



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Vargas Mendoza, Brígida Emperatriz (ORCID: 0000-0002-7190-8871)

ASESOR:

Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi amado padre celestial, el herrador de mi vida, el omnipotente y poderoso, por darme salud, vida, por acompañarme siempre, guiar mi camino y levantarme de las caídas.

A mis queridos padres Emeterio Vargas Pérez y Benedicta Mendoza Flores, por ser el pilar de mi vida y por su apoyo incondicional, a mis hermanas, por creer en mí, en especial a mi hermana Maribel por siempre alentarme a continuar y nunca rendirme.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Cesar Vallejo, por permitirme realizar mi trabajo de Investigación para optar el grado.

A mi asesor por su paciencia, orientación y guía para la culminación de esta investigación.

A los profesionales y amigos de la Administración local del agua Tambopata- Inambari (2020), que me brindaron la información necesaria, el apoyo y guía para el desarrollo de mi tesis.

Y a todos aquellos que aportaron en la culminación de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Anexos.....	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Índice de abreviaturas	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo de estudio	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimiento	17
3.6. Método de Análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos.....	21
IV.- RESULTADOS.....	22
V. DISCUSION.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	53

Anexos

Anexo 1. Declaratoria de Originalidad de la autora

Anexo 2. Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Anexo 3: Matriz de Operacionalización de variables

Anexo 4: Instrumentos de recolección de datos

Anexo 5: Validación de instrumentos

Anexo 6: Solicitud de acceso a la información

Anexo 7: Respuesta a la solicitud por la Autoridad Nacional del Agua

Anexo 8: Muestra de los datos del monitoreo del agua brindados por Autoridad Nacional del Agua

Anexo 9: Cálculo de ICARHS para el punto de control 1 del río San Gabán

Anexo 10: Cálculo de ICARHS para el punto de control 2 del río San Gabán

Anexo 11: Cálculo de ICARHS para el punto de control 3 del río San Gabán

Anexo 12: Cálculo de ICARHS para el punto de control 4 del río San Gabán

Anexo 13: Cálculo de ICARHS para el punto de control 5 del río San Gabán

Anexo 14: Cálculo de ICARHS para el punto de control 6 del río San Gabán

Anexo 15: Resultados del índice de calidad del agua de la cuenca del río San Gabán época de Estiaje

Anexo 16: Resultados del índice de calidad del agua de la cuenca del río San Gabán época de Avenida

Anexo 17: Captura de pantalla de Turnitin

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de la categoría 4 en cuerpos loticos.....	10
Tabla 2. Clasificación del cuerpo natural del recurso hídrico del Rio San Gabán.....	11
Tabla 3. Variable del estudio.....	15
Tabla 4. Fichas de recolección y procesamiento de datos.....	16
Tabla 5. Validación de instrumentos por Especialistas.....	16
Tabla 6. Puntos del monitoreo de calidad de agua del rio San Gabán.....	19
Tabla 7. Resultados de ICARHS en la cuenca del rio San Gabán.....	22
Tabla 8. Resultados del monitoreo del pH en los puntos de control del Rio San Gabán en dos épocas del año.....	26
Tabla 9. Resultados del monitoreo de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en los puntos de control del Rio San Gabán	28
Tabla 10. Resultados del monitoreo de Oxígeno Disuelto (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	29
Tabla 11. Resultados del monitoreo de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	30
Tabla 12. Resultados del monitoreo de Solidos Suspendidos Totales(mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán.....	31
Tabla 13. Resultados del monitoreo de Aceites y grasas (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	33
Tabla 14. Resultados del monitoreo de Arsénico (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	34
Tabla 15. Resultados del monitoreo de Cadmio (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	35
Tabla 16. Resultados del monitoreo de Níquel (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	36

Tabla 17. Resultados del monitoreo de Cobre (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	37
Tabla 18. Resultados del monitoreo de Mercurio (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	38
Tabla 19. Resultados del monitoreo de Plomo (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	39
Tabla 20. Resultados del monitoreo de Zinc (mg/L) en los puntos de control del Rio San Gabán	42
Tabla 21. Resultados del monitoreo de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) en los puntos de control del Rio San Gabán	43
Tabla 22. Comparación correlativa entre ICARHS de Macusani y Ollachea.....	45
Tabla 23. Comparación correlativa entre los ICARHS de ingreso y salida en Ollachea y San Gabán.....	46
Tabla 24. Comparación correlativa entre los ICARHS de ingreso y salida en Ollachea y San Gabán.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Parámetros a evaluar para determinar el ICARHS según categoría.....	11
Figura 2. Interpretación del valor de ICARHS.....	13
Figura 3. Flujograma del procedimiento de la investigación.....	17
Figura 4. Delimitación de la zona de estudio de la cuenca del rio San Gabán.....	18
Figura 5. Variación de ICARHS en los puntos de control del rio San Gabán.....	23
Figura 6. Índice de la calidad del agua en puntos de control-Macusani.....	24
Figura 7. Índice de la calidad del agua en puntos de control-Ollachea.....	24
Figura 8. Índice de la calidad del agua en puntos de control-San Gabán.....	25
Figura 9. Variación espacial y temporal del pH en los puntos de control del Rio San Gabán	27
Figura 10. Correlación entre pH y el ICARHS período de a) estiaje y b) avenida.....	27
Figura 11. Variación espacial y temporal de la Conductividad Eléctrica en los puntos de control del Rio San Gabán	28
Figura 12: Variación espacial y temporal de Oxígeno Disuelto en los puntos de control del Rio San Gabán	30
Figura 13. Variación espacial y temporal de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en los puntos de control del Rio San Gabán	31
Figura 14. Variación espacial y temporal de Solidos Suspendidos Totales (STS) en los puntos de control del Rio San Gabán	32
Figura 15. Correlación entre Solidos Suspendidos Totales (SST) e ICARHS período de a) estiaje y b) avenida.....	33
Figura 16. Variación espacial y temporal de Aceites y Grasas (A y G) en los puntos de control del Rio San Gabán	34
Figura 17. Variación espacial y temporal de Arsénico en los puntos de control del Rio San Gabán	35

Figura 18. Variación espacial y temporal de Cadmio en los puntos de control del Rio San Gabán	36
Figura 19. Variación espacial y temporal de Níquel en los puntos de control del Rio San Gabán	37
Figura 20. Variación espacial y temporal de Cobre en los puntos de control del Rio San Gabán	38
Figura 21. Variación espacial y temporal de Mercurio en los puntos de control del Rio San Gabán	39
Figura 22. Variación espacial y temporal de Plomo en los puntos de control del Rio San Gabán	40
Figura 23. Correlación entre plomo e ICARHS período de a) estiaje y b) avenida...41	
Figura 24. Variación espacial y temporal de Zinc en los puntos de control del Rio San Gabán	42
Figura 25. Variación espacial y temporal de Coliformes Fecales en los puntos de control del Rio San Gabán	44
Figura 26. Correlación entre coliformes fecales e ICARHS período de a) estiaje y b) avenida.....	44
Figura 27. Dispersión de los ICARHS entre Macusani y Ollachea.....	45
Figura 28. Dispersión de los ICARHS entre Macusani y San Gabán.....	46
Figura 29. Dispersión de los ICARHS entre Ollachea y San Gabán.....	47

Índice de abreviaturas

ANA: Autoridad Nacional del Agua

ARM: Agua residual municipal

ICARHS: Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales

ECA: Estándar de calidad ambiental-agua

MINAM: Ministerio del Ambiente

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales

mg/L: miligramos por litro

NMP: Número más probable

RESUMEN

La cuenca del río San Gabán es uno de los ríos importantes, debido a los diversos usos de sus aguas, por ello, la importancia de conocer la calidad de sus aguas; siendo como objetivo principal analizar la variación espacio-temporal del índice de la calidad ambiental del río San Gabán (ICARHS), en los puntos de control ubicadas en las localidades de Macusani (RSgab1 y RSgab2), Ollachea (RSgab3 y RSgab4) y San Gabán (RSgab5 y RInam1) – Carabaya – Puno. Para hallar el índice de calidad del agua (ICARHS), en temporadas de avenida y estiaje, se aplicó la metodología de la Autoridad Nacional del Agua, agrupando 14 parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos, a partir de datos de monitoreos de la calidad del Agua, desarrollados por la Administración local del Agua Tambopata – Inambari desde el año 2016 al 2020. Como resultado del estudio se obtuvo que la calidad del agua promedio en el punto RSgab1 es mejor que en el punto RSgab2 en Macusani, debido a la concentración de coliformes termotolerantes en el punto de salida; en el caso de Ollachea, en el punto RSgab3 (aguas arriba) presenta una calidad de agua “buena” en comparación con el punto RSgab4 (aguas abajo) de calidad “regular”, la reducción ocurre, por la presencia de coliformes termotolerantes y concentración de plomo por encima de los estándares de calidad de agua, de la misma manera en San Gabán, el punto RSgab5 (aguas arriba) presenta mejor calidad de agua en comparación con el punto RInam1 (aguas abajo), debido al incremento de Pb y STS. La correlación lineal entre los ICARHS de Macusani y Ollachea resulta débil, entre Macusani y San Gabán de intensidad fuerte, y entre Ollachea y San Gabán una interrelación de significancia moderada.

Palabras clave: Variación espacial-temporal, monitoreo de agua, ICARHS, cuenca del río San Gabán, Correlación

ABSTRACT

The San Gaban river watershed is one of the important rivers, due to its multiple uses, therefore, the importance of knowing the quality of its waters; The objective of which is to analyze the space-temporal variation of the environmental quality index of the San Gaban river (ICARHS), in the control points located in the towns of Macusani (RSgab1 and RSgab2), Ollachea (RSgab3 and RSgab4) and San Gabán (RSgab5 and RInam1) - Carabaya - Puno. To find the water quality index (ICARHS), in flood and low water seasons, the methodology of the National Water Authority was applied, grouping 14 physical-chemical, inorganic and microbiological parameters, from water quality monitoring data, developed by the local Tambopata - Inambari Water Administration from 2016 to 2020. As a result of the study, it was obtained that the average water quality at the RSgab1 point is better than at the RSgab2 point in Macusani, due to the concentration of thermotolerant coliforms at the point of exit; Similar is the case of Ollachea, at the RSgab3 point (upstream) it presents a “good” water quality compared to the “regular” quality RSgab4 (downstream) point, the reduction occurs due to the presence of thermotolerant coliforms and lead concentration above water quality standards, in the same way in San Gaban, the RSgab5 point (upstream) presents better water quality compared to the RInam1 point (downstream), due to the increase in lead, followed by total suspended solids. The linear correlation between the ICARHS of Macusani and Ollachea is weak, between Macusani and San Gaban it is of strong intensity, and between Ollachea and San Gaban it is an interrelation of moderate significance.

Keywords: Spatial-temporal variation, water monitoring, ICARHS, San Gaban river watershed, Correlation

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales se contaminan durante su recorrido desde la naciente de la cuenca hasta su desembocadura, aún más los que atraviesan las áreas urbanas y transportan niveles elevados de nitrógeno total y amoniacal, fósforo y materia orgánica, que se disuelve con las aguas provenientes de la escorrentía pluvial (MUHAMMAD TOUSIF, y otros, 2009). El aumento de la polución del agua superficial y/o subterránea, en los últimos años ha hecho que se realice cuantiosas investigaciones relacionado a la calidad del recurso hídrico, buscando el control y seguimiento del estado de la calidad del agua (Cooperación Europea-Instituto de Investigaciones Químicas, 2004-2007).

La presente tesis de investigación abarca las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán ubicados en la provincia de Carabaya, departamento de Puno, pertenecientes a la jurisdicción de la cuenca del rio San Gabán y parte de la cuenca del Inambari. Actualmente existen fuentes de descarga de aguas residuales de las poblaciones mencionadas, estos poblados están asentadas a las márgenes derecha e izquierda de la cuenca del rio San Gabán, esto permite que dichas localidades viertan las aguas residuales que generan, al cuerpo receptor que atraviesa las poblaciones, la inexistencia, la falta de mantenimiento y operatividad eficiente de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), probablemente conlleven a la afectación y/o alteración de las características naturales del agua de la cuenca del rio San Gabán. Con la presente investigación se pretende analizar la variación espacial y temporal de calidad del recurso hídrico superficial del Rio San Gabán en 6 puntos de control establecidos, a través de la sistematización de los datos recopilados y aplicando la metodología establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), para el cálculo del índice de calidad ambiental de las aguas superficiales (ICARHS).

Esta investigación intenta resolver el siguiente problema general ¿Cómo es la variación espacio-temporal del índice de la calidad ambiental del rio San Gabán (ICARHS), en puntos de control ubicadas en Macusani, Ollachea y San Gabán-Carabaya-Puno? y como problemas específicos ¿Cuáles son los índices de la calidad ambiental del rio San Gabán (ICARHS) en los puntos de control en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán? y ¿Cómo es el comportamiento de los ICARHS

en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán? y tercero: ¿Cuál es la interrelación entre los ICARHS de Macusani, Ollachea y San Gabán?

