.00	16.49	17.06	21.90	20.76	76.20
RG-001	1.00	17.89	10.48	21.18	10.28	59.81
RG-002	1.00	18.38	10.30	21.20	10.25	60.12
RG-003	1.00	19.08	12.44	21.4	10.15	63.06
RPB-001	1.00	19.08	0.00	20.78	10.75	50.60
RPB-002	1.00	17.89	0.00	20.95	10.68	49.52
RPB-003	1.00	18.06	0.00	21.20	11.08	50.34

La Tabla 7, muestra la obtención de los ISQA, hallados a partir de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo y laboratorio, para obtener los valores equivalentes/parámetros (Tabla 1) y aplicar la “Ecuación 1” ISQA.

### 4.1.3 Prueba de normalidad

**Figura 3**

Prueba de normalidad para ISQA



A los índices determinados a partir de los parámetros medidos, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, pues no superan las 35 muestras según su requerimiento de criterio; adicionalmente, la prueba se realizó a una confiabilidad del 95% y a un nivel de significancia del 5% o 0.05. Según la Figura 3, indica que los datos tienen una distribución normal, dado que, su valor p calculado (0.235) es mayor al nivel de significancia (0.05), lo que significa que los datos observados se encuentran sobre la recta esperada en el supuesto de normalidad. Por ende, se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de un factor, dado que, cumple con la normalidad y se evalúa más de dos medias: RPA, RG y RPB, además, de tener como factor principal la independencia y/o mezcla de los ríos.

#### 4.1.4 Prueba estadística

##### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

##### Información del factor

<u>Factor</u>	<u>Niveles</u>	<u>Valores</u>
Estación	3	RG; RPA; RPB

##### Tabla 8

*Análisis de varianza de los tres puntos de muestreo*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Estación	2	1023.03	511.514	162.11	0.000
Error	6	18.93	3.155		
Total	8	1041.96			

El análisis de varianza de los tres ríos demuestra que se acepta la hipótesis alterna: “No todas las medias son iguales” a un nivel de confianza del 95%, además de rechazar la hipótesis nula. Es decir, el valor p calculado (0.000) es menor al nivel de significancia (0.05), lo que muestra que existen evidencia estadística de que las tres medias comparadas sean diferentes significativamente (Tabla 8). Esto significa, que los dos ríos: Grande (RG) y Porcón (RPA), y la mezcla de ambos (RPB) tienen ISQA diferentes, es decir, que existe factores externos que influyen en la calidad del agua de dichos ríos, ya sea, por sólidos, por temperatura, por DQO, por conductividad o por déficit de oxígeno; pues sus características fisicoquímicas se diferencian significativamente.

**Tabla 9**

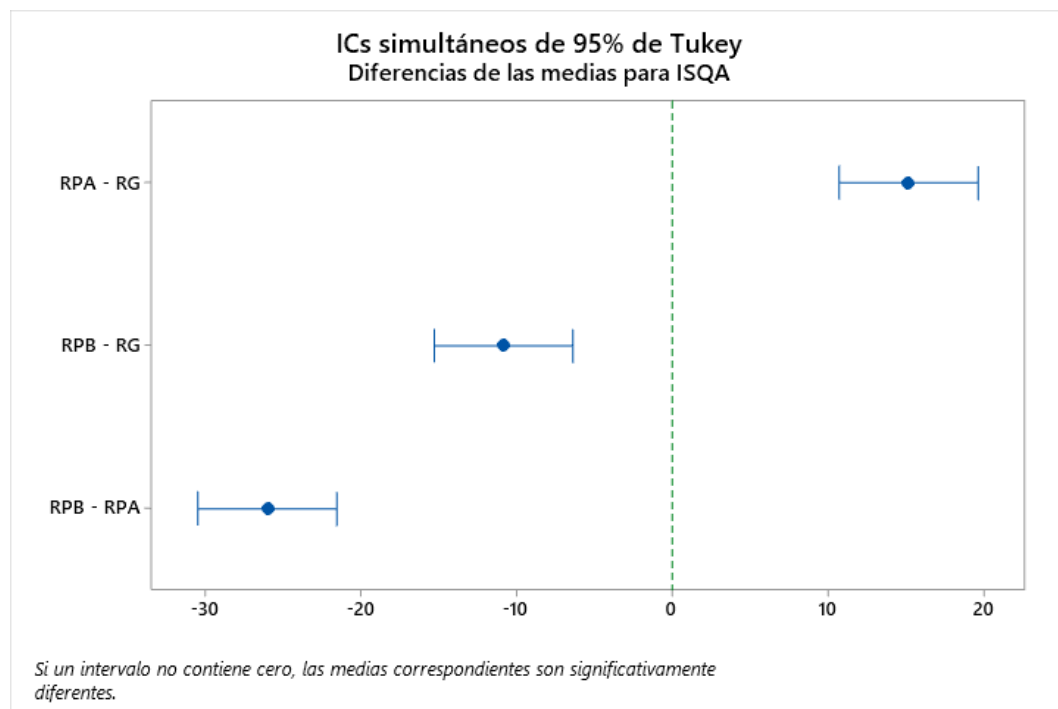
*Comparaciones en parejas de Tukey para los tres puntos de muestreo*

<b>Puntos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
RPA	3	76.15	A
RG	3	61.00	B
RPB	3	50.15	C

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Figura 4**

Comparaciones en parejas de Tukey para los tres puntos de muestreo



Tal como se visualizó en el análisis de varianza (Tabla 8), existe diferencia significativa, sin embargo, no se visualiza el “grupo o punto de muestreo o río estudiado” que difiere de los demás, de ahí que, se aplicó la prueba de Tukey para identificar dicho grupo. La Tabla 9, indica que las medias cuentan con tres letras

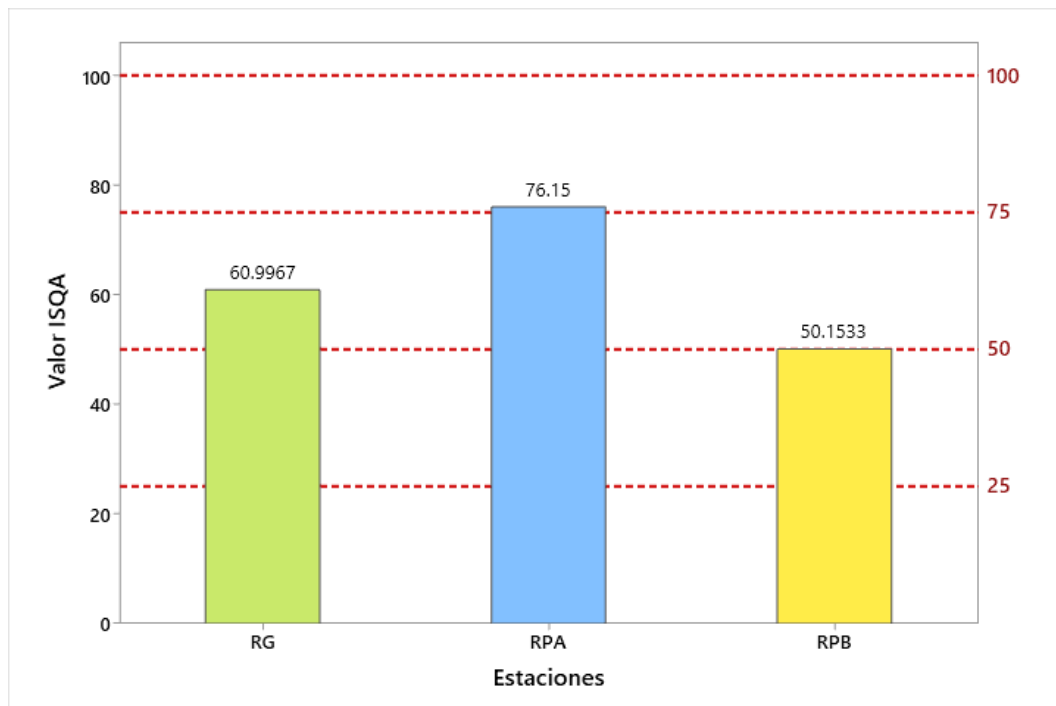


de agrupación, es decir, cada letra indica un grupo independiente o que no tienen una igualdad significativa con los demás. En la Figura 4, se visualiza que los tres puntos tienen intervalos que se alejan entre sí, pues cada relación se aleja tanto de la comparación de ambos como del cero, lo que demuestra la diferencia de cada grupo. Esto significa, que los ríos: Grande (RG) y Porcón (RPA), y la mezcla de ambos (RPB) tienen su propio ISQA o calidad de agua, ya que, en promedio sus ISQA están en: 61, 76.15 y 50.15 respectivamente. Siendo el que tiene un mayor valor de ISQA el río Porcón (RPA) y con menor ISQA la mezcla de ambos: Grande y Porcón (RPB).

#### 4.1.5 Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el ISQA

**Figura 5**

Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el ISQA

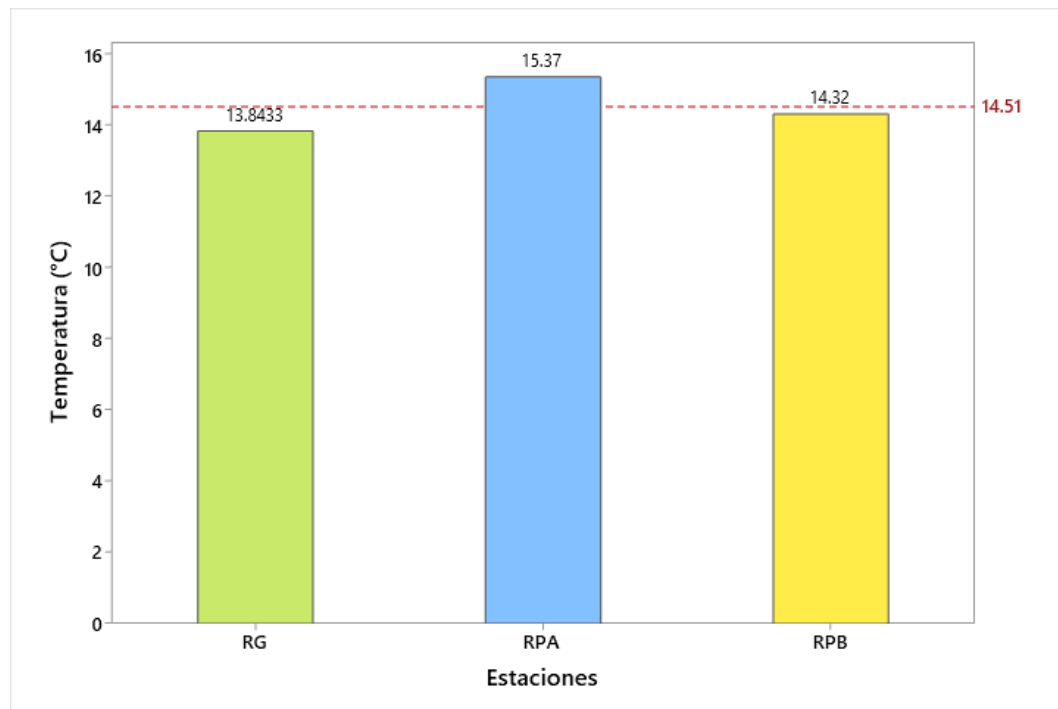


Determinando la significancia y la identificación de la agrupación que difiere una de la otra (Tabla 9), es relevante aplicar la interpretación del ISQA en los valores obtenidos, pues, según el ISQA del río Porcón (RPA) que tiene un valor de 76.15, presenta una calidad BUENA, lo que indica que tienen aguas claras y sin aparente contaminación. En cuanto al río Grande (RG), que tiene un valor de  $60.997 \approx 61$ , presenta una calidad REGULAR, lo que indica que las aguas tienen un ligero color, con espumas y ligera turbidez, no natural. Finalmente, la mezcla de ambos ríos RPB, tiene un valor de 50.15, lo que indica que tiene una calidad MALA, esto significa que las aguas tienen apariencia de aguas contaminadas y fuerte olor (Figura 5). En consecuencia, se afirma que los dos ríos: Grande y Porcón, y la mezcla de ambos, no presentan la misma calidad de agua, es decir, que existen factores que están afectando la calidad del río Grande y también en la mezcla de ambos. No así para el río Porcón que cuenta con una calidad Buena, sin embargo, Según la Figura 5, se ubica en el límite inferior del rango de calidad según ISQA, lo que puede significar que este río está próxima a sufrir algún tipo de contaminación.

#### 4.1.6 Comparación de la Temperatura de los tres puntos de monitoreo con el ECA

**Figura 6**

Temperatura de los tres puntos de muestreo vs ECA



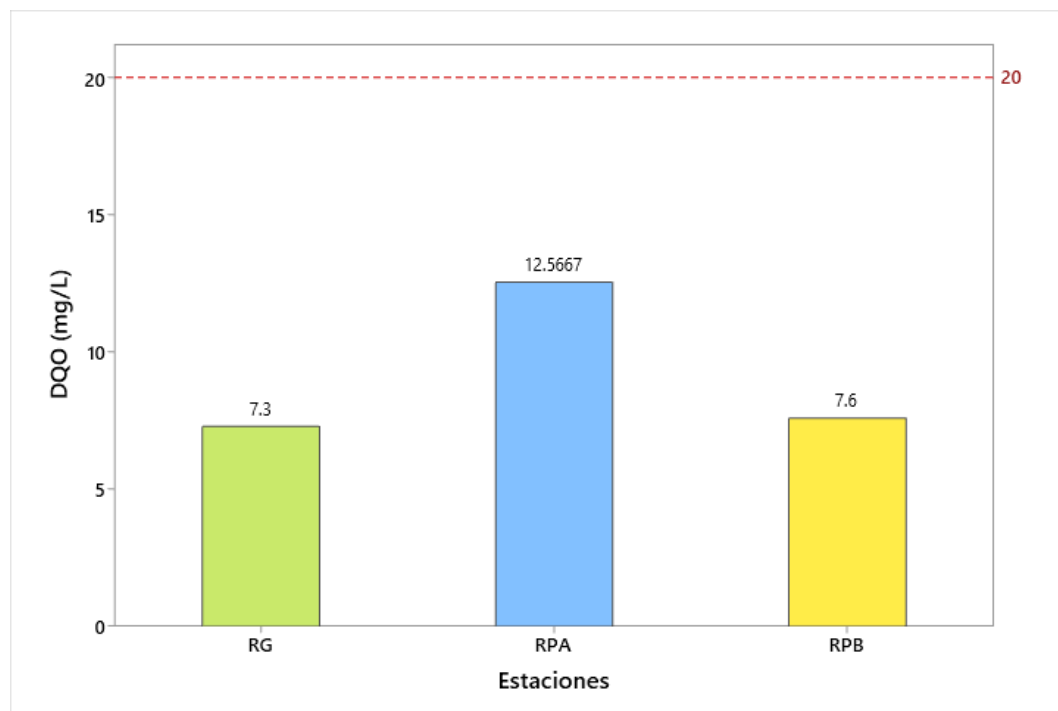
La Figura 6 muestra la comparación de la temperatura con respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de acuerdo con el D.S-004-2017-MINAM, donde menciona que la temperatura no debe variar de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada. El valor más bajo lo presenta el RG (Río Grande) con 13.84 °C, seguido se encuentra el punto RPB (Río Porcón aguas abajo) con un valor de 14.32 °C y finalmente el valor más alto entre los puntos de muestreo y superior al promedio mensual es RPA (Río Porcón aguas arriba) cuyo valor es 15.37 °C. De acuerdo con estos valores, se observa que con respecto al promedio mensual (14.51 °C) ninguna de las estaciones RPA, RG y

RPB superan la variación de 3 grados con respecto al promedio mensual, por lo que cumplen con los valores adecuados de la normativa.