Esta investigación se fundamenta en tres espacios, la justificación teórica, porque pretende generar información de la calidad del recurso hídrico superficial de la cuenca del río San Gabán, utilizando la metodología establecida por la entidad competente en gestión y vigilancia de los recursos hídricos, para la determinación de la calidad del agua (ICARHS), además debido a que no hay muchos estudios relacionados a la calidad del recurso hídrico en la zona sur del Perú, en particular en la cuenca del río San Gabán y la justificación ambiental, corresponde a las descargas directas e indirectas al cuerpo receptor del río San Gabán, a través de la descarga de aguas residuales proveniente de las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán y de actividades que se desarrollan alrededor de las mismas, que cuentan con antecedentes de Procedimientos administrativos sancionadores, por la entidad competente en vigilancia y seguimiento de la calidad de agua en cuerpo receptor (Suaña Machaca, 2018); asimismo la justificación social radica en que los resultados que se obtengan ayudarán en la toma de decisión y acciones en la mejora de la calidad de los recursos hídricos superficiales, beneficiando así a la mejora de la calidad ambiental y social. La cuenca del río San Gabán abarca 3 poblados, asentados a los márgenes de la cuenca, con una población aproximada de 14680 habitantes (RENIEC, 2017). Como cuerpo receptor de la descarga de efluentes residuales, amerita realizar una investigación sobre la influencia de la descarga de efluentes residuales municipales y no municipales en la calidad del agua, a partir de la evaluación de los parámetros físicos, bioquímicos y biológicos, así tomar medidas de mitigación y plantear alternativas de regulación y optimización del funcionamiento de las plantas de tratamiento.

El objetivo general es analizar la variación espacio-temporal del índice de la calidad ambiental del río San Gabán (ICARHS), en los puntos de control ubicadas en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán – Carabaya - Puno como objetivos específicos, primero: Determinar los índices de calidad ambiental del río San Gabán (ICARHS) en puntos de control en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán, luego evaluar el comportamiento del ICARHS en las localidades de Macusani,

Ollachea y San Gabán y finalmente evaluar la interrelación entre los ICARHS de Macusani, Ollachea y San Gabán.

En respuesta a los problemas, se planteó las siguientes hipótesis, como hipótesis general: existe variación espacio-temporal del índice de la calidad ambiental (ICARHS) en la cuenca del río San Gabán, ubicadas en las estaciones de control ubicadas en Macusani, Ollachea y San Gabán-Carabaya-Puno y como hipótesis específicas, primero: Se puede determinar los valores de los ICARHS en las estaciones de control de la cuenca del río San Gabán, con la metodología establecida por la ANA, segundo: El comportamiento del ICARHS, permite conocer la calidad del agua, en las estaciones de control siendo variable en la cuenca del río San Gabán y la última hipótesis específica: Los ICARHS, entre las comunidades tienen relación entre ellas.

II.MARCO TEÓRICO

Para desarrollar la investigación se revisaron diferentes artículos, revistas, tesis y otros documentos que guardan relación con el trabajo de investigación desarrollada, a continuación, se detallan:

En Croacia, (ROMIC, y otros, (2019)) realizaron estudio con el objetivo de evaluar y modelar la variabilidad espacio-temporal de la calidad del agua superficial y subterránea del Valle Inferior de Neretva (LNV), para probar la eficiencia de la aplicación de Efecto Lineal Mixto (LME), para ello utilizaron datos registrados mensualmente en el período 2009-2017 de la electricidad del agua, conductividad y concentración de nitratos. Concluyendo que las ubicaciones y la baja frecuencia del monitoreo de datos de calidad del agua son a menudo las principales limitaciones para un modelado preciso. A diferencia de la variación temporal, la variación espacial no fue descrita adecuadamente por los dos Modelos LME, debido a la escasez de ubicaciones de muestreo.

En México, CHÁVEZ Martínez, (2015) realizó el estudio con el propósito de evaluar espacial y temporalmente el índice de calidad del agua del río Cazonos en Coatzintla, para la determinación del Índice de Brown-NFS, se monitoreo en 3 estaciones de monitoreo, tomando 9 indicadores que son: el pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, solidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno, en el periodo 2013-2014. Llegó a la siguiente conclusión: el índice promedio es de 63.94 que representa, calidad media de la calidad del agua, además se evidencio diferencias significativas del ICA-Brown en las diferentes estaciones monitoreadas.

En Colombia, SANABRIA Suarez et al., (2017) realizaron un estudio sobre las variaciones de la calidad del recurso hídrico en la cuenca alta del rio Bogotá, a partir de los datos de los monitoreos realizados semestralmente en el periodo de 2008 al 2015 por la Corporación Autónoma Regional de Cundimarca por sus siglas CAR, a partir de esta información, se calculó el índice de calidad ambiental utilizando la metodología colombiana, el resultado de este análisis muestra deterioro ambiental, muestran la necesidad de reformular las estrategias ambientales para la protección de agua.

En Ecuador, (PONTON Valarazo, (2018)) desarrolló estudio sobre calidad ambiental mediante los ICA Y BMWP/Col. en base a 2 estaciones climáticas (invierno y verano) Añadiendo la variante ASPT en la microcuenca Rio Piñas-El Oro-Ecuador. Trabajo con 4 estaciones de muestreo desde la naciente hasta la desembocadura, Llegando a la conclusión de que las estaciones 3 y 4 que están ubicadas en la parte baja de la cuenca, mostraron los resultados más bajos de ICA, en la clasificación de “aguas contaminadas” y “aguas fuertemente contaminadas.”

En Argentina, (RODRIGUEZ, PELUSO y GONZALES, 2008) evaluaron la calidad de las aguas superficiales, a través, del análisis de semejanza de 4 índices de calidad del agua, usando National Science Foundation, en base a nueve campañas de muestreo estacionales en el arroyo Azul, Provincia de Buenos Aires. Llegando a la conclusión de que la calidad del agua se mantiene entre una escala de buena a media.

En Ecuador, (VELOZ y CARBONEL, 2018) en su investigación desarrollada sobre el índice de la calidad del agua en la microcuenca del río Chibunga, teniendo en cuenta los variables físicas y químicas como: pH, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y parámetros inorgánicos como: cadmio, plomo y otros metales e indicadores microbiológicos: coliformes fecales, monitoreados en 10 puntos, 4 monitoreos por punto, en temporadas de estiaje y avenida. Los componentes de mayor afectación en temporada seca fueron el oxígeno disuelto y plomo con resultado mala calidad y en época lluviosa fueron los sólidos suspendidos. En cuanto a los indicadores microbiológicos (coliformes fecales) resultó que en todas las campañas y temporadas monitoreadas resulta pésimo. El Índice de Calidad del agua promedio para toda la microcuenca en el periodo del año 2013 al 2017 es de 58, que indica un estado REGULAR.

En Ecuador, (MENDEZ, ARCOS y CARZOLA, 2020) realizaron el monitoreo del agua en tres (3) estaciones de la micro cuenca del rio Copueno, en octubre, noviembre y diciembre del 2019 y enero 2020, posteriormente el modelamiento en el software IQA Data, llegando a la conclusión que los resultados del monitoreo en cada punto son variables, el punto 1 resulta con una clasificación de “buena”, el punto 2 “regular” y el punto 3 con “mala” calidad, debido a las descargas de las agua residuales en diferentes zonas.

En Venezuela, (GIL, VIZCAINO y MONTAÑO, 2018) desarrollaron investigación con el objetivo de “evaluar el índice de calidad del agua (ICA) en el río Guarapiche, estado Monagas-Venezuela”, haciendo uso del método del índice aritmético ponderado. Para efectuar este estudio analizaron 14 indicadores de calidad del agua. Como resultado del estudio la calidad del agua dio un valor bajo, evidenciado el impacto de actividades antropogénicas.

En Cuba, (BALMASEDA y GARCIA, 2014), realizaron el estudio el cual consistió en evaluar la calidad de las aguas con fines agrarios, utilizando la metodología canadiense de determinación del índice de calidad CCME-WQI. Para ello se seleccionaron 6 puntos de muestreo representativos (3 superficiales y 3 subterráneas). Los resultados muestran que existe variabilidad temporal en los datos de pH, mas no en los demás datos analizado; además se concluyó que la clasificación del agua es como “pobre” para uso agrícola.

En Colombia, (CAHO y LÓPEZ, 2017), analizaron espacio-temporalmente el índice de calidad de agua del sector Guaymaral, a través dos metodologías de medición de cálculo: UWQI y CWQI, entre los meses agosto de 2015 y abril de 2016, seleccionando cuatro puntos de muestreo a través de los parámetros fisicoquímicos en cuatro épocas diferentes, resultando que la mayoría de los puntos muestreados y valorizados por el ICA-UWQI tuvieron una valoración de regular, y para el ICA-CWQI, de pobre.

En Perú, Andahuaylas, (CHOQUE et al., 2021) desarrollaron la investigación con la finalidad de calcular el ICA en la microcuenca parte alta del río Chumbao, utilizando el método de ICA Dinius considerando los parámetros de OD, DBO5, NO3, PO4, T°, turbidez, color, STD, pH , alcalinidad, dureza, conductividad, cloruros e indicadores microbiológicos como la E.coli y coliformes totales. El muestreo se realizó por triplicado en temporada de avenida (2 lenticos y 8 loticos), se analizó haciendo uso del test turkey, El resultado fue distribuido en tres categorías: “excelente”; “aceptable” y “excesivamente contaminada”, concluyendo que en zonas donde poca densidad poblacional, la calidad del agua es “buena”.

CASTILLO y MEDINA, (2014) en su investigación, sobre el análisis de la calidad espacial y temporal del agua del río Rímac, destinado para riego a través de dos índices de calidad NSF WQI-USA y CCME WQI-Canadá y el uso de dos métodos

estadísticos (Correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales), tomando datos del monitoreo realizado por DIGESA y SEDAPAL. Concluyeron que con el NFS WQI, la mejor calidad del agua se encuentra en las estaciones ubicadas en la parte alta y en la parte valores entre buenas a media; en cuanto a CCME WQI, las estaciones de la parte mostraron indicadores entre aceptable y bueno y en la zona baja entre aceptable y excelente.

JIMENEZ y LLICO, (2020), desarrollaron investigación en 3 estaciones de monitoreo P1: Centro poblado Muyoc. - P2: Centro poblado Limapampa. - P3: Centro poblado Huayobamba, con la finalidad de “evaluar la calidad de agua del río Muyoc según ICA – PE”, que resumen en un solo valor calificativo la calidad hídrica, a partir de indicadores físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados indican que en el primer monitoreo en época de estiaje la calidad hídrica es BUENA y en el segundo monitoreo en época de lluvia es EXCELENTE.

PÉREZ, (2017) investigó sobre la influencia del vertimiento de las aguas residuales de la planta de tratamiento Omo al río Moquegua, durante el periodo 2014-2015, a través de ICA-NFS. Para halla el índice de calidad del agua utilizo los indicadores: pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno. Para conocer las variaciones espaciales y temporales se calculó el ICA-NSF antes de vertimiento con resultado de 51.44 que indica calidad media y después del vertimiento con 44.18 que representa mala calidad.

PUERTA, (2019) llevó adelante una investigación en el ámbito de la convergencia de los ríos Mayo y Huallaga, ubicando 3 estaciones de monitoreo, para evaluar la influencia en la calidad del agua del río Huallaga por descarga del río Mayo a través de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, en el periodo de octubre - diciembre del 2018; obteniendo un valor de ICA-PE de una calidad regular en río Mayo, revelando que ocasionalmente es amenazada, en cuanto al río Huallaga las estaciones ubicadas antes y después de la unión con el río Mayo, resultan de una buena calidad.

TORRES, PATACÓN y AGUDELO, (2020) determinaron las características físico-químicas del agua, posteriormente el cálculo del índice de calidad del agua en la parte media de la cuenca del río Cravo Sur, a través de la valoración matemática se obtuvo

como resultado que en época de invierno y verano se encuentran en una clasificación de regular y aceptable.

SILVA, (2018) en su investigación evaluó la calidad del agua del río Tumbes en el periodo de los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 (época seca y húmeda), a partir de monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la información recopilada fue procesada mediante la aplicación del procedimiento establecido para el cálculo del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, de la ANA, como resultado se obtuvo el indicador de calidad del agua de cada punto de monitoreo, se generó los mapas de ICA-PE y una propuesta técnica de recuperación de la calidad del agua según la categoría de uso de agua. Concluyendo que la calidad del agua del río Tumbes está muy afectada con un valor de “mala calidad”, debido a que se ven alterados los parámetros físico químicos y microbiológicos.

ESTELA, (2017) determinó mediante análisis los parámetros físico, químico y microbiológico del río Chancay para evaluar la influencia de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca que se descargan sin previo tratamiento al mencionado río, tomando 3 puntos de muestreo, el resultado del análisis se comparó con los límites máximos permisibles y estándares de calidad del agua (ECA-agua); dando como resultado final que el punto de vertimiento del agua residual supera el LMP y excede ECA-agua establecido.

LAURA, (2019) a través de recopilación de datos de los 15 puntos de monitoreo, realizó el estudio de calidad ambiental del recurso hídrico, en el periodo 2013 al 2017, utilizando la metodología del ICA-PE, teniendo en cuenta lo siguiente: los factores del ICA-PE (alcance, frecuencia y la amplitud), la clasificación de los cuerpos de agua superficiales según ANA y los estándares de calidad ambiental del ministerio del ambiente. Luego del análisis de los datos del monitoreo, según ICA-PE se ha obtenido resultados con calificaciones de “excelente”, “bueno” y “regular” en toda la cuenca del Quilca Chili.

BERNARDO, (2019) realizó investigación, con el objetivo de determinar la calidad de agua con fines agrario (riego) en 3 zonas adyacentes a la ciudad de Huánuco, las cuales abastecen de productos al mercado de la ciudad, para dicha investigación aplico la metodología de la determinación del índice de la calidad del agua empleando

las fórmulas matemáticas, tomando en cuenta solamente los parámetros biológicos (huevos de helimito, eschirichi coli y coliformes termotolerantes).

MONTEAGUDO, (2015) realizó el estudio a lo largo de los ríos Lampa y Cabanillas, afluente de la cuenca Coata, de la vertiente del lago Titicaca, la finalidad del estudio fue estimar el índice de calidad del agua, luego comparar los valores calidad del agua, de la fundación Nacional de Sanidad (NSF) entre ambos ríos, para plantear un instrumento de medición de gestión para la planificación y preservación de ambos ríos. Para ello tomó 8 muestras en río Lampa y 7 en el río Cabanillas para su análisis físico, químico y microbiológico. Llegando a la conclusión que el río Lampa y el río Cabanillas se encuentran en la clasificación de “media” con valores de 70.16 y 54.14 respectivamente.

CAJAS, (2019) determinó el indicador de la calidad del agua del manantial ubicado en el centro poblado Cochatama ubicada en Huánuco, para ello se tomó en cuenta 4 puntos de muestreo, posteriormente se analizó en laboratorio; Al desarrollar el estudio llegó a la conclusión que solamente un punto está dentro de los límites máximos permisibles y el resto excede lo establecido.

Después de haber revisado los estudios relacionados a la investigación, se procede con el marco teórico, para ello es necesario determinar la calidad del agua en una cuenca a través de monitoreos con indicadores que definan la calidad del agua, como los parámetros físicos (el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, los sólidos suspendidos totales, Nitrógeno total, aceites y grasas), parámetros inorgánicos (arsénico, Cadmio, Níquel, Cobre, Mercurio, plomo y zinc) y parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes). Según (SILVA, 2018). La ventaja de los parámetros físico-químicos es que la sistematización y análisis de la información pueden ser rápidos y se puede hacer seguimiento con mayor frecuencia a comparación de los parámetros microbiológicos

La buena calidad del agua puede verse afectada por ciertos factores, por ejemplo, por acciones antropogénicas que son ocasionadas por el hombre y la contaminación natural debido a causas de la naturaleza, como el desprendimiento de ciertos tipos de rocas que modifica las condiciones naturales de la calidad del agua.

Los componentes de calidad y cantidad del agua en el Perú son variables, debido a las diferentes particularidades presentes en una zona. Por lo que el índice de calidad ambiental comprende una adecuación a la fórmula manejada de la sistemática canadiense (CCME_WQI) de acuerdo a las necesidades, condiciones propias de la zona y reglamentación en el componente de los recursos hídricos superficiales.

El ente máximo de la gestión y administración de los recursos hídricos en el país, la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020), define el Índice de calidad del agua (ICARHS) “como una herramienta matemática que integra una cantidad variable de parámetros, cuyo análisis permite convertir estos datos en un solo valor que calcula el estado de la calidad de los recursos hídricos en un punto de muestreo”.

Para la determinación de los ICARHS, se debe tener información histórica de monitoreos de la calidad del agua, como mínimo 4 datos, para un punto de muestreo (ANA, 2020). Además, considerar el estándar de calidad ambiental ECA-agua (MINAM, 2017) que cuenta con 4 categorías Y 17 subcategorías. De las cuales para recursos hídricos superficiales **lóticos** es aplicable a 3 categorías y 4 subcategorías:

Categ1: Para uso Poblacional y recreacional

Categ3: Destinado para el riego de vegetales y para bebida de animales

Categ4: Dispuesto a la conservación del cuerpo acuático, se categoriza según el siguiente detalle (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de la categoría 4 en cuerpos loticos

Subcategoría	
E2: Ríos	Ríos de la costa y sierra.
	Ríos de la selva → Caso de rio San Gabán

La clasificación de los Cuerpos de Aguas Continentales Superficiales (ANA, 2018), establece las categorías: categoría 1, categoría 3 y categoría 4 para cuerpos lóticos, en la Tabla 2 se aprecia la clasificación para el Rio San Gabán, que pertenece a la categoría 4, destinado a la conservación del ambiente acuático.

Tabla. Clasificación del cuerpo natural del recurso hídrico del Rio San Gabán.

CURSO DE AGUA					UNIDAD HIDROGRAFICA	
N°	CODIGO CURSO	NOMBRE	CATEGORIA	LONGITUD (Km)	CODIGO UH	NOMBRE
1074	466484	Rio San Gabán	Categoría 4	135.53	46648	Cuenca Inambari

Fuente: (ANA, 2018)

La metodología del ICARHS, contempla veinte (20) parámetros, los cuales se hallan agrupados por su naturaleza (Materia orgánica y físico-químico), según las categorías asignadas a los recursos hídricos, en relación a la categorización de los cuerpos de aguas continentales superficiales, a continuación, se muestra los parámetros necesarios para determinar el ICARHS en función de la información histórica. Se efectúa el cálculo con la información existente, no obstante, a partir de la metodología, se considera como mínimo todos los parámetros señalados en la Figura 1.

	Categoría 1	Categoría 3	Categoría 4
	Subcategoría A2 1/	2/	Subcategoría E2 3/
Materia orgánica			
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	X	X	X
Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X	
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X	X
Coliformes termotolerantes	X	X	X
Fósforo total	X		X
Amoníaco - N	X		
Nitratos (NO ₃ ⁻)			X
Hidrocarburos totales de petróleo 4/			X
Físico-químico Metal			
Potencial de hidrógeno (pH)	X	X	X
Arsénico	X	X	X
Aluminio	X	X	
Manganeso	X	X	
Hierro	X	X	
Cadmio	X	X	
Plomo	X	X	X
Boro 5/	X	X	
Cobre		X	X
Mercurio			X
Zinc			X
Sólidos suspendidos totales			X

Fuente: (ANA, 2020)

Figura 1. Parámetros a evaluar para determinar el ICARHS según categoría.

El cálculo del ICARHS, está en función a 3 factores:

Alcance (F1): Representa el número de parámetros que sobrepasan los valores señalados en la normativa del ECA-agua, en relación al número total de indicadores a evaluar (ANA, 2020), se calcula con la formula mostrada.

$$F_1 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N}^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}} \dots\dots\dots(1)$$

Frecuencia (F2): Se calcula con el número de datos que exceden los valores de la normativa ECA-agua, en razón a la cantidad general de datos de los indicadores a evaluar (ANA, 2020). Con la siguiente formula.

$$F_2 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N}^\circ \text{ total de datos evaluados}} \dots\dots\dots(2)$$

Amplitud (F3): Es la medida de la variación que hay en los datos, se halla por la adición normalizada de excedentes, respecto al número total de datos (ANA, 2020), se calcula con la siguiente formula:

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100 \dots\dots\dots(3)$$

Para determinar la suma de excedentes, se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Para calcular los excedentes con la formula mostrada:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA Agua}} \right) - 1 \dots\dots\dots(5)$$

Una vez estimado los resultados de los 3 factores (F1, F2, F3) se procede a determinar el ICARHS, que resulta un número adimensional en un rango de 0 a 100, siendo cien (100) calificación excelente y cero (0) una pésima calidad de agua, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$\text{CCMEWQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \dots\dots\dots(6)$$

El resultado es representado en 5 rangos cromáticos, que expresan y califican el estado del agua, como Mala, Regular, Favorable, Buena y Excelente, como se muestra en la Figura 2.

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 – 100	Excelente	0 112 255	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables.
80 – 94	Bueno	0 197 255	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65 - 79	Regular	85 255 0	La calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento
45 - 64	Malo	255 170 0	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento
0 - 44	Pésimo	255 0 0	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento

Activ

Fuente: (ANA, 2020)

Figura 2. Interpretación del valor de ICARHS

Continuación se definen los conceptos, como el de una cuenca, para (ORDOÑEZ GÁLVEZ, 2011) viene a ser un conjunto integrado por varias sub cuencas y microcuencas que drenan sus aguas a un cauce principal. Sabiendo este concepto es preciso definir el concepto del agua que viene a ser un recurso natural con capacidad de restaurarse por procesos naturales, siendo primordial para la vida, susceptible de contaminación, valioso para el desarrollo sostenible, y ciclos naturales y para la seguridad del territorio Nacional (ANA, 2019), mientras que la calidad del agua según (OMS, 2008) está definida como la ausencia de contaminantes de origen natural o antropogénico, que pueden representar peligro a la población y al medio ambiente.

La calidad del agua está determinada por los indicadores físicos como el pH que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua (SEVERICHE et al. 2013), y la conductividad se manifiesta por transportar energía eléctrica (ROMERO, 2009), el oxígeno disuelto es importante por su aporte del oxígeno proveniente de la atmosfera y de la actividad fotosintética de los microorganismos en el agua; Por su parte (LEÓN, 2014) define la DBO5 como la cantidad de oxígeno que necesitan los

microorganismos para depurar o estabilizar la materia orgánica en presencia de oxígeno durante el lapso de 5 días a una temperatura de 20°C; la importancia del estudio del Nitrógeno total radica en que permite identificar el aporte de las aguas residuales domésticas sin tratamiento a las aguas naturales superficiales. En cuanto al indicador microbiológico (coliformes termotolerantes), la presencia se debe a la contaminación fecal, a causa del vertimiento de efluentes domésticos sin tratamiento (ANA, 2020). Los parámetros mencionados vienen a ser indicadores de la calidad del agua.

Para el análisis del objetivo del estudio, es necesario definir la variabilidad espacial y temporal, el primero viene a ser la variación de un parámetro o indicador en concordancia con otros sectores y la variabilidad temporal el proceso a través del tiempo (años) o través de temporadas diferenciadas en un periodo de tiempo.

Además, para el presente estudio, es necesario definir el coeficiente de correlación, que viene a ser una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas y oscila entre -1 y $+1$ indicando el signo el sentido de la relación: Si $r=1$, indica que existe una correlación directa positiva perfecta, es decir que cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante, en cambio cuando $r=-1$, significa que es una correlación negativa perfecta inversa, cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye proporcionalmente, y el valor 0 que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables a estudio.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo de investigación posee un enfoque cuantitativo, porque consiste en la recolección, análisis de datos y posterior proceso secuencial y probatorio; y de tipo aplicada porque está orientado a resolver problemas; con un diseño de estudio no experimental, debido que se basó fundamentalmente en la observación y análisis de datos. El nivel de investigación es transeccional descriptivo, porque se aplicó la recopilación de datos del monitoreo de la calidad del agua del río San Gabán, desde el año 2016 al 2020 (tiempo definido), realizados por la Autoridad Nacional del Agua, posteriormente procesarlo con un análisis estadístico de los mismos (HERNANDEZ, 2014).

3.2. Variables y operacionalización

La variable de la investigación se muestra en la Tabla 3 y la operacionalización de variables en el anexo 1.

Tabla 3. Variable del estudio

Variable de la investigación	
Análisis espacio temporal del índice de la calidad ambiental del agua	Univariable

Fuente: Propia

3.3. Población, muestra y muestreo de estudio

Población: Está definida como un grupo de los casos que concuerdan con ciertas especificaciones. Por ello es necesario delimitar la población para extender los resultados y establecer parámetros. Para la presente investigación, la población de estudio estuvo determinada por los análisis del agua del río San Gabán, generado a través de monitoreos periódicos de la calidad del agua realizados durante los años 2016-2020.

Muestra: Según (HERNANDEZ, 2014) no toda población en estudio cuenta con una muestra, para este estudio la muestra viene a ser la misma población identificada.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada en la recopilación de información fue de tipo observacional, porque se recolectó datos y se organizó la información para la evaluación posterior. Los

instrumentos utilizados fueron las fichas de recolección de datos (**Tabla 4**), permitieron recopilar adecuadamente la información y la ficha de determinación del ICARHS, que permitieron realizar el cálculo. Dicha validación de instrumentos se presenta en el anexo 2.

Tabla 4. Fichas de recolección y procesamiento de datos

FICHAS	DESCRIPCION
Ficha 1	Matriz de recolección de datos
Ficha 2	Determinación del ICARHS

Fuente: Propia

Para la validez y confiabilidad de los instrumentos, las fichas fueron validadas a través del juicio de expertos de tres profesionales conocedores del área de investigación (**Tabla 5**), como se muestra en el anexo 3.

Tabla 5. Validación de instrumentos por Especialistas

NOMBRE DEL ESPECIALISTA	PROFESIÓN	% DE VALIDACIÓN		
		FICHA 1	FICHA 2	PROMEDIO
Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio		90	90	90
Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar		85	85	85
Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro		85	85	85
Promedio final de Validación				86.67

Fuente: Propia

3.5. Procedimiento

La presente investigación fue desarrollada sobre la base de la **Figura 3**, que muestra el flujograma de las actividades ejecutadas.