#### 4.1.7 Comparación de los DQO de los tres puntos de monitoreo con Normativa Internacional

**Figura 7**

DQO de los tres puntos de muestreo vs Normativa Internacional



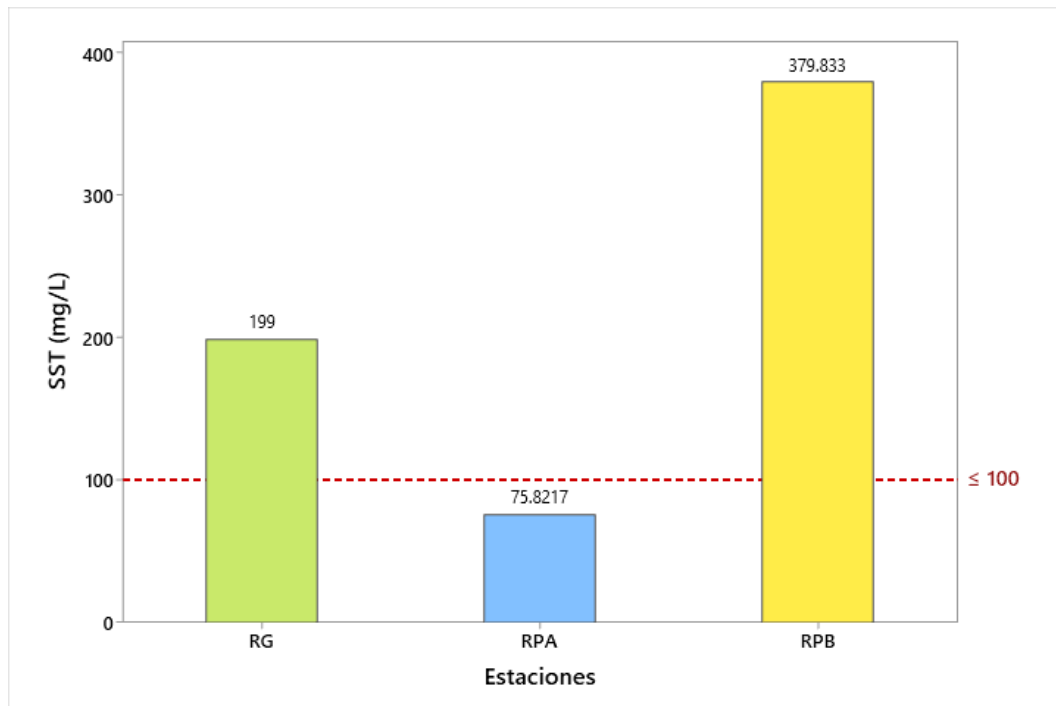
La Figura 7 muestra el DQO de los tres puntos de muestreo, el valor más alto es el punto RPA con un valor de 12.57 mg/L y los valores más bajos se encuentran en los puntos RPB y RG con valores de 7.6 mg/L y 7.3 mg/L respectivamente. Este punto de muestreo se compara con una Normativa Internacional debido a que la normativa peruana el D.S-004-2017-MINAM no contempla al DQO dentro de los parámetros de evaluación. Por este motivo este parámetro se compara con una normativa internacional, con el fin de tener una referencia.

Al comparar los valores de DQO con la normativa internacional de Costa Rica en la que contemplan el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto N ° 33903-MINAE-S). En este reglamento se menciona que el valor del DQO debe ser menor a 20 para que el agua se encuentre dentro de Clase 1, lo que significa que el agua es adecuada para diversos usos como abastecimiento y consumo humano luego de un tratamiento simple de desinfección, actividades recreativas, protección de comunidades acuáticas, conservación del equilibrio natural, entre otros. Ante esto, todos los puntos RPA, RG y RPB cumplen con la normativa de internacional.

#### 4.1.8 Comparación de los SST de los tres puntos de monitoreo con el ECA

**Figura 8**

SST de los tres puntos de muestreo vs ECA

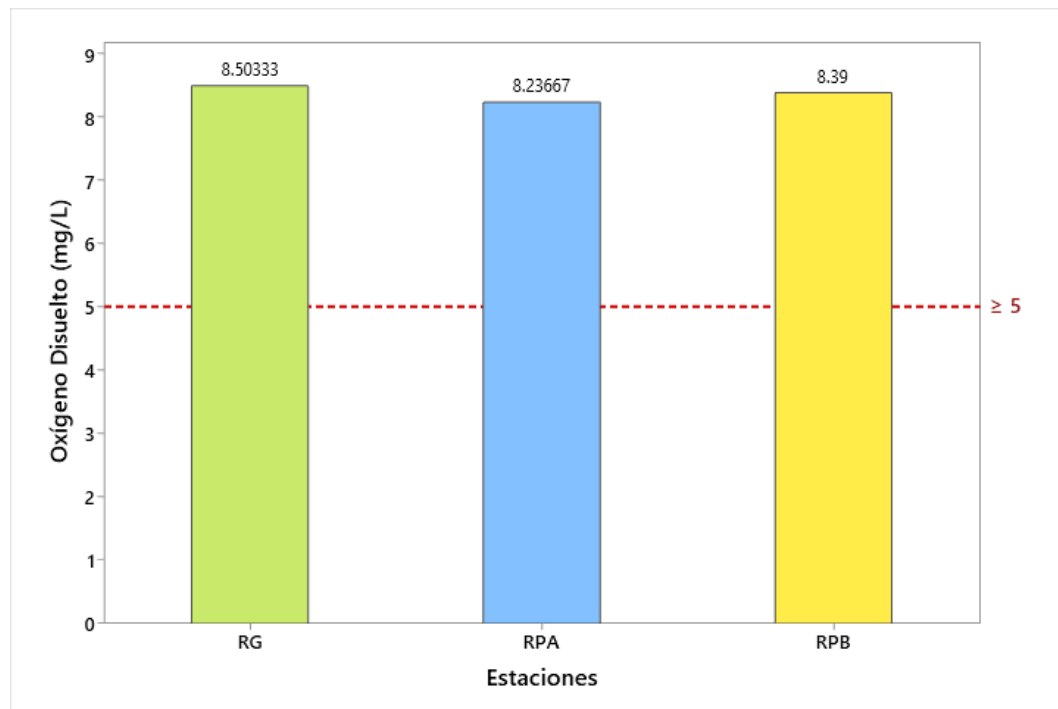


En la Figura 8 se observa los resultados de Sólidos Suspendidos Totales (SST) de cada punto de monitoreo comparados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de acuerdo con el D.S-004-2017-MINAM; donde se indica que el único punto que cumple con el ECA es el punto RPA tomado en el Río Porcón aguas arriba pues presenta un valor de 75.82 mg/L que es menor al valor establecido de  $\leq 100$  mg/L. Ahora bien, el punto RG tomado en el Río Grande supera el ECA pues su valor se encuentra en 199 mg/L. Finalmente, el punto, RPB tomado en el Río Porcón aguas abajo la unión con el Río Grande, supera con una gran diferencia al ECA con un valor de 379.833 mg/L. Esto significa, que los SST es uno de los parámetros que mayor contribuye al ISQA de cada río, ya que, sus valores son altos.