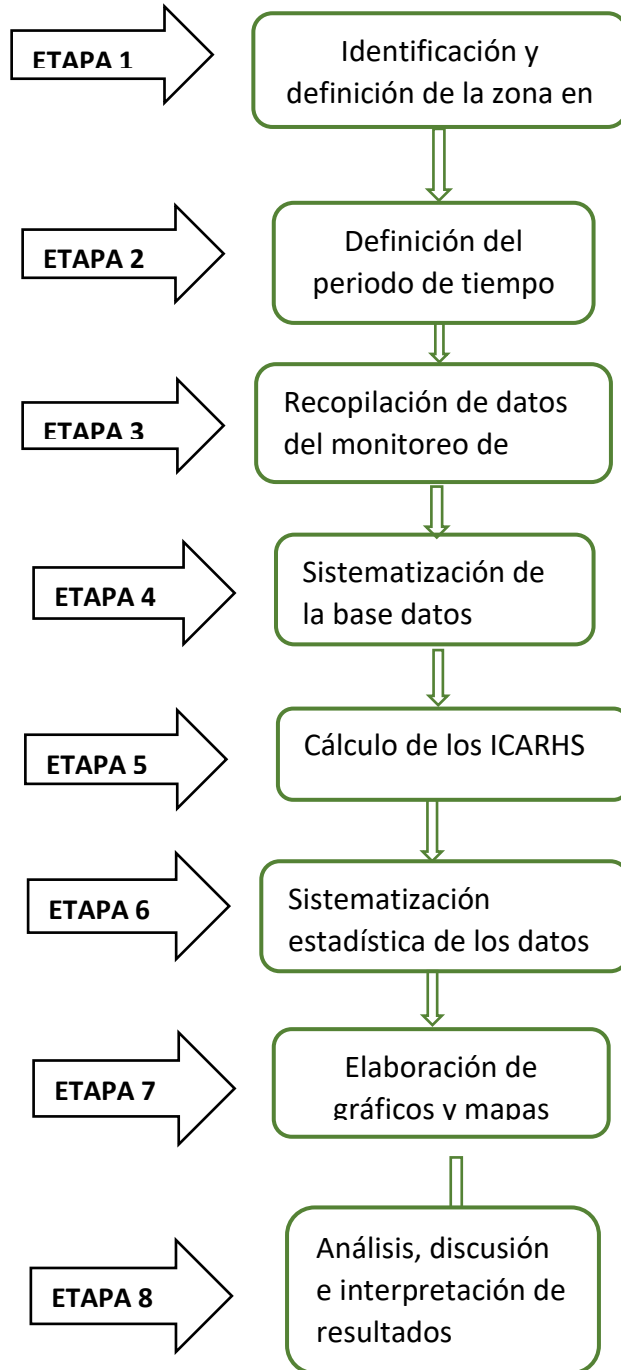


Figura 3. Flujograma del procedimiento de la investigación

A continuación, se detallan los procedimientos:

3.5.1. Definición de la zona de estudio:

Este trabajo de investigación abarcó la cuenca del río San Gabán, desde la naciente hasta la confluencia con la cuenca del río Inambari, con una longitud de 135.53 km; este estudio, abarca tres distritos: Macusani (margen derecho) a una altitud de 4312 m.s.n.m, Ollachea (margen izquierdo) a 2787 m.s.n.m y San Gabán (margen izquierdo) a una altitud de 580 m.s.n.m. pertenecientes a la provincia de Carabaya y a la región de Puno. En la **Figura 4**, se visualiza la zona de estudio.



Figura 4. Delimitación de la zona de estudio de la cuenca del río San Gabán.

Los puntos de control de las tomas de muestra del río San Gabán, se detallan en el **Tabla 6**, donde se describe la ubicación y el río donde acopio la muestra.

Tabla 6. Puntos del monitoreo de calidad de agua del río San Gabán

Pto	CÓDIGO	COORDENADAS		SECTOR	DESCRIPCIÓN
		Este	Norte		
P1	RSgab1	346357	8443597	Inambari	En el Río San Gabán, aguas arriba de la localidad de Macusani
P2	RSgab2	343316	8448925	Inambari	En el Río San Gabán, aguas abajo de vertimiento de aguas residuales de la localidad de Macusani
P3	RSgab3	340187	8473264	Inambari	En el Río San Gabán, aguas arriba del Proyecto Ollachea
P4	RSgab4	341062	8475159	Inambari	En el Río San Gabán, aguas abajo del Proyecto Ollachea, aguas arriba de la hidroeléctrica
P5	RSgab5	341962	8492135	Inambari	En el Río San Gabán, aguas abajo de hidroeléctrica
P6	RInam1	360264	8517830	Inambari	En el Río Inambari, aguas abajo de la confluencia con el Río San Gabán

Fuente: (POMA Mamani, 2020)

3.5.2. Definición del periodo de tiempo:

El periodo de tiempo, son los últimos cinco años (2016, 2017, 2018, 2019 y 2020), épocas de estiaje y avenida, del que se tiene información y/o datos de recopilación del monitoreo de las fuentes naturales de agua del río San Gabán, que permitieron determinar el ICARHS en la cuenca del río San Gabán.

3.5.3. Recopilación de datos del monitoreo:

La recolección de información, se obtuvo mediante una solicitud para acceder a la información de la calidad del agua para desarrollar la tesis de Pregrado, como se muestran en los **anexos 3, 4 y 5** de la institución encargada de la administración y gestión de los recursos hídricos, la Autoridad Nacional del Agua, a través de la oficina de la administración local del agua Tambopata-Inambari.

Posteriormente se hizo la revisión de la clasificación de los recursos hídricos, de la normativa de (ECA-agua) e ICARHS.

3.5.4. Sistematización de la base de datos:

La información recopilada es sistematizada según datos históricos de los monitoreos de la calidad del agua de puntos de control y los parámetros ambientales, de los años 2016-2020, tabulándose en una base de datos, por puntos, épocas y por años.

3.5.5. Determinación del Índice de calidad del agua del rio San Gabán:

Para el cálculo del ICARHS, se armó sistemáticamente la información, y la programación de los cálculos en Excel, teniendo en cuenta los tres factores:

Alcance (F1): Para determinar se hace uso de la fórmula 1

Frecuencia (F2): Para el cálculo se utilizó la fórmula 2

Amplitud (F3): Se hace uso de la fórmula 3

Para calcular los excedentes (Formula 4 y 5) y para ICARHS (Formula 6), en el programa de Microsoft Excel, creando un macro donde se insertó los datos del monitoreo del agua y las fórmulas matemáticas para hallar de los factores F1, F2 y F3 y de esta manera determinar el valor del ICARHS, que resulta un número adimensional en el rango de 0- 100, también es representado en escala cromática (Figura N°2).

3.5.6. Sistematización estadística de los datos

La información una vez, recopilada, ordenada, clasificada, y calculado el índice de la calidad de agua, se procede con el procesamiento estadístico de la información para ael cálculo de la variabilidad espacial temporal de la cuenca del rio San Gabán.

3.5.7. Elaboración de gráficos y mapas

Una vez determinado el valor de la calidad de agua en términos numéricos, en cada punto, representado en escala cromática, se procede con la elaboración de gráficos visuales en el programa Excel y el uso del ArcGIS para mapas.

3.5.7. Interpretación de resultados

Se procede con la interpretación de los resultados, analizando el cumplimiento el ICARHS en cada punto y la variabilidad espacial y temporal de los resultados hallados en el estudio de la calidad del agua de la cuenca del Rio San Gabán.

3.6. Método de Análisis de datos

Los datos obtenidos se procesan estadísticamente, haciendo uso del programa Excel para el cálculo del ICARHS y para el análisis de correlación de la variación espacial y temporal de la calidad del agua, también se utilizó el programa de ArcMap para elaborar el mapa cromático de los indicadores de calidad del agua en cada punto de control, para su posterior interpretación.

3.7. Aspectos éticos

La investigación titulada “Análisis Espacio-Temporal del índice de la calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gaban-Carabaya-Puno-2021”, fue desarrollada bajo los criterios éticos y proviene de fuentes confiables y teniendo en consideración la resolución de vicerrectorado de investigación N°011-2020-VI-UCV, que aprueba la “Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales 2020, que detalla el procedimiento para el desarrollo de la elaboración de la tesis y Resolución del Consejo Universitario N°0200 - 2018 de la Universidad Cesar Vallejo, que aprueba las líneas de investigación de las carreras profesionales de Pregrado y Posgrado, además se consideró el reglamento de propiedad intelectual de la Universidad César Vallejo (UCV). Finalmente, el trabajo final debe pasar por el sistema Turnitin, el cual no debe superar el 30 % de similitud de estudios utilizados como fuente para el desarrollo de la investigación.

IV.- RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados en la presente investigación, se muestran a continuación los resultados obtenidos:

4.1. Determinación de los ICARHS en los puntos de control en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán

A continuación, en la Tabla 7, se muestra el resumen de los resultados de los valores de ICARHS en época de estiaje y avenida, en los seis (6) puntos en estudio, establecidos en las localidades de Macusani (RSgab1 y RSgab2), Ollachea (RSgab3 y RSgab4) y San Gabán (RSgab5 y Rlnam1), pertenecientes a la cuenca del río San Gabán y parte de Inambari.

Tabla 7. Resultados de ICARHS en la cuenca del río San Gabán

PUNTO	CÓDIGO	VALOR ICARHS		CLASIFICACIÓN ICARHS		ICA FINAL
		E. ESTIAJE	E. AVENIDA	E. ESTIAJE	E. AVENIDA	
P1	RSgab1	87	91	BUENO	BUENO	87
P2	RSgab2	91	83	BUENO	BUENO	83
P3	RSgab3	87	90	BUENO	BUENO	83
P4	RSgab4	76	78	REGULAR	REGULAR	75
P5	RSgab5	83	84	BUENO	BUENO	84
P6	Rlnam1	83	76	BUENO	REGULAR	76

En la Grafica 5, se observa que el indicador de calidad ambiental del agua que predomina, es la calificación bueno, indica que la calidad del agua se aleja un poco de su calidad natural, a excepción de dos puntos de control: RSga4, el cual resultó con un indicador regular en ambas épocas del año (estiaje y avenida) y Rlnam1 con calificación regular (época de avenida); con un valor de 76, resultados que indican que la calidad del agua ocasionalmente han sido amenazada o dañada, durante el periodo 2016-2020. Los demás puntos que tienen un indicador de bueno, indican que la calidad se aleja un poco de su calidad natural.

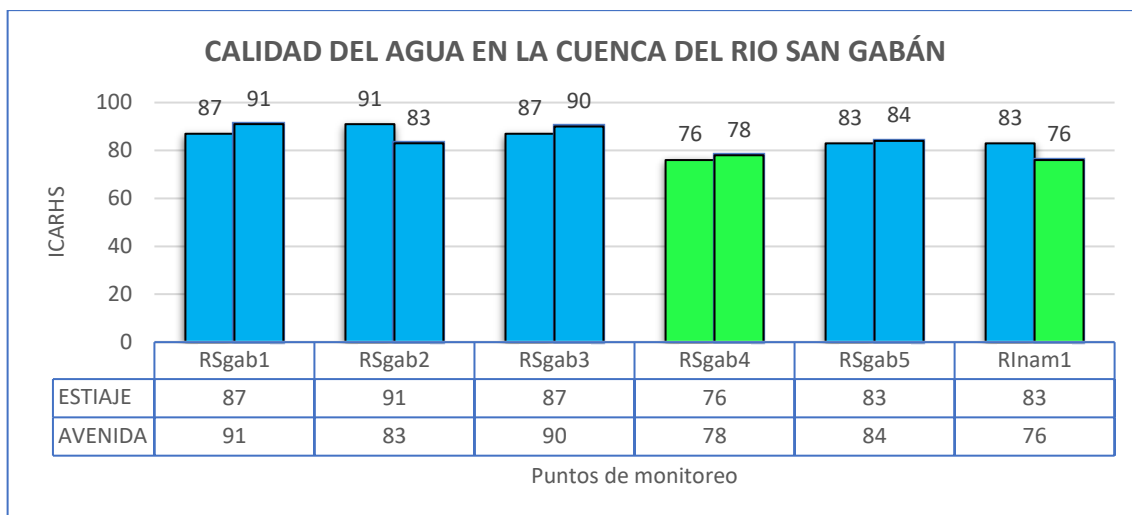


Figura 5. Resultados de ICARHS en los puntos de control del río San Gabán

4.2. Evaluar el comportamiento del ICARHS en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán.

4.2.1. Evaluación de comportamiento del ICARHS en Macusani.

La Figura 6, muestra a través de barras, el resultado de los índices de la calidad del agua en los puntos RSgab1 (aguas arriba del vertimiento PTAR-Macusani) y RSgab2 (aguas abajo del vertimiento PTAR-Macusani) en época de estiaje y avenida.

Durante la época de estiaje, el punto RSgab1 tiene mejor la calidad de agua que el RSgab2, el factor determinante para esta variación es la concentración de zinc encontrada durante el monitoreo del año 2019, cuyo valor supera lo establecido por los ECA-agua, además de las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en agua.

Durante la época de avenida, la calidad del agua en el punto RSgab1 es mejor que en el punto RSgab2, esta variación se debe a la concentración de coliformes termotolerantes, encontradas aguas abajo del vertimiento, que sobrepasa los ECA-agua, posiblemente a la inoperatividad eficiente del PTAR Macusani, durante los 2 últimos años del presente estudio (2019 y 2020).

Según la escala de valoración del ICARHS, en promedio el valor de los ICARHS tanto en la época seca como lluviosa, se encuentran como “buena”, esta valoración indica que la calidad del agua se aleja un poco de su calidad natural.

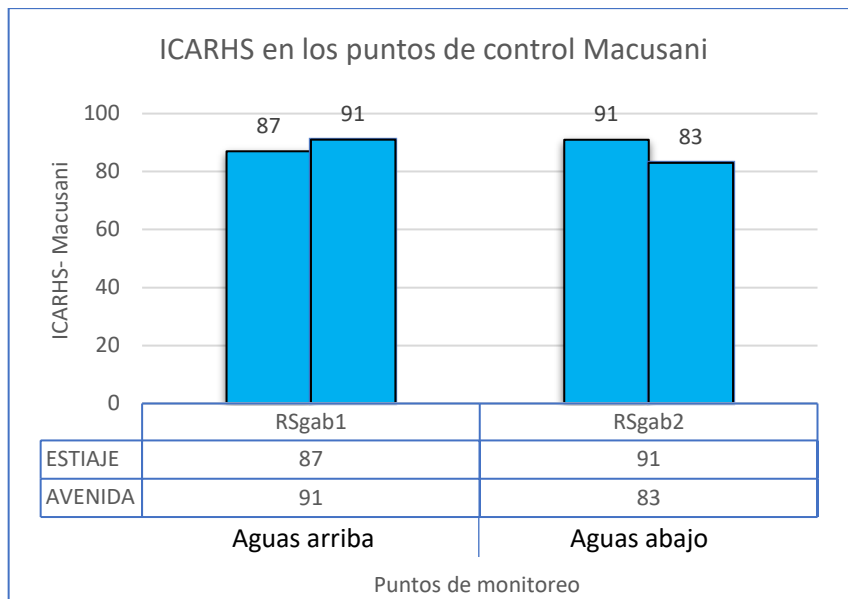


Figura 6. Índice de la calidad del agua en puntos de control-Macusani.

4.2.2. Evaluación del comportamiento del ICARHS en Ollachea

La Figura 7, muestra el resultado de los índices de la calidad del agua en los puntos RSgab3 (aguas arriba del vertimiento de aguas residuales-Ollachea) y RSgab4 (aguas abajo del vertimiento de aguas residuales-Ollachea) en época de estiaje y avenida. Durante la época de estiaje el punto RSgab3 presenta mejor calidad de agua en comparación con el punto RSgab4, la reducción ocurre, por la presencia de coliformes termotolerantes y plomo por encima de los estándares de calidad de agua, para la categoría de conservación del ambiente acuático en ríos de la selva. En la época de avenida, es comportamiento es similar a la época seca, la calidad del agua disminuye aguas debajo de los vertimientos identificados en la jurisdicción de la localidad de Ollachea.

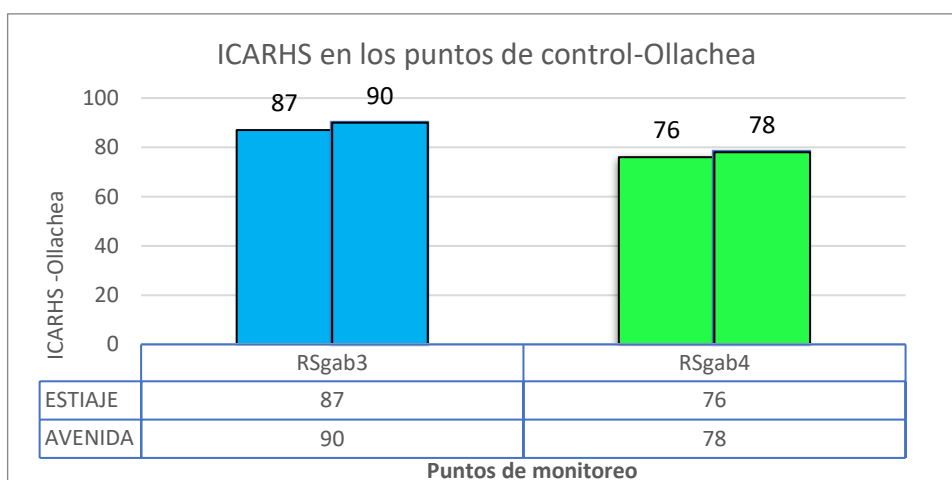


Figura 7. Índice de la calidad del agua en puntos de control-Ollachea.

4.2.3. Evaluación del comportamiento del ICARHS en San Gabán

La Figura 8, muestra el resultado de los índices de la calidad del agua en los puntos RSgab5 (aguas arriba del vertimiento de aguas residuales y central hidroeléctrica-San Gabán) y RInam1 (en el río Inambari en confluencia con el río San Gabán) en época de estiaje y avenida. Durante la época de estiaje el punto RSgab5 presenta mejor calidad de agua en comparación con el punto RInam1, la reducción ocurre por el incremento del plomo, seguido de los sólidos suspendidos totales que se encuentran por encima de los estándares de calidad de agua, para la categoría de conservación del ambiente acuático en ríos de la selva.

Durante la época lluviosa, la calidad del agua del punto RInam1 disminuye en relación al punto RSgab5, debido al incremento del plomo y los sólidos suspendidos. Para la identificación y determinación natural o artificial de la concentración del plomo en las aguas del río San Gabán, es necesario un estudio de causalidad, en cuanto a los sólidos suspendidos, puede deberse a la confluencia de los ríos Inambari y San Gabán y por la misma característica de la temporada.

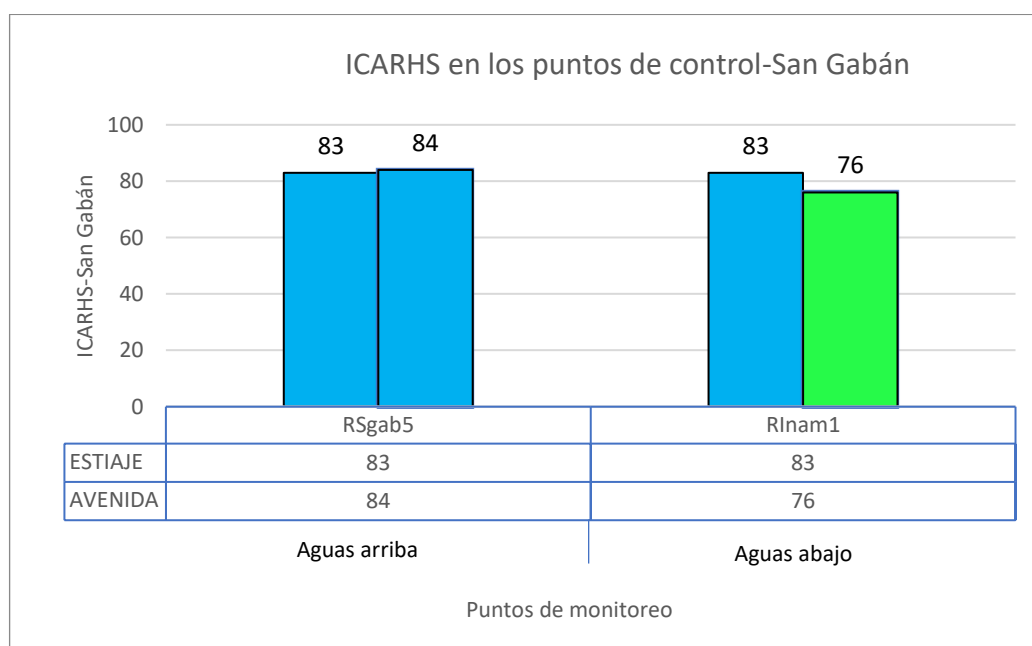


Figura 8. Índice de la calidad del agua en puntos de control-San Gabán.

Para afianzar el segundo objetivo específico, se interrelacionó los parámetros que intervienen en el cálculo del ICARHS con los resultados del mismo, para conocer el grado de interrelación y la influencia de los parámetros en el resultado del cálculo de los índices de calidad del agua (ICARHS), seleccionándose las correlaciones lineales más significativas en el presente estudio.

La Tabla 8, muestra los resultados de pH en los seis puntos de monitoreo, en las épocas de estiaje y avenida, en los tres poblados en estudio (Macusani, Ollachea y San Gabán) de la cuenca del río San Gabán.

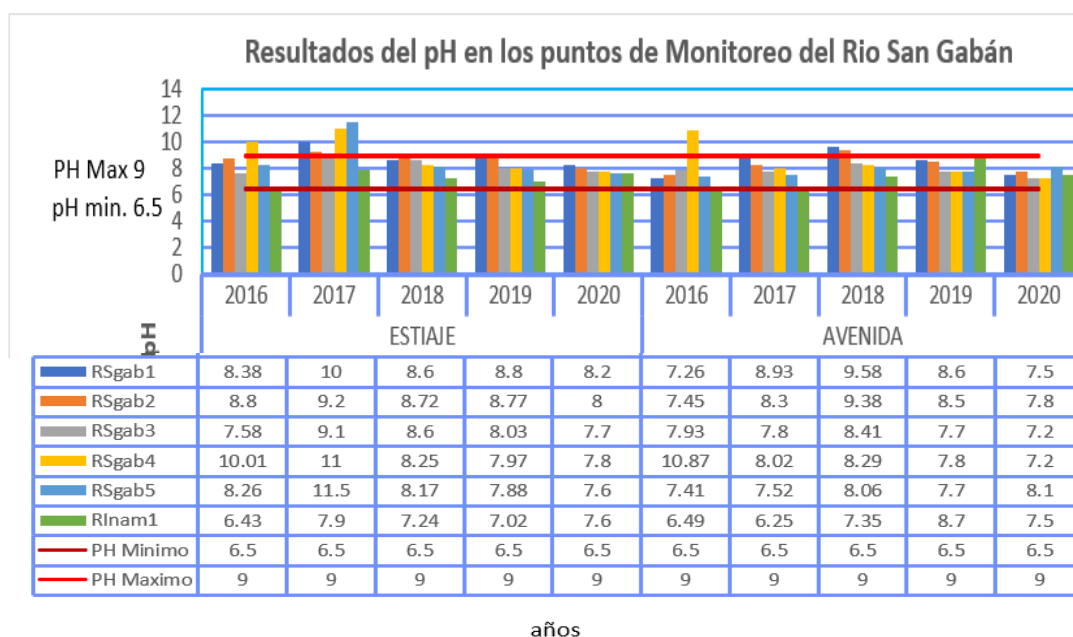
Tabla 8. Resultados del monitoreo del pH de los puntos de control del Río San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)		UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
				6.5	9		RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	pH	6.5	9	Unid. pH	8.38	8.8	7.58	10.01	8.26	6.43
AVENIDA	2016 II	NOV	pH	6.5	9	Unid. pH	7.26	7.45	7.93	10.87	7.41	6.49
ESTIAJE	2017 I	AGO	pH	6.5	9	Unid. pH	10	9.2	9.1	11	11.5	7.9
AVENIDA	2017 II	DIC	pH	6.5	9	Unid. pH	8.93	8.3	7.8	8.02	7.52	6.25
ESTIAJE	2018 I	MAY	pH	6.5	9	Unid. pH	8.6	8.72	8.6	8.25	8.17	7.24
AVENIDA	2018 II	NOV	pH	6.5	9	Unid. pH	9.58	9.38	8.41	8.29	8.06	7.35
ESTIAJE	2019 I	MAY	pH	6.5	9	Unid. pH	8.8	8.77	8.03	7.97	7.88	7.02
AVENIDA	2019 II	NOV	pH	6.5	9	Unid. pH	8.6	8.5	7.7	7.8	7.7	8.7
ESTIAJE	2020 I	MAR	pH	6.5	9	Unid. pH	8.2	8	7.7	7.8	7.6	7.6
AVENIDA	2020 II	NOV	pH	6.5	9	Unid. pH	7.5	7.8	7.2	7.2	8.1	7.5

En la Figura 9, se observa la variación del comportamiento espacial y temporal del pH en los puntos de monitoreo de la calidad del agua en el río San Gabán, además la comparación de los resultados con los ECA-agua categoría 4: conservación del ambiente acuático para ríos de la selva.

En la época de estiaje en el año 2016 los puntos RSgab4 y RInam1 muestran valores fuera del rango 10.01 y 6.43 respectivamente en relación al ECA-agua, en el monitoreo del año 2017 los 5 puntos de control (RSgab1, RSgab2, RSgab3, RSgab4 y RSgab 5) superan el ECA-agua, en los demás años el pH se mantiene dentro del rango establecido. En tanto en la época de avenida, en el año 2016 los puntos RSgab4 y RInam1, superan el ECA 10.87 y 6.49 respectivamente, en el 2017 el punto RInam1 se encuentra fuera del ECA con pH 6.25, el año 2018 los puntos RSgab1 y RSgab2 con valores de 9.58 y 9.38, ligeramente por encima del valor del ECA-agua en los demás años y puntos no mencionados, el valor de pH se encuentra dentro del rango establecido.

De las 6 estaciones de control el pH más bajo es 6.25 que pertenece al punto RInam1 a la estación lluviosa del año 2017 y el más alto es 10.87 de RSgab4 de la estación lluviosa del año 2016.



años
Figura 9. Variación espacial y temporal del pH en los puntos de control del Rio San Gabán

En la Figura 10, apreciamos los análisis de correlación entre el parámetro pH y el ICARHS, durante las épocas de estiaje y avenida, con valores de -0.8 y -0.5 respectivamente, observándose que dichos valores guardan una distribución creciente negativa en su comportamiento; lo que vale decir que, si el valor del pH incrementa, el valor del ICARHS disminuye y viceversa.