#### 4.1.9 Comparación del Oxígeno Disuelto de los tres puntos de monitoreo con el ECA

**Figura 9**

OD de los tres puntos de muestreo vs ECA

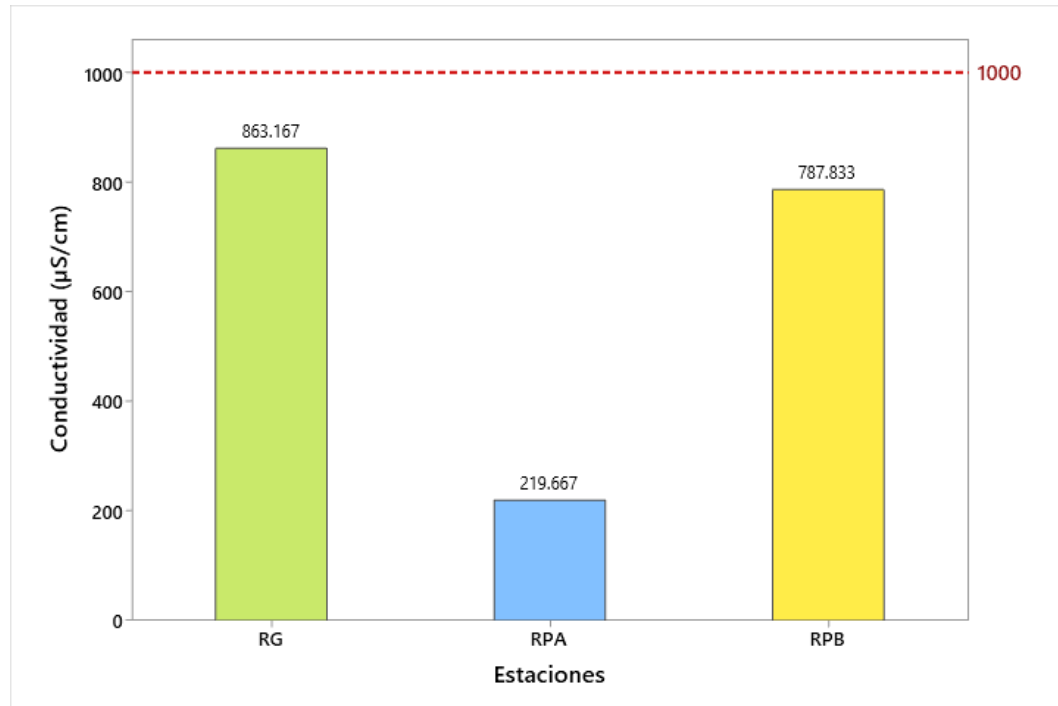


La Figura 9, muestra que el Oxígeno Disuelto en comparación con el ECA, cumple con el valor estándar, dado que, el valor mínimo requerido es 5mg/L, se observa que el punto RPA (Río Porcón aguas arriba) tiene un valor de 8.24 mg/L, el punto RPB (Río Porcón aguas abajo) presenta 8.39 mg/L y finalmente el punto RG (Río Grande) tiene un valor de 8.50 mg/L. Es decir, que el oxígeno disuelto de los tres puntos son mayores al estándar requerido y, por consiguiente, representa una buena aireación que puede ser causada debido a factores como el movimiento del agua, algas y plantas existentes en el transcurso del río.

#### 4.1.10 Comparación Conductividad de los tres puntos de monitoreo con el ECA

**Figura 10**

Conductividad de los tres puntos de muestreo vs ECA



La Figura 10 muestra que la conductividad eléctrica según el ECA (D.S-004-2017-MINAM) no debe superar a los 1000 µS/cm. El valor más bajo se presenta en el punto RPA (Río Porcón aguas arriba) con 219.67 µS/cm, el punto RPB (Río Porcón aguas abajo) se encuentra con un valor de 787.83 µS/cm y el valor más alto es RG (Río Grande) con un valor de 863.17 µS/cm. Sin embargo, ningún valor supera el estándar lo que significa que los dos ríos y la mezcla de ambos cumplen satisfactoriamente la normatividad, no obstante, se visualiza que el punto RG y RPB cuentan con una alta presencia de sales disueltas y el punto RPA contiene baja presencia de sales. Esto significa, que las aguas del río Grande aportan sales descompuestas en iones ya sean positivos (sodio  $Na^+$ , calcio  $Ca^{+2}$ ,



potasio  $K^+$  y magnesio  $Mg^{+2}$ ) o iones negativos (cloruro  $Cl^-$ , sulfato  $SO_4^{-2}$ , carbonato y bicarbonato) al río Porcón, ya que, la mezcla presenta alta conductividad. De ahí que, ambos puntos cuenten también con un ISQA regular y malo respectivamente.

#### **4.2 Discusión de resultados**

En cuanto a los resultados obtenidos se establece que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, debido a que no todos los puntos de muestreo presentan una buena calidad, sino presentan también una calidad regular y mala.

Los resultados presentados guardan relación con la investigación realizada por Bustamante et al. (2002), pues su objetivo fue realizar un estudio de las aguas superficiales en un periodo húmedo, donde se indica además que la calidad de agua superficial en espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila tienen un valor promedio de 89 al cual le corresponde una buena calidad, sin embargo, existen algunos puntos con vertidos en donde la calidad disminuye a consecuencia de las cargas contaminantes que se diluyen en el cauce. Así mismo, Villalba (2015) determinó que la calidad aguas arriba de las descargas es buena y a medida que el cuerpo de agua recibe descargas con contaminantes va disminuyendo de calidad. Y finalmente la misma interacción se describe en Rodríguez (s.f.) quien en sus resultados del análisis ISQA realizado en el punto de nacimiento de la quebrada obtuvo un valor de 79.15 lo que muestra una buena calidad. Ahora bien, en sus demás puntos de estudio demuestra que la calidad de

agua disminuye y se deteriora cuando esta recibe una descarga o influencias externas que tienen una valoración menor a la inicial. Lo que se evidencia en sus datos, pues las descargas con un valor de agua de 9.5 y 44.75 de valor ISQA siendo muy mala y mala respectivamente, afectan al valor inicial de 79.15 pues ya en la parte baja del río el agua tiene un valor medio de 58.4.

Los estudios de Bustamante et al. (2002), Villalba (2015) y Rodríguez (s.f.) coordinan con lo determinado en los resultados presentados, debido a que se observa la influencia del Río Grande sobre el Río Porcón, pues el punto RPA tiene un índice de 76.15 donde su calidad es buena y al recibir la descarga del punto RG disminuye su calidad, siendo así que el punto RPB (Río Porcón aguas abajo de la unión con el Río grande) tiene un valor de 50.15, es decir una mala calidad. Por otro lado, a pesar de que estos autores han presentado que aguas abajo existe un valor de ISQA malo, no definen qué parámetro o parámetros son los que modifican o están alterando la calidad del agua. Debido a esto el presente estudio, trata de responder esta problemática sabiendo que, en este caso los parámetros han llegado a influir de manera significativa, pues alteran la calidad del agua aumentando el valor del ISQA. En cuestión de análisis es lo que la presente investigación ha agregado, es decir la evaluación de aquellos parámetros que han afectado la calidad del agua, ya que se considera que la perspectiva ambiental representa un tema más profundo. Por ello se busca identificar qué parámetro afecta la calidad de agua y así conocer qué posible fuente de contaminación pueden ocasionar los mismos, lo que se ha realizado mediante la comparación de cada parámetro con la normativa para saber cuál de estos es un posible factor contaminante. Teniendo esto en mente, los parámetros identificados son

conductividad y sólidos suspendidos totales los que más influyen en el cálculo de la determinación del ISQA, y con esto ya se puede determinar posibles fuentes de contaminación.

Por su parte Rivera (2008) desarrolló su investigación con el objetivo de generar información que describiera la calidad del río Naranjo, se debe resaltar que este tiene una categorización distinta a la aplicada en el presente proyecto, puesto que las clasificaciones de agua son excelente, buena, intermedia, admisible e inadmisibles. Tomando en cuenta este tipo de categorización podría decirse que solo el punto RPB coordina con los resultados encontrados por este autor que la califica como inadmisibles. Con respecto a los otros puntos de muestreo RPA y RG no coordinan con los valores determinados por este estudio.

Con respecto a Coloma (2021), indica en su estudio que el agua en época seca tiene una valoración de mala calidad y mejora a una calidad regular cuando llega la época lluviosa. De igual forma Hernández demuestra que en la época lluviosa sus resultados fueron una calidad regular, estos resultados son semejantes a los del presente estudio solo para el punto RG ya que también tiene una calidad regular, sin embargo, discrepa de los puntos RPA y RPB que tienen una buena y mala calidad respectivamente.

Isidro (2019) en su estudio determinó un agua levemente contaminada debido a la cantidad de sólidos suspendidos totales, esto debido a que el río se encuentra cerca de actividad antropogénica que aumentan la acumulación de desechos orgánicos por lo que aumenta la cantidad de SST y por consiguiente disminuyen la calidad de agua. Esto evidencia semejanza al punto de muestreo

RG y RPB, que contienen SST superiores al ECA, donde estos puntos poseen una calidad regular y mala justamente que corresponde a la cantidad de SST, es decir a una mayor cantidad de SST significa un menor nivel de ISQA y por consiguiente una menor calidad de agua. Con respecto a la gran cantidad de sólidos que se presentan en el punto RG y RPB, de acuerdo con Capó (2002) las causas pueden ser naturales por factores como las características físicas de la cuenca de drenaje como la geología, la topografía, la naturaleza de los suelos, el clima o la vegetación, así mismo pueden ser antropogénicas por actividades como vertederos de aguas residuales urbanas, vertederos, productos agrarios y fugas en conducciones y depósitos. Donde además representan un obstáculo físico frente al paso de la luz solar, por ello dificultan el desarrollo de la fotosíntesis, además dificultan la respiración de los peces y el desarrollo de los microorganismos que viven en el agua.

A nivel nacional la investigación de Vargas (2021) y Llamosas (2022) quienes realizaron sus estudios en la ciudad de Arequipa. En primer lugar, Vargas (2021) menciona que todos sus puntos de muestreo se encuentran entre un rango de 71-90 que corresponden a una buena calidad de agua lo que no coordina con todos los resultados de la presente investigación y por su parte Llamosas (2022) determinó que sus puntos se encontraban en buena, media y mala calidad al igual que todos nuestros puntos de estudio.

Los autores Bustamante et al. (2002) destacan el uso del ISQA como una forma rápida y económica de obtener resultados para conocer el estado de la calidad de aguas, tanto como identificar fuentes de contaminación como para facilitar estudios de identificación. Así mismo, Terán (2019) reconoce la

importancia de la utilización de los índices de calidad como herramientas de evaluación y conocimiento del estado actual del agua con el fin de mejorar la calidad de agua, con acciones y medidas oportunas. Lo que se reflejó en su investigación en la cual presento un ISQA en un rango de 70-90 el cual le permitió determinar que esta agua esta apta para riego de cultivos, y consumo humano con previos tratamientos convencionales. Ante todo, lo expuesto se evidencia en la presente investigación los beneficios y facilidades que presenta el análisis ISQA.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

- Se determinó el Índice Simplificado de la Calidad de Agua (ISQA) de los ríos Porcón y Grande, el cual establece que el punto RPA presenta una calidad BUENA, con un valor de 76.5; en cuanto al punto RG tiene un valor de 61 el cual indica una calidad REGULAR y finalmente el punto RPB, que es la unión de ambos Ríos, tiene un valor de 50.15 el cual indica una MALA calidad. Esto evidencia que el río Grande es el que tiene influencia sobre el río Porcón, pues disminuye su calidad.
- En cuanto a los parámetros analizados se obtuvo los siguientes resultados:
  - Para el parámetro temperatura, en el punto RPA se obtuvo un valor de 15.37, para el punto RG 13.84 y para el punto RPB se obtuvo un valor de 14.32.
  - Para Demanda Química de Oxígeno (DQO), en el punto RPA se obtuvo un valor de 12.57, en el punto RG se obtuvo un valor de 7.3 y en el punto RPB un valor de 7.6.
  - Para los Sólidos Suspendidos Totales (SST); en el punto RPA se obtuvo un valor de 75.82, en el punto RG un valor de 199, y para el punto RPB un valor de 379.83.
  - Para el Oxígeno Disuelto, en el punto RPA se obtuvo un valor de 8.24, para el punto RG tiene un valor de 8.50 y para el punto RPB un valor de 8.39.
  - Y con respecto a la conductividad, para el punto RPA se obtuvo un valor de 219.67, en cuanto al punto RG un valor de 863.17 y para el punto RPB un valor de 787.83.

- Al evaluar los parámetros considerados en el ISQA, de acuerdo con el D.S-004-2017-MINAM se determinó que la Temperatura, Oxígeno Disuelto (OD) y Conductividad cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental, sin embargo, se debe resaltar que en la Conductividad en los puntos de monitoreo RG y RPB sus valores son próximos al límite determinado por los ECA. Con respecto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST) solo el punto RPA cumple con la normativa peruana, pero en cuanto a los puntos RG y RPB no cumple. Finalmente, con respecto al parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) se comparó con una normativa internacional el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto N ° 33903-MINAE-S) de Costa Rica debido a que en la normativa peruana no se contempla el parámetro, pero al evaluarlo con esta normativa internacional se concluyó que el parámetro está dentro lo permitido.

## **5.2 Recomendaciones**

- Para futuras investigaciones realizar el monitoreo de forma bimestral o trimestral, con la finalidad de implementar un seguimiento y de definir mejor el comportamiento anual del agua, en especial para el río Porcón y río Grande que abastecen a las plantas de tratamiento que brindan el agua para consumo humano en la ciudad de Cajamarca.
- De acuerdo con los resultados del análisis de los parámetros se recomienda investigar más a fondo los sólidos y sales disueltas en el agua, puesto que se encontró altas concentraciones de los mismos, que son considerados



contaminantes de orden físico que normalmente son producto de diferente procedencia como: erosión, actividades industriales o urbanas.

- Concientizar a la población aledaña para la correcta disposición de sus desechos, y así evitar la contaminación de los ríos.
- En futuras investigaciones prestar bastante atención aquellos parámetros que presentan altas concentraciones como lo son los sólidos y la conductividad. Así mismo, mantener un control continuo de monitoreo de estos mismos para el futuro pues son dos parámetros que constituyen un obstáculo para el desarrollo y la respiración de los microorganismos y seres acuáticos.
- Realizar futuras investigaciones en ríos considerando al ISQA como una de las mejores alternativas, ya que es viable, rápida, económica y fácil de aplicar.
- Realizar comparaciones con otros índices de calidad.

## REFERENCIAS

Ajcabul Raxhón, A. O. (2016). *Análisis Comparativo entre el Índice simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el Río la Quebrada, El Frutal*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (22 ed.). (E. W. Rice, R. B. Baird, A. B. Eaton, & L. S. Clesceri, Edits.)

Arana Zegarra, M. A. (2002). *Resolución de Conflictos Medioambientales en la Microcuenca del Río Porcón, Cajamarca 1993-2002*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/97/ARANA\\_ZEGARRA\\_MARCO\\_RESOLUCION\\_CONFLICTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/97/ARANA_ZEGARRA_MARCO_RESOLUCION_CONFLICTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Asociación Caribeña de Agua y Aguas Residuales, (CWWA); Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS); Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL); Organización de los Estados Americanos, (OEA); Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América

Latina y el Caribe (PNUMA/ORPALC);. (2002). Agua: ¡No al desperdicio, no a la escasez! *Día Interamericano del Agua (DIAA)*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (OPS/CEPIS). Obtenido de [http://intranet.exa.unne.edu.ar/investigacion/labquiam/public\\_html/Descargas/Agua\\_OMS\\_2002.pdf](http://intranet.exa.unne.edu.ar/investigacion/labquiam/public_html/Descargas/Agua_OMS_2002.pdf)

Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2016). *Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales"*. Lima.

Ayala Villa, J. E., y Llaxa Ayala, E. (2021). *Calidad del Agua de la Laguna San Nicolas de Namora según el Índice Simplificado de la Calidad del Agua - Cajamarca, 2021*. Tesis de Licenciatura, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca.

Aznar Jiménez, A. (2000). Determinación de los Parámetros Físico-Químicos de Calidad de las Aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12-19.

Barrenechea Martel, A. (2004). Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua. En *Manual I: Teoría* (págs. 2-56). Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

Benavides Ferreyros, I., Ángeles Lazo , I. R., Salazar Salazar, E., y Abásolo Tejada , J. (2007). *Inventario de Fuentes de Agua Superficial de la Cuenca del Mashcon*. Cajamarca: Autoridad Nacional del Agua (ANA).

- Caho-Rodríguez, C. A., y López-Barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35-49. doi:DOI: 10.22507/pml.v12n2a3
- Capó Martí, M. A. (2002). *Principios de Ecotoxicología: Diagnóstico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente*. España: McGraw-Hill Professional.
- Coloma Leiva, I. J. (2021). *Determinación de la Calidad Ambiental del Agua, mediante Índices Bióticos y Físicoquímicos en el Río Aceituno y Río Méndez de la Cuenca los Ocotes, jurisdicción ciudad de Guatemala*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). (2019). *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo* (2 ed.). São Paulo, Brasil: Governo do Estado de São Paulo. Obtenido de <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-da-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>
- De Bustamante Gutiérrez, I., Sanz, J., Goy Goy, J. L., Gonzáles-Hernández, F. M., Encabo, J., y Mateos, J. (2002). Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicaciones del índice ISQA. *Geogaceta*(31), 103-106. Obtenido de

<http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/9483/Estudio-de.pdf?sequence=2>

Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (s.f.). *Parámetros Organolépticos*. Ministerio de Salud (MINSA). Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

Gobierno Regional de Cajamarca. (2012). *Estudio Hidrológico de la Región Cajamarca*. Cajamarca: Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial.