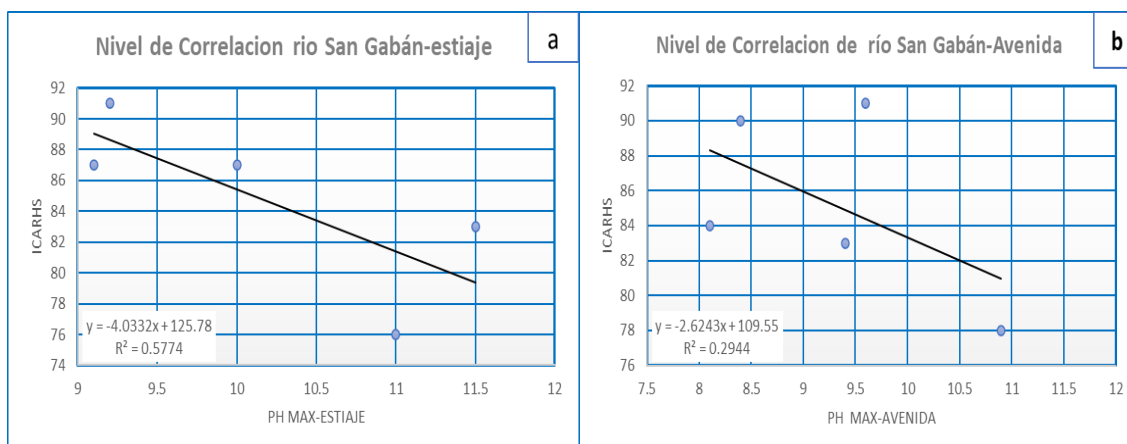


Figura 10. Correlación entre pH y el ICARHS período de a) estiaje y b) avenida

La Tabla 9, muestra los resultados del monitoreo de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en los seis puntos de monitoreo, en las épocas de estiaje y avenida, en los tres poblados en estudio (Macusani, Ollachea y San Gabán) de la cuenca del río San Gabán.

Tabla 9. Resultados del monitoreo de conductividad eléctrica de los puntos de control del Río San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	NE	NE	NE	NE	NE	NE
AVENIDA	2016 II	NOV	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	165.5	185.9	154.54	178	134.2	47.44
ESTIAJE	2017 I	AGO	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	NE	NE	120	NE	NE	NE
AVENIDA	2017 II	DIC	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	172.9	190.2	123.9	151.1	105.9	25.82
ESTIAJE	2018 I	MAY	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	155.1	202.2	130.4	152.3	128.2	41.65
AVENIDA	2018 II	NOV	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	145.8	114.9	102.9	115.6	72.74	24.64
ESTIAJE	2019 I	MAY	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	178.1	166.7	141.5	150.3	92.37	41.08
AVENIDA	2019 II	NOV	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	137.5	149.8	109.9	113.8	53.89	28.28
ESTIAJE	2020 I	MAR	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	118	101	86	97	74	37
AVENIDA	2020 II	NOV	Conductividad	1000	$\mu\text{S}/\text{cm}$	113	162	128	7.2	129	51

En la Figura 11, se aprecia la variación espacial y temporal de la conductividad eléctrica, en las 6 estaciones de control de la calidad del agua del río San Gabán, donde se presentan valores dentro del rango establecido por el ECA-agua, en todas las estaciones de monitoreo, en las 2 épocas (estiaje y avenida), en las 3 poblaciones (Macusani, Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del río San Gabán.

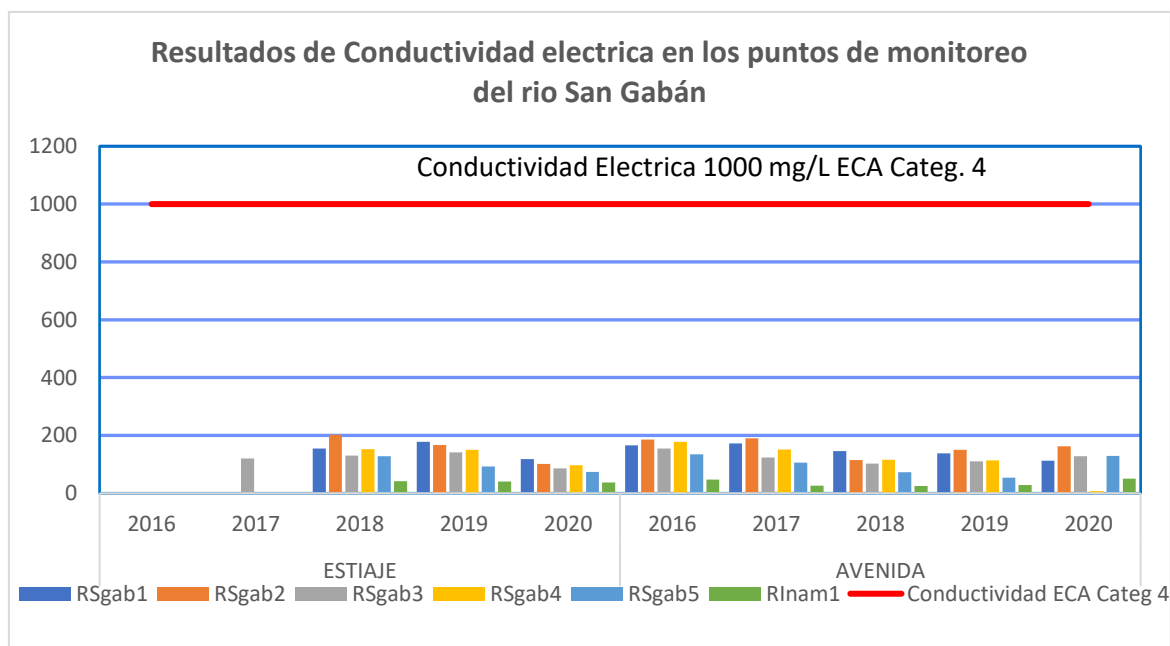


Figura 11. Variación espacial y temporal de conductividad eléctrica en los puntos de control del Río San Gabán.

La Tabla 10, expone los resultados del monitoreo del parámetro de oxígeno disuelto (mg/L) en los seis puntos de monitoreo, en las épocas de estiaje y avenida, en los tres poblados en estudio (Macusani, Ollachea y San Gabán) de la cuenca del río San Gabán.

Tabla 10. Resultados del monitoreo de Oxígeno Disuelto de los puntos de control del Río San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	3.39	3.43	5.35	5.5	6.67	8.1
AVENIDA	2016 II	NOV	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	3.39	3.84	5.32	5.2	6.54	7.32
ESTIAJE	2017 I	AGO	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	4.9	3.8	4.9	5.1	7	7.4
AVENIDA	2017 II	DIC	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	NE	NE	NE	NE	6.85	7.69
ESTIAJE	2018 I	MAY	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	2.1	2.15	3.14	3.77	9.58	5.97
AVENIDA	2018 II	NOV	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	4.45	5.03	6.46	6.29	7.95	8.94
ESTIAJE	2019 I	MAY	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	5.47	6.4	7.27	7.32	9.29	9.31
AVENIDA	2019 II	NOV	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	4.95	5.64	6.9	6.9	9.2	4.7
ESTIAJE	2020 I	MAR	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	4	5	7	7	9	10
AVENIDA	2020 II	NOV	Oxígeno Disuelto	>=5	mg/L	5	5	6	5	6	5

En la Figura 12, se muestra la variación del oxígeno disuelto en las 6 seis estaciones de monitoreo de la calidad del agua del río San Gabán, reportándose en la época de estiaje, valores por debajo del valor mínimo establecido (5 mg/L) en el Estándar de Calidad del agua (ECA-agua), siendo estos puntos RSgab1 y RSgab2 con valores 3.39 y 3.43 respectivamente en el año 2016, los puntos RSgab1, RSgab2 y RSgab3 con resultados 4.9, 3.8 y 4.9 respectivamente en el monitoreo del año 2017 y finalmente los puntos RSgab1, RSgab2, RSgab3 y RSgab4 con valores 2.1, 2.15, 3.14 y 3.77 mg/L respectivamente monitoreados en el año 2018 y en el 2019 el RSgab1 registra el valor 4 mg/L de oxígeno disuelto. Mientras que, en la época de avenida del año 2016 los valores de los puntos RSgab1 y RSgab2 resultan 3.39 y 3.84 mg/L respectivamente, por debajo de la concentración de 5 mg/L, establecido por los ECA-agua, sub categoría E2: ríos de la selva, mientras que en los años 2017 y 2018 el punto RSgab1 registra los valores 4.45 y 4 de oxígeno disuelto, valores bajos

El valor registrado más bajo durante los monitoreos es en la época de estiaje en el punto RSgab1 con una concentración de 2.1 mg/L de OD, valor que posiblemente reduce la calidad del agua.

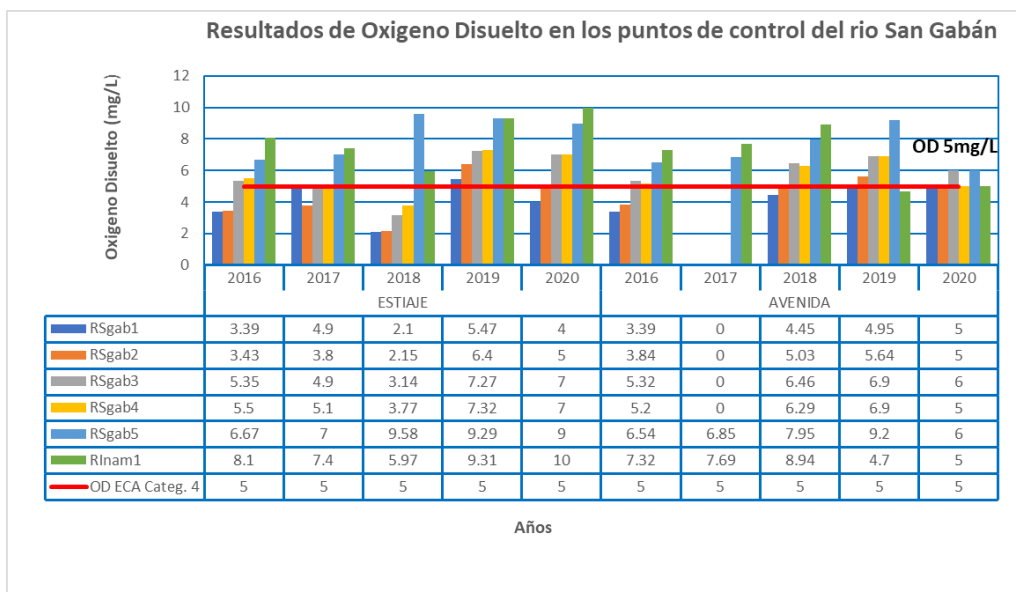


Figura 12. Variación espacial y temporal de Oxígeno Disuelto en los puntos de control del Río San Gabán.

La Tabla 11, presenta los resultados del monitoreo desde el 2016 al 2020 del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅ en mg/L), establecidos en los seis puntos de monitoreo, en los tres poblados en estudio (Macusani, Ollachea y San Gabán), en las 2 épocas del año, de la cuenca del río San Gabán.

Tabla 11. Resultados del monitoreo de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) los puntos de control del Río San Gabán.

						MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	Rlnam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	DBO ₅	10	mg/L	<3	6	<3	<3	4	<3
AVENIDA	2016 II	NOV	DBO ₅	10	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3
ESTIAJE	2017 I	AGO	DBO ₅	10	mg/L	<3	<3	<3	<3	3	<3
AVENIDA	2017 II	DIC	DBO ₅	10	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3
ESTIAJE	2018 I	MAY	DBO ₅	10	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2
AVENIDA	2018 II	NOV	DBO ₅	10	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2
ESTIAJE	2019 I	MAY	DBO ₅	10	mg/L	1.9	<2	<2	<2	<2	1.9
AVENIDA	2019 II	NOV	DBO ₅	10	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2
ESTIAJE	2020 I	MAR	DBO ₅	10	mg/L	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
AVENIDA	2020 II	NOV	DBO ₅	10	mg/L	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2

En la Figura 13, se observa los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en época seca y lluviosa, donde ninguno de los puntos de monitoreo excede el valor establecido en el Estándar de Calidad del Agua (10 mg/L) para la categoría 4, subcategoría E2: ríos de la selva.

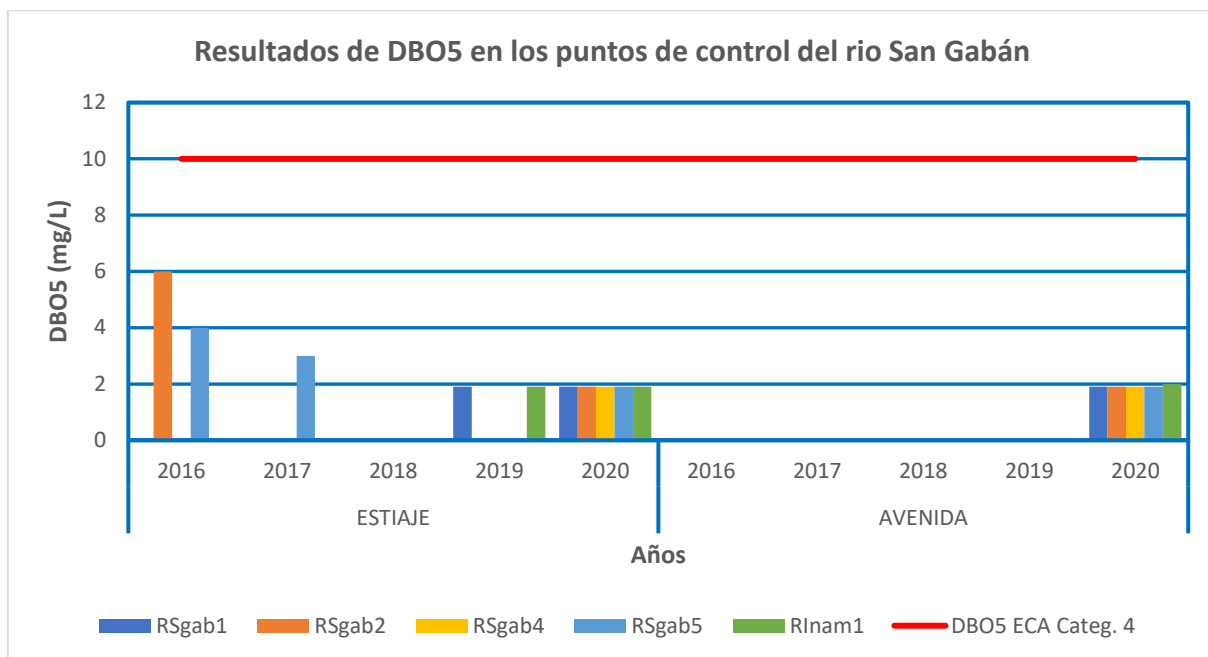


Figura 13. Variación espacial y temporal de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en los puntos de control del Rio San Gabán.