Hernández C., N. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra Nueva Etapa*, 34(56). doi:ISSN: 1012-7089

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México: Mc Graw Hill. doi:ISBN: 978-1-4562-2396-0

Hernández Sosa, L. C. (2021). *Caracterización de la Calidad del agua del Río Canalitos, perteneciente a la subcuenca Río los Ocotes, por medio del Índice Biótico BMWP-CR y el Índice de Calidad ISQA*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Huamán Vidaurre, J. F. (2016). *Efectos de la Descolmatación Inducida en la Eficiencia de Captación y en la Morfología del Río Grande-Cajamarca aguas arriba del barrage*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1362/%e2%

80%9cEFECTOS%20DE%20LA%20DESCOLMATACI%c3%93N%20I  
NDUCIDA%20EN%20LA%20EFICIENCIA%20%20DE%20CAPTACI  
%c3%93N%20Y%20EN%20LA%20MORFOLOG%c3%8da%20DEL%  
20R%c3%8dO%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.).  
*Índice de Calidad del Agua en Corrientes Superficiales (ICA)*. Colombia:  
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de  
[http://ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21\\_HM\\_Indice\\_calidad\\_agua\\_3\\_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031](http://ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031)

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2005). *Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Cajamarca*. Cajamarca.

Isidro Sebastian, G. Y. (2019). *Evaluación de la Calidad del agua del Río Molino, ubicado en la zona II ciudad de Guatemala, mediante el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISQA) y el Índice Biótico BMWP*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Jácome Yáñez, J. A. (2014). *Validación de métodos analíticos para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (Rango bajo, Rango medio, Rango Alto), Sólidos Totales Disueltos y Sólidos Totales Suspendidos en Matrices de Agua Clara y Residual en el "CICAM"*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8461/1/BQ%2062.pdf>

Jay O’Keeffe, T. (2009). *Cómo conservar los ríos vivos: Guía sobre los caudales ecológicos*. Guía, Yucatán. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/11/conservarriosvivoswwf.pdf>

Kambalagere, Y. (2008). Determination of Water Quality Index and Suitability of an Urban Waterbody in Shimoga Town, Karnataka. *The 12th World Lake Conference*, 342-346. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/266879506\\_Determination\\_of\\_Water\\_Quality\\_Index\\_and\\_Suitability\\_of\\_an\\_Urban\\_Waterbody\\_in\\_Shimoga\\_Town\\_Karnataka](https://www.researchgate.net/publication/266879506_Determination_of_Water_Quality_Index_and_Suitability_of_an_Urban_Waterbody_in_Shimoga_Town_Karnataka)

LENNTECH. (s.f.). *FAQ De la evaluación de la Calidad Del Agua*. Obtenido de Biblioteca de preguntas y respuestas en temas relacionados con el agua: <https://www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-agua-faq-calidad-agua#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20se,de%20iones%20de%20hidr%C3%B3geno%20presentes>

Llamosas Barriga, H. R. (2022). *Implementación de un sistema de vigilancia ambiental participativa de la Calidad Agua del Río Colca, Caylloma - Arequipa*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.

MINAM. (s.f.). *ANEXO 2: La Calidad del agua y la contaminación de las aguas superficiales*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/m>

odulo2/3Secundaria/Actividades-Aprendizaje/CTA\_1/S3/anexo3/CTA\_S3  
\_Anexo\_2.pdf

Ministerio de Salud (MINSA) y Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) . (2007). *Río Grande (Mashcón) y Tributarios - 2007*. Cajamarca: Ministerio de Salud (MINSA) y Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) .

Ministro de Ambiente y Energía y la Ministra de Salud. (2007). *Decreto N° 33903-MINAE-S*. Gobierno de Costa Rica: Diario Oficial La Gaceta N. 178.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (21 de Marzo de 2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Ramírez-Burgos, L. I., Durán Domínguez de Bazúa, C., García-Fernández, J. A., Montuy-Hernández, R., y Oaxaca-Grande, M. (2008). *Demanda Química de Oxígeno de Muestras Acuosas* (Vol. 1). México: Universidad Nacional Autónoma de México. doi:ISBN: 968-36-9000-9

Real Academia Española. (2023). *Real Academia Española*. (Madrid) Obtenido de <https://dle.rae.es/r%C3%ADo?m=form>

Reyes Quevedo, P. E. (2017). *Evaluación de la Calidad del Agua en el Humedal la Tembladera utilizando índices de Contaminación*. Tesis de maestría, Universidad Internacional SEK , Quito, Ecuador.



- Rigola Lapeña, M. (1989). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. Barcelona, España: Marcombo.
- Rivera Méndez, J. L. (2008). *Determinación de los índices de calidad y coeficientes cinéticos de auto depuración del agua, en la parte alta de la cuenca del Río Naranjo, ubicada en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango*. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Rodríguez Miranda, J. P. (s.f.). *Aplicación de Indicadores de Calidad del Agua para el Riachuelo Mi Padre Jesús en la ciudad de Bogotá, Colombia*. [Diapositivas de Power Point, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de [https://www.cresca.upc.edu/sites/default/files/docs/C20.%20INDICADORES\\_ES\\_ESPA%C3%91A.pdf](https://www.cresca.upc.edu/sites/default/files/docs/C20.%20INDICADORES_ES_ESPA%C3%91A.pdf)
- Rodríguez, E., y Quintanilla, A. L. (2019). Relación ser humano-naturaleza: Desarrollo, adaptabilidad y posicionamiento hacia la búsqueda de bienestar subjetivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(3), 7-22. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83762317002>
- Rudas Chunqui, J. L. (2022). *Gasto Sólido de Fondo Aguas Arriba de la Captación Río Porcón - Cajamarca 2020*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5271/RUDAS%20CHUNQUI%20JACKELINE%20LILIANA.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- Samboni, N. E., Reyes T., A., y Carvajal E., Y. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. *Ingeniería y Competitividad*, 13(2), 49-60.
- Sepúlveda Ruiz, L. (1999). *La Contaminación Ambiental: Antecedentes, actividades y noticias*. (P. Jáuregui Morales, Ed.) Santiago: Ministerio de Educación. Obtenido de [https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro\\_la\\_contaminacion\\_ambiental.pdf](https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_la_contaminacion_ambiental.pdf)
- Supo, F., y Cavero, H. (2014). *Fundamentos Teóricos y Procedimentales de la Investigación Científica en Ciencias Sociales: Cómo diseñar y formular tesis de Maestría y Doctorado*. Lima, Perú: Universidad Nacional del Altiplano - Puno y Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez - Juliaca. Obtenido de <https://www.felipesupo.com/wp-content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica.pdf>
- Terán Moreno, L. P. (2019). *Determinación del Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) de la Zona Urbana de la Parroquia de Pacto Provincia de Pichincha*. Tesis de Licenciatura, Universidad UTE, Quito.
- Toma, J. J. (2012). Water Quality Index for Assessment of Water Quality of Duhok Lake, Kurdistan Region of Iraq. *Internacional Journal of Clinical & Laboratory Research*, 3(2), 119-124. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/188610125.pdf>

Torres, P., Cruz, C. H. y Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 8(15), 79-94. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Triola, M. F. (2009). *Estadística* (10 ed.). México: Pearson. doi:ISBN: 978-970-26-1287-2

Universidad Nacional del Litoral. (2012). Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República Argentina. En *El agua en el planeta Tierra* (págs. 219-294). Argentina: Universidad Nacional del Litoral. Obtenido de <https://www.fhuc.unl.edu.ar/olimpiadageo/2012/B%20-%202012/219-294%20-%20Hidrosfera%202.pdf>

Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. (2017). *Código de Ética para la Investigación*. Cajamarca. Obtenido de <http://upagu.edu.pe/es/wp-content/uploads/2017/08/10.-C%C3%93DIGO-DE-%C3%89TICA.pdf>

Universidad Veracruzana. (s.f. ). *Introducción a la Investigación: Guía Interactiva*. Obtenido de Tipos de Investigación: <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>

Vargas Maquera, M. C. (2021). *Determinación de Índice Simplificado de Calidad de Agua en el Río Chili, Arequipa 2019*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.

Vicuña Redondo, B. G. (1983). *El Río aspectos limnológicos* (Vol. 8). Salamanca: Centro de Edafología y Biología Aplicada.

Villalba Ayala, G. F. (2015). *Determinación de indicadores de calidad de agua del río Dicaro, como receptor de aguas servidas y de escorrentía del proceso SPF del bloque 16*. Tesis de Licenciatura, Universidad Internacional SEK, Quito.

## ANEXOS

### Anexo 1

*Unión del Río Porcón y Río Grande*



### Anexo 2

*Toma de muestras - Punto RPA (Semana N° 1)*



## **Anexo 5**

*Toma de muestras - Punto RPA (Semana N° 2)*



## **Anexo 6**

*Toma de muestras - Punto RPA (Semana N° 3)*



## **Anexo 7**

*Toma de muestras - Punto RG (Semana N° 1)*



## **Anexo 8**

*Toma de muestras - Punto RG (Semana N° 2)*



## **Anexo 9**

*Toma de muestras - Punto RG (Semana N° 3)*



## **Anexo 10**

*Toma de muestras - Punto RPB (Semana N° 1)*





## Anexo 11

*Toma de muestras - Punto RPB (Semana N° 2)*



**Anexo 12**

*Toma de muestras - Punto RPB (Semana N° 3)*



**Anexo 12**

*Medición de parámetros in situ - Punto RPA*



**Anexo 12**

*Medición de parámetros in situ - Punto RG*



**Anexo 12**

*Medición de parámetros in situ - Punto RPB*



## **Anexo 21**

### *Preparación de equipos*



## Anexo 21

*Llenado de la ficha de registro de datos*



## Anexo 21

*Aplicación de conservante*



## Anexo 22

### Informe Innodevel S.A.C



#### LABORATORIO DE ENSAYOS INNODEVEL

INFORME DE ENSAYO N° IE2504231418  
REV. 00

#### DATOS DEL CLIENTE

**Solicitante:** Melanie Alejandra Brito Larrea / Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra  
**RUC / DNI:** 002024613 / 70613020  
**Dirección fiscal:** Jr. Camilo Blas #261  
**Representante:** Melanie Alejandra Brito Larrea/Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra  
**Correo Electronico:** [melabrito@hotmail.com](mailto:melabrito@hotmail.com)  
**Teléfono:** 989505342  
**Proyecto:** Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) de los ríos Porcón y Grande, Cajamarca - 2023

#### CONTROL DEL LABORATORIO

**Fecha de recepción:** 25/04/2023  
**Fecha de ejecución:** 25/04/2023  
**Fecha de reporte:** 10/05/2023  
**Cadena de custodia:** ---

#### MUESTREO

**Muestreo realizado por:** Innodevel  
**N° de muestras:** 9  
**Procedencia:** Río Grande y Río Porcón

ESTACIÓN DE MUESTREO
RG-001
RG-002
RG-003
RPA-001
RPA-002
RPA-003
RPB-001
RPB-002
RPB-003

  
Manuel A. Zelada Sangay  
CIP: 274151  
Encargado de laboratorio ambiental

Jefe del Laboratorio de Ensayos



RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			RG-001		RG-002	
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			25-0401		02-0501	
FECHA DE MUESTREO			25/04/2023		2/05/2023	
HORA DE MUESTREO			16:37		16:45	
MATRIZ			AR		AR	
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Oxígeno disuelto	mg/L	----	8.47	± 0.02	8.48	± 0.02
Conductividad	µS/cm	----	856.50	± 1.00	860.00	± 1.16
Temperatura	°C	----	14.20	± 0.01	14.15	± 0.06
SST	mg/L	----	207.50	± 3.54	210.00	± 24.04

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			RG-003		RPA-001	
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			09-0501		25-0402	
FECHA DE MUESTREO			9/05/2023		25/04/2023	
HORA DE MUESTREO			09:09		16:18	
MATRIZ			AR		AR	
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Oxígeno disuelto	mg/L	----	8.56	± 0.14	7.95	± 0.08
Conductividad	µS/cm	----	873.00	± 1.63	264.25	± 1.71
Temperatura	°C	----	13.18	± 0.21	16.95	± 0.53
SST	mg/L	----	179.50	± 20.51	746.50	± 71.42

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			RPA-002		RPA-003	
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			02-0502		09-0502	
FECHA DE MUESTREO			2/05/2023		9/05/2023	
HORA DE MUESTREO			16:25		08:50	
MATRIZ			AR		AR	
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Oxígeno disuelto	mg/L	----	8.00	± 0.01	8.76	± 0.04
Conductividad	µS/cm	----	216.00	± 5.60	178.75	± 0.50
Temperatura	°C	----	16.53	± 0.05	12.63	± 0.19
SST	mg/L	----	106.50	± 12.02	113.50	± 3.54

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			RPB-001		RPB-002	
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			25-0403		02-0503	
FECHA DE MUESTREO			25/04/2023		2/05/2023	
HORA DE MUESTREO			16:50		17:10	
MATRIZ			AR		AR	
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS	RESULTADO	DS
Oxígeno disuelto	mg/L	----	8.31	± 0.10	8.38	± 0.01
Conductividad	µS/cm	----	797.75	± 0.50	806.25	± 0.96
Temperatura	°C	----	14.88	± 0.05	14.40	± 0.01
SST	mg/L	----	347.50	± 14.85	409.50	± 43.15

IDENTIFICACIÓN CLIENTE			RPB-003	
IDENTIFICACIÓN LABORATORIO			09-0503	
FECHA DE MUESTREO			9/05/2023	
HORA DE MUESTREO			09:27	
MATRIZ			AR	
PARÁMETRO	UNIDAD	LC	RESULTADO	DS
Oxígeno disuelto	mg/L	----	8.48	± 0.08
Conductividad	µS/cm	----	759.50	± 7.33
Temperatura	°C	----	13.68	± 0.49
SST	mg/L	----	382.50	± 17.68

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Parámetro	Método de ensayo
4500 H. Optical - Probe. Method. SM Ed 23th.	Oxígeno disuelto	LE-ME-026
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition (2017). Method 2510 B.	Conductividad	LE-ME-003
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition (2012). Method 2540 C.	Sólidos suspendidos totales	LE-ME-012
2550. Temperature. SM Ed 23th.	Temperatura	LE-ME-024

OBSERVACIONES
----

## Anexo 23

### Informe SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2314483 Rev. 0**

---

**INNODEVEL S.A.C**

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-351934-008

PROCEDENCIA : FISCAL

---

Fecha de Recepción SGS : 26-04-2023

Fecha de Ejecución : Del 26-04-2023 al 29-04-2023

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
RPA-001
RPA-002
RG-001
RG-002
RPB-001
RPB-002
RPA-003
RG-003

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 29/04/2023

**Jade C. Huarcaya Soto**  
C.B.P. 8471  
Jefe de Oficina

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Página 1 de 6



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2314483 Rev. 0**

<b>Estación de Muestreo</b>
RPB-003



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2314483 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA						RPA-001	RPA-002
FECHA DE MUESTREO						25/04/2023	25/04/2023
HORA DE MUESTREO						16:18:00	16:25:00
CATEGORIA						AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA						AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
AGUA DE RIO						AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre	
<b>Análisis Generales</b>							
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	12.4 ± 2.50	12.4 ± 2.50	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						RG-001	RG-002
FECHA DE MUESTREO						25/04/2023	25/04/2023
HORA DE MUESTREO						16:40:00	16:45:00
CATEGORIA						AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA						AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
AGUA DE RIO						AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre	
<b>Análisis Generales</b>							
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	8.9	7.5 ± 1.80	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						RPB-001	RPB-002
FECHA DE MUESTREO						25/04/2023	25/04/2023
HORA DE MUESTREO						16:50:00	17:10:00
CATEGORIA						AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA						AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
AGUA DE RIO						AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre	
<b>Análisis Generales</b>							
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	5.5 ± 1.60	8.9	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						RPA-003	RG-003
FECHA DE MUESTREO						26/04/2023	26/04/2023
HORA DE MUESTREO						09:04:00	09:15:00
CATEGORIA						AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA						AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
AGUA DE RIO						AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre	
<b>Análisis Generales</b>							
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	12.9 ± 2.60	5.5 ± 1.60	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						RPB-003
FECHA DE MUESTREO						26/04/2023
HORA DE MUESTREO						09:33:00
CATEGORIA						AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA						AGUA SUPERFICIAL
AGUA DE RIO						AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	
<b>Análisis Generales</b>						
Demanda Química de Oxígeno	EW APHA5220D CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	8.4	



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2314483 Rev. 0**

**CONTROL DE CALIDAD**

LC: Límite de cuantificación  
MB: Blanco del proceso.  
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.  
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.  
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.  
Dup. %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Demanda Química de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	4.5	<4.5	93%	98%	2%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2314483 Rev. 0**

**REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO**

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA5220D_CX	Cajamarca	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2314483 Rev. 0**

**NOTAS**

**Notas:**

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

**"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"**

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.  
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Página 6 de 6



Laboratorio Callao  
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1  
Teléfono: (01) 517 1900  
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