La Tabla 12, muestra los resultados del monitoreo desde el 2016 al 2020 del parámetro sólidos suspendidos totales, establecidos en los seis puntos de monitoreo, en los tres poblados por las que transcurre las aguas del rio San Gabán, en las 2 épocas del año.

Tabla 12. Resultados del monitoreo de Solidos Suspendidos Totales los puntos de control del Rio San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	Rlnam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	4	5	62.8	67.7	85	634
AVENIDA	2016 II	NOV	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	3	7	19	26	10	44
ESTIAJE	2017 I	AGO	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	NE	NE	NE	NE	NE	370
AVENIDA	2017 II	DIC	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	22	54	34	34	13	91
ESTIAJE	2018 I	MAY	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	3	3	6	7	3	67
AVENIDA	2018 II	NOV	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	<2	4	23	18	13	156
ESTIAJE	2019 I	MAY	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	1.9	<2	7	6	4	147
AVENIDA	2019 II	NOV	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	9	47	65	88	96	1337
ESTIAJE	2020 I	MAR	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	6	7	64	55	42	147
AVENIDA	2020 II	NOV	Solidos susp. Totales	<400	mg/L	<3	3	13	19	16	815

La Figura 14, evidencia resultados de la concentración de los sólidos suspendidos totales (mg/L) en la época de estiaje, en el punto RInam1 (aguas abajo del vertimiento de ARM y punto de devolución de la central hidroeléctrica San Gabán), donde el registro en el año 2016 es 634 mg/L, superando la concentración establecida por los estándares de calidad ambiental para agua (<400 mg/L).

En la época de avenida el mismo punto, durante los monitoreos de los años 2019 y 2020 presentan valores 1337 y 815 mg/L respectivamente, concentraciones que superan el ECA-agua. En cuanto a los demás años no mencionados, se encuentra dentro del rango permitido. Este hecho puede deberse al caudal de la confluencia del río Inambari aguas arriba del punto de control y por la característica de la temporada.

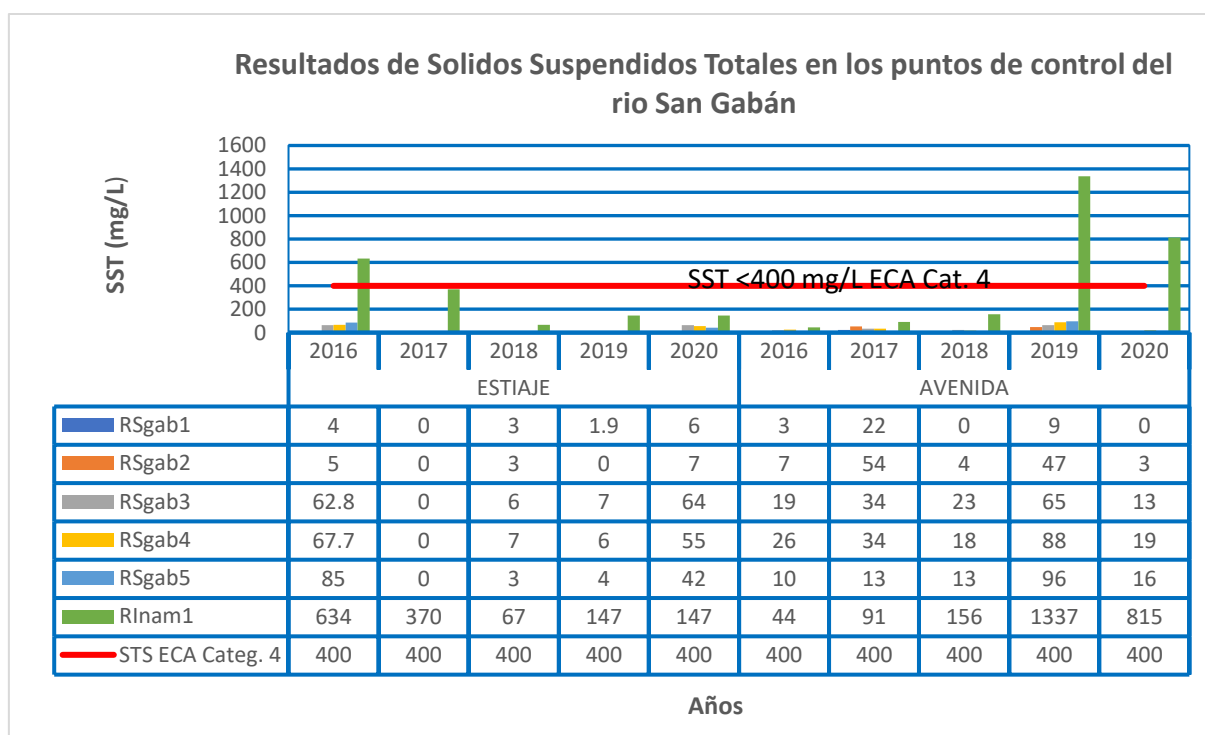


Figura 14. Variación espacial y temporal de Sólidos Suspendidos Totales en los puntos de control del Río San Gabán.

En la Figura 15, se observa la interrelación entre los sólidos totales suspendidos y los ICARHS en ambas épocas del año, donde los valores de la correlación lineal resultan 0.66 y -0.68 en estiaje y avenida respectivamente, de los cuales se deduce que existe una relación lineal negativa de intensidad moderada, donde la concentración de los sólidos suspendidos aumenta, cuando el valor del ICARHS disminuye, esta relación

es significativa cuando los valores de SST sobrepasa los del ECA-Agua, influyendo en la calidad del agua.

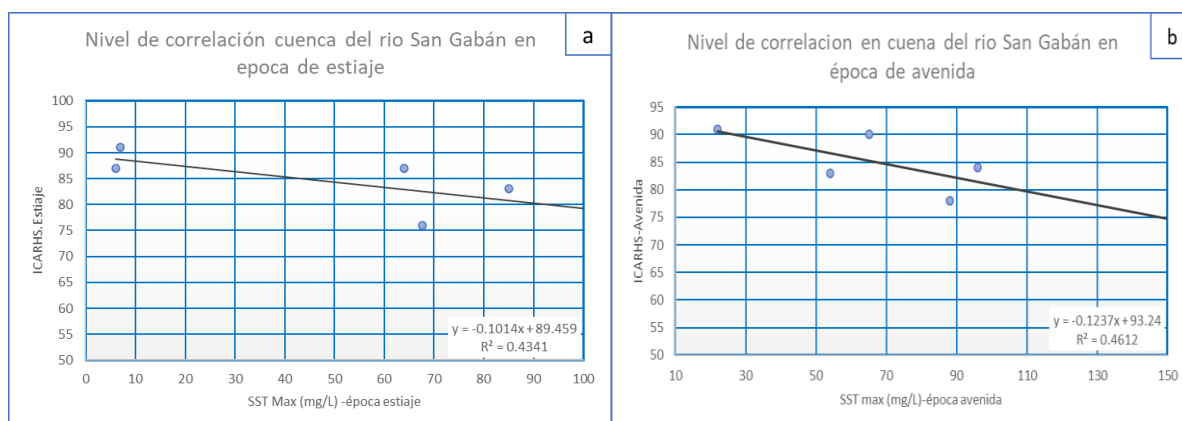


Figura 15. Correlación entre los Solidos suspendidos totales y el ICARHS período de a) estiaje y b) avenida

La Tabla 13, muestra los resultados de la concentración del parámetro aceites y grasas (mg/L) en los 6 puntos de monitoreo en la cuenca del río San Gabán, durante el periodo 2016-2020, en los tres poblados por las que transcurre las aguas del río San Gabán.

Tabla 13. Resultados del monitoreo de aceites y grasas de los puntos de control del Río San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Aceites y grasas	5	mg/L	NE	NE	NE	NE	NE	NE
AVENIDA	2016 II	NOV	Aceites y grasas	5	mg/L	NE	NE	NE	NE	NE	NE
ESTIAJE	2017 I	AGO	Aceites y grasas	5	mg/L	NE	NE	NE	NE	NE	NE
AVENIDA	2017 II	DIC	Aceites y grasas	5	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ESTIAJE	2018 I	MAY	Aceites y grasas	5	mg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
AVENIDA	2018 II	NOV	Aceites y grasas	5	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1,0
ESTIAJE	2019 I	MAY	Aceites y grasas	5	mg/L	0.9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
AVENIDA	2019 II	NOV	Aceites y grasas	5	mg/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
ESTIAJE	2020 I	MAR	Aceites y grasas	5	mg/L	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
AVENIDA	2020 II	NOV	Aceites y grasas	5	mg/L	0.09	0.09	NE	0.09	0.09	0.09

La Figura 16, muestra los resultados de la concentración de aceites y grasas, del monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río San Gabán, durante las 2 épocas del año (estiaje y avenida), en los 6 puntos de control, donde se aprecia que en ninguno de los puntos de control sobrepasan los valores establecidos en el ECA-agua, categoría 4: E2, por lo tanto, este parámetro no compromete la variación de la calidad del agua.

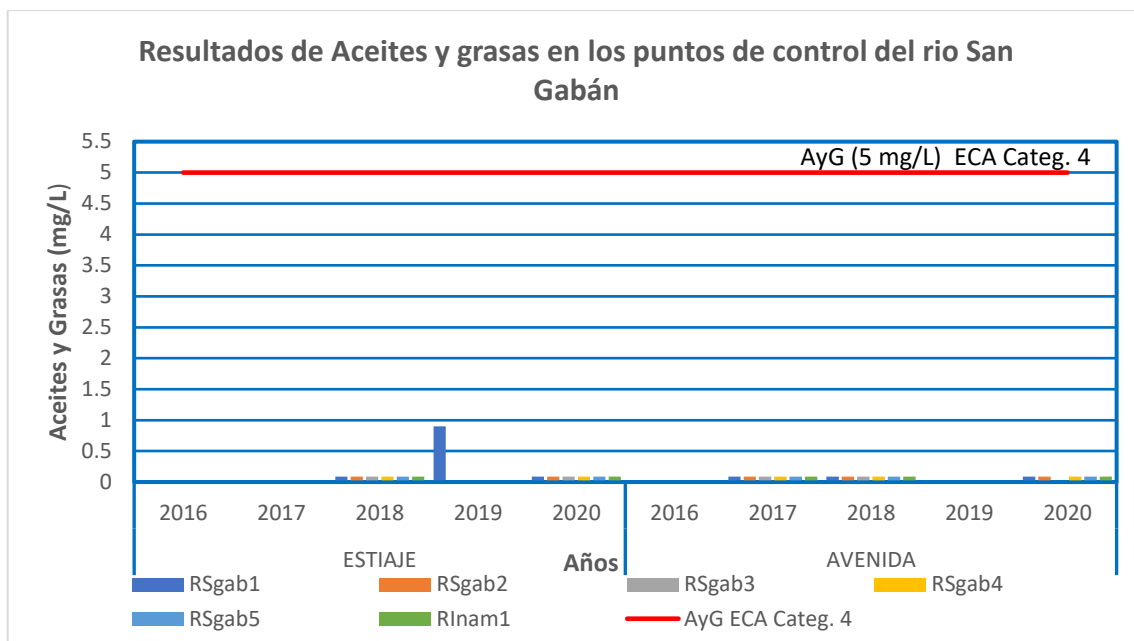


Figura 16. Variación espacial y temporal de Aceites y Grasas en los puntos de control del Rio San Gabán.

La Tabla 14, muestra los resultados de la concentración de arsénico (mg/L), en los 6 puntos de control de monitoreo en la cuenca del rio San Gabán, durante los años 2016-2020, en los tres poblados (Macusani, Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del rio San Gabán, en las épocas seca y lluviosa.

Tabla 14. Resultados de Arsénico de los puntos de control del Rio San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Arsénico (As)	0.15	mg/L	NE	NE	NE	NE	NE	NE
AVENIDA	2016 II	NOV	Arsénico (As)	0.15	mg/L	<0.007	0.025	0.026	0.029	<0.007	<0.007
ESTIAJE	2017 I	AGO	Arsénico (As)	0.15	mg/L	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.010
AVENIDA	2017 II	DIC	Arsénico (As)	0.15	mg/L	0.00117	0.03175	0.02219	0.02462	0.01318	0.00471
ESTIAJE	2018 I	MAY	Arsénico (As)	0.15	mg/L	< 0,00003	0,01601	0,01766	0,01995	0,01251	0,01220
AVENIDA	2018 II	NOV	Arsénico (As)	0.15	mg/L	0,00049	0,01656	0,01315	0,01778	0,00869	0,00423
ESTIAJE	2019 I	MAY	Arsénico (As)	0.15	mg/L	0,00042	0,01735	0,01685	0,01780	0,00937	0,00430
AVENIDA	2019 II	NOV	Arsénico (As)	0.15	mg/L	0,0009	0,0160	0,0198	0,0237	0,0197	0,0422
ESTIAJE	2020 I	MAR	Arsénico (As)	0.15	mg/L	0,0008	0,0084	0,0132	0,0128	0,0094	0,0067
AVENIDA	2020 II	NOV	Arsénico (As)	0.15	mg/L	0,0014	0,0147	0,0200	0,0255	0,0195	0,0086

La Figura 17, muestra que en la época seca como lluviosa las concentraciones de arsénico (mg/L) en todos los puntos en estudio no superan los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA 4: E2) de 0.04 mg/L. Valores que no impactan negativamente al cuerpo receptor de agua.