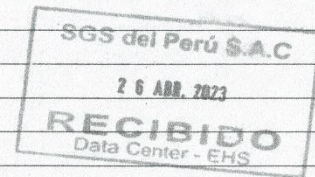
Laboratorio Arequipa  
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial  
Teléfono: (054) 213508  
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca  
Calle Amalfo Márquez 257, Barrio San Antonio  
Teléfono: (076) 367723  
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N° 237084

DATOS DEL CLIENTE				FACTURAR A*				Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*				
Cliente : <b>INNODEVEL S.A.C</b> Contacto : <b>Manuel Zelada Sangay</b> Teléfono : <b>966 299 450</b> E-mail : <b>innodevelsac@gmail.com</b> Proyecto : <b>Caracterización AS del R. Porcón/Gran</b> Lugar de Inspección : <b>Dio Porcón - Rio Grande</b>				Razón Social : <b>INNODEVEL S.A.C</b> RUC : <b>20602919286</b> Dirección : <b>Pf. Cumulca # 154</b> Contacto : <b>Manuel Zelada Sangay</b> Teléfono : <b>966 299 450</b> Muestreado por : SGS <input type="checkbox"/> El Cliente <input checked="" type="checkbox"/>				Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) DQO										AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea AMA : Agua de manantial AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Agua residual industrial ARM : Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AB : Agua de bebida		AP : Agua de piscina ALA : Agua de laguna artificial AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobre SAL : Salmuera AIRS : Agua de inyección y reinyección (salina) AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AL : Agua de lavación APR : Agua purificada AIRP : Agua de inyección y reinyección (de pro		
ENVIAR EL INFORME A: Contacto : <b>Manuel Zelada Sangay</b> Dirección : <b>Pf. Cumulca # 154</b> Teléfono : <b>966 299 450</b> E-mail : <b>innodevel-ac@gmail.com</b>				Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input checked="" type="checkbox"/> Especial <input type="checkbox"/>																		
N° de OI : Fecha de Inicio: Hora de Inicio:				N° de Pre-Acta: Fecha de finalización: Hora de finalización:														OBSERVACIONES				
Item	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra		Fecha	Hora	P	V											
		WGS 84 <input type="checkbox"/>	PSAD 56 <input type="checkbox"/>			Simple	Compuesta															
01	RPA-001				ADR	X		25/04/23	4:48pm	1		✓										
02	RPA-002				ADR	X		25/04/23	4:25pm	1		✓										
03	RG-001				ADR	X		25/04/23	4:40pm	1		✓										
04	RG-002				ADR	X		25/04/23	4:45pm	1		✓										
05	RPB-001				ADR	X		25/04/23	4:50pm	1		✓										
06	RPB-002				ADR	X		25/04/23	5:40pm	1		✓										
07	RPA-003				ADR	X		26/04/23	9:04am	1		✓										
08	RG-003				ADR	X		26/04/23	9:15am	1		✓										
09	RPB-003				ADR	X		26/04/23	9:33am	1		✓										
Inspector responsable:				Fecha:				Firma:				N° de Coolers <input type="checkbox"/>		N° de Frascos <input type="checkbox"/>		Fecha de Recepción de las Muestras:				Hora:		
Representante del Cliente:				Fecha:				Firma:				N° de Ice Pack's <input type="checkbox"/>		Responsable de la Recepción de las Muestras:				Firma				
Muestra enviada vía:				Responsable del Envío:				Agencia / Persona a cargo del transporte:				Condiciones en que se recibieron las muestras:				Temperatura (°C):						
Terrestre <input type="checkbox"/> Aérea <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Marítima <input type="checkbox"/>				Fecha y Hora del envío:				RUC / DNI:				Refrigeradas <input type="checkbox"/> Preservadas <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación <input type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Otros (especifique): <input type="checkbox"/>				Temperatura (°C): <input type="text"/>						



Anexo 24

Cadena de custodia

**Registro de Datos en Campo**

Cuenca: Río Porcón - Aguas Arriba

Realizado por: Melanie Alejandra Brito Larrea  
Deisy Lizbeth Valiente Murrogarra

Punto de muestreo	Descripción origen/ubicación	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Hora	T	OD	CONDUC	Observaciones
		Norte/Sur	Este/Oeste				°C	mg/L	µS/cm	
RPA - 001	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		25/04	4:18 pm	17.7	7.87	265	
RPA - 001	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		25/04	4:21 pm	16.9	7.89	266	
RPA - 001	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		25/04	4:23 pm	16.7	8.01	262	
RPA - 001	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		25/04	4:25 pm	16.5	8.01	264	
RPA - 002	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		02/05	4:25 pm	16.5	8.00	218	
RPA - 002	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		02/05	4:28 pm	16.5	7.99	212	
RPA - 002	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		02/05	4:30 pm	16.6	8.00	211	
RPA - 002	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		02/05	4:33 pm	16.5	8.02	223	
RPA - 003	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		09/05	8:50 am	12.9	8.70	178	
RPA - 003	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		09/05	8:52 am	12.6	8.77	179	
RPA - 003	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		09/05	8:54 am	12.5	8.78	179	
RPA - 003	Río Porcón A.	9213258.00	772843.00		09/05	8:58 am	12.5	8.78	179	

**Anexo 25**

*Ficha de registro de datos – Punto RPA*

**Registro de Datos en Campo**

Cuenca: Río Grande

Realizado por: Melanie Alejandra Brito Correa  
Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra

Punto de muestreo	Descripción origen/ubicación	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Hora	T	OD	CONDUC	Observaciones
		Norte/Sur	Este/Oeste				°C	mg/L	µS/cm	
R6-001	Río Grande	9212943.00	773166.00		25/04	4:37 pm	14.2	8.45	856	
R6-001	Río Grande	9212943.00	773166.00		25/04	4:40 pm	14.2	8.49	856	
R6-001	Río Grande	9212943.00	773166.00		25/04	4:43 pm	14.2	8.49	856	
R6-001	Río Grande	9212943.00	773166.00		25/04	4:46 pm	14.2	8.46	858	
R6-002	Río Grande	9212943.00	773166.00		02/05	4:45 pm	14.2	8.46	859	
R6-002	Río Grande	9212943.00	773166.00		02/05	4:48 pm	14.2	8.47	859	
R6-002	Río Grande	9212943.00	773166.00		02/05	4:52 pm	14.1	8.48	861	
R6-002	Río Grande	9212943.00	773166.00		02/05	4:55 pm	14.1	8.51	861	
R6-003	Río Grande	9212943.00	773166.00		09/05	9:09 am	13.0	8.37	875	
R6-003	Río Grande	9212943.00	773166.00		09/05	9:09 am	13.0	8.55	871	
R6-003	Río Grande	9212943.00	773166.00		09/05	9:11 am	13.4	8.66	873	
R6-003	Río Grande	9212943.00	773166.00		09/05	9:12 am	13.3	8.67	873	

**Anexo 26**

Ficha de registro de datos – Punto RG

**Registro de Datos en Campo**

Cuenca: Río Porcón - Aguas Abajo

Realizado por: Melanie Alejandra Brito Larrea,  
Deisy Lizbeth Valiente Murrugarra.

Punto de muestreo	Descripción origen/ubicación	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Hora	T	OD	CONDUC	Observaciones
		Norte/Sur	Este/Oeste				°C	mg/L	µS/cm	
RPB-001	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		25/04	4:50 pm	14.9	8.17	797	
RPB-001	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		25/04	4:52 pm	14.8	8.32	798	
RPB-001	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		25/04	4:53 pm	14.9	8.36	798	
RPB-001	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		25/04	4:55 pm	14.9	8.38	798	
RPB-002	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		02/05	5:10 pm	14.4	8.37	805	
RPB-002	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		02/05	5:12 pm	14.4	8.36	806	
RPB-002	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		02/05	5:15 pm	14.4	8.38	807	
RPB-002	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		02/05	5:18 pm	14.4	8.39	807	
RPB-003	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		09/05	9:27 am	13.5	8.43	750	
RPB-003	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		09/05	9:29 am	13.4	8.48	758	
RPB-003	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		09/05	9:30 am	13.4	8.58	763	
RPB-003	Río Porcón B.	9212702.00	773147.00		09/05	9:32 am	13.4	8.41	767	

**Anexo 27**

Ficha de registro de datos – Punto RPB