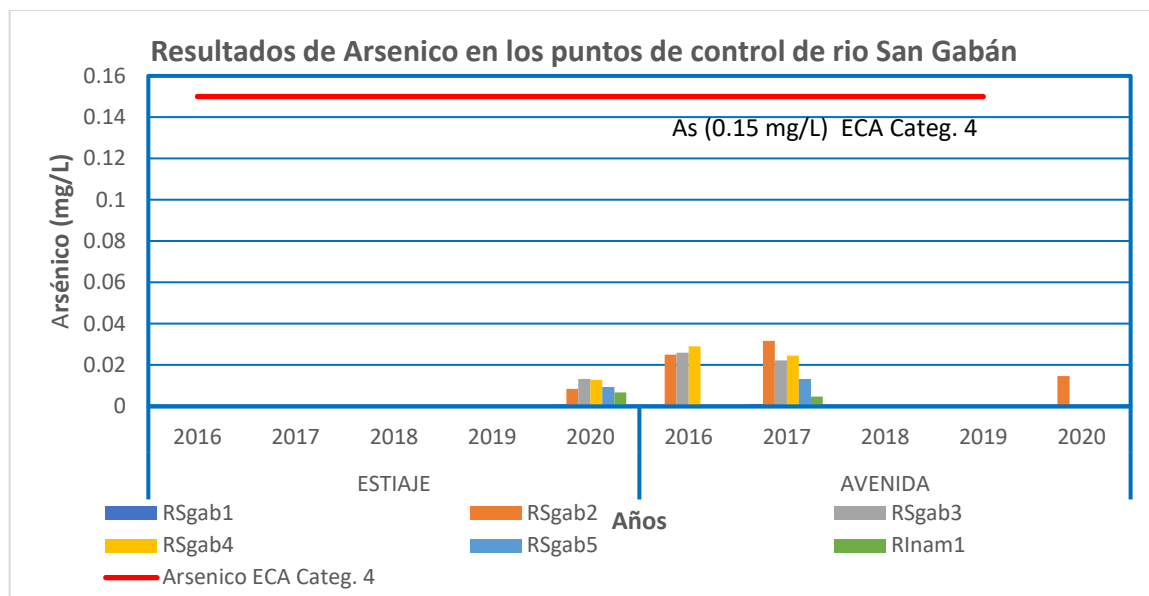


Figura 17. Variación espacial y temporal del Arsénico en los puntos de control del Rio San Gabán.

La Tabla 15, muestra los resultados de la concentración de cadmio (mg/L), en los 6 puntos de monitoreo en la cuenca del rio San Gabán, desde el año 2016 al 2020, en los tres poblados (Macusani, Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del rio San Gabán, tanto en las épocas seca y lluviosa.

Tabla 15. Resultados del monitoreo de cadmio de los puntos de control del Rio San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	Rlnam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	<0.00018	<0.00018	<0.00018	<0.00018	<0.00018	<0.00018
AVENIDA	2016 II	NOV	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	<0.00018	0.00018	<0.00018	<0.00018	<0.00018	<0.00018
ESTIAJE	2017 I	AGO	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	<0.00018	<0.00025	<0.00025	<0.00020	<0.00020	<0.00018
AVENIDA	2017 II	DIC	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.0003	<0.00001	<0.00001
ESTIAJE	2018 I	MAY	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
AVENIDA	2018 II	NOV	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
ESTIAJE	2019 I	MAY	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
AVENIDA	2019 II	NOV	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	< 0,00010	< 0,00010	0,00033	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
ESTIAJE	2020 I	MAR	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	0.000099	0.000099	0.000099	0.000099	0.000099	0.000099
AVENIDA	2020 II	NOV	Cadmio (Cd)	0.00025	mg/L	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	0,000090	0,000090

La Figura 18, muestra los resultados de cadmio (mg/L), durante las épocas de estiaje y avenida a través de los años, durante la época de avenida, en el año 2017, el punto RSgab4 (aguas debajo de Ollachea), registra 0.0003 mg/L de cadmio, valor que supera el máximo establecido en los estándares de calidad ambiental del agua, para la categoría de conservación del ambiente acuático, en ríos de la selva. De los demás

puntos en estudio los valores de las concentraciones se encuentran dentro del rango permitido.

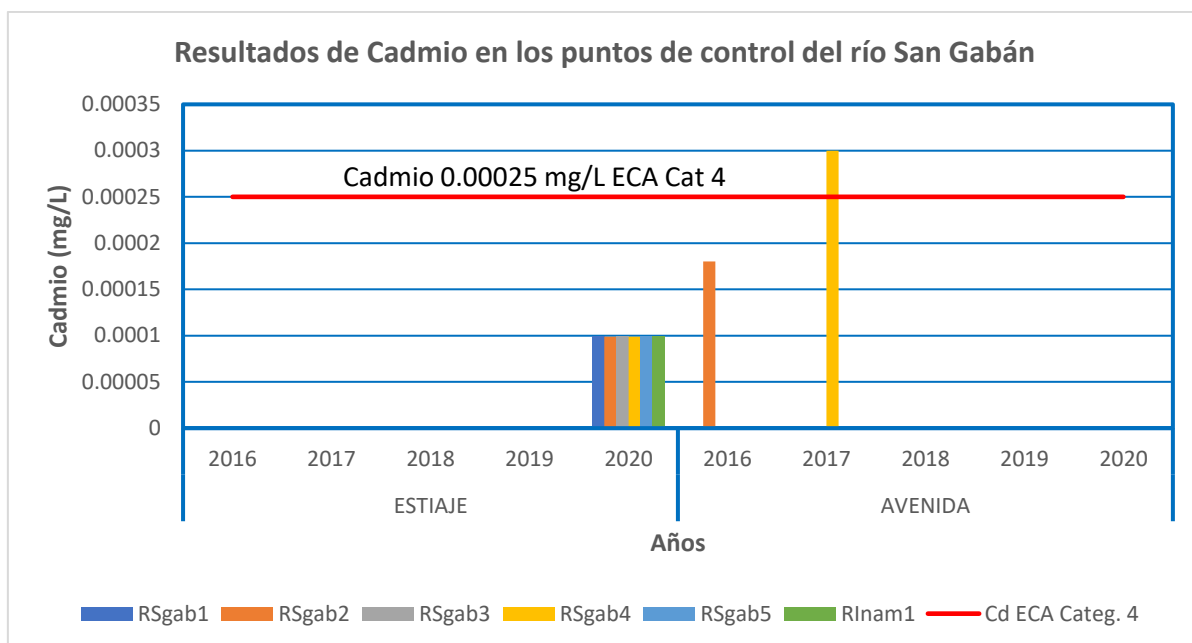


Figura 18. Variación espacial y temporal del Cadmio en los puntos de control del Río San Gabán.

La Tabla 16, muestra los resultados de la concentración de Níquel (mg/L), en los 6 puntos de monitoreo en la cuenca del río San Gabán, durante el periodo 2016 - 2020, en los tres poblados (Macusani, Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del río San Gabán, durante las épocas seca y lluviosa.

Tabla 16. Resultados del monitoreo de Níquel (mg/L) en los puntos de control del Río San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	Rlnam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.018
AVENIDA	2016 II	NOV	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.012
ESTIAJE	2017 I	AGO	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	0.05	<0.052	<0.052	<0.050	<0.050	0.003
AVENIDA	2017 II	DIC	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	0.001	0.0028	0.0024	0.0035	0.0014	0.0114
ESTIAJE	2018 I	MAY	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	<0,0002	<0,0002	0,0006	0,0014	0,0010	0,0073
AVENIDA	2018 II	NOV	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	<0,0002	0,0005	0,0008	0,0021	0,0015	0,0069
ESTIAJE	2019 I	MAY	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	<0,0002	<0,0002	0,0005	0,0016	0,0009	0,0066
AVENIDA	2019 II	NOV	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	0,0005	0,0014	0,0030	0,0048	0,0071	0,0485
ESTIAJE	2020 I	MAR	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	0.0009	0.001	0.005	0.0029	0.0023	0.0056
AVENIDA	2020 II	NOV	Níquel (Ni)	0.052	mg/L	0,0005	0,0006	0,0009	0,0026	0,0018	0,0045

La Figura 19, presenta los resultados de la concentración de níquel (mg/L) durante las épocas estiaje y avenida, donde se visualiza que ninguno de los puntos de monitoreo

supera los valores establecidos en el ECA-agua E:2, pero si existen valores cercanos al límite 0.052 mg/L, como el caso de la estación RSgab1 con una concentración de 0.05 mg/L, registrado en el periodo de estiaje durante el año 2017.

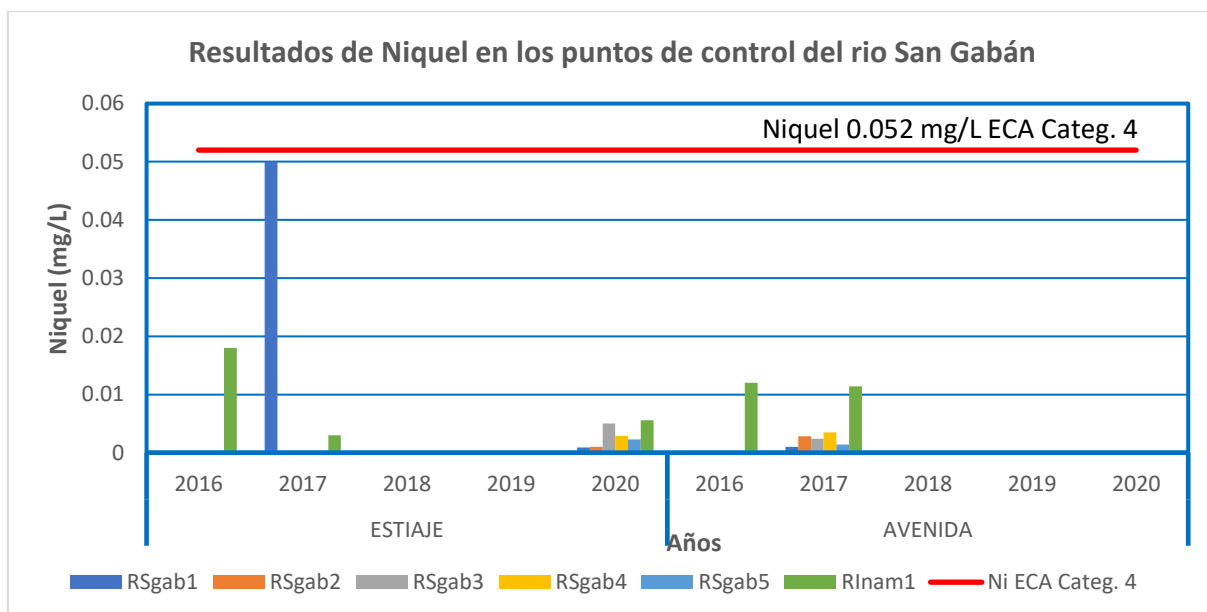


Figura 19. Variación espacial y temporal del Níquel en los puntos de control del Rio San Gabán.

En la Tabla 17, se resumen los resultados de la concentración de cobre (mg/L), en las 6 estaciones de monitoreo en la cuenca del rio San Gabán, desde el año 2016 al 2020, en los tres poblados en estudio (Macusani, Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del rio San Gabán, durante las épocas seca y lluviosa.

Tabla 17. Resultados del monitoreo de Cobre de los puntos de control del Rio San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	UNIDAD DE MEDIDA	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.011
AVENIDA	2016 II	NOV	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.006	<0.002
ESTIAJE	2017 I	AGO	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.09	<0.001	0.001
AVENIDA	2017 II	DIC	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	0.0011	0.00218	0.00218	0.00116	0.00183	0.00411
ESTIAJE	2018 I	MAY	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	0,00048	0,00075	0,00060	0,00055	0,00048	0,00252
AVENIDA	2018 II	NOV	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	< 0,00003	0,00067	0,00067	0,00079	0,00068	0,00298
ESTIAJE	2019 I	MAY	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	0,00050	0,00046	< 0,00003	0,00069	0,00070	0,00263
AVENIDA	2019 II	NOV	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	0,0006	0,0019	0,0019	0,0039	0,0077	0,0482
ESTIAJE	2020 I	MAR	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	0.0015	0.0011	0.0022	0.0022	0.0016	0.0036
AVENIDA	2020 II	NOV	Cobre (Cu)	0.1	mg/L	0,0006	0,0011	0,0015	0,0021	0,0012	0,0018

En la Figura 20, se aprecia la variación de la concentración del cobre (mg/L) a través de los años, en el río San Gabán. Donde se presentan valores dentro del rango establecido por el ECA-agua en todas las estaciones de monitoreo durante las dos épocas en estudio, el valor más alto registrado es 0.011 mg/L en el punto RInam1 durante el periodo de estiaje del año 2016, concentración que no supera el valor del ECA-Agua.

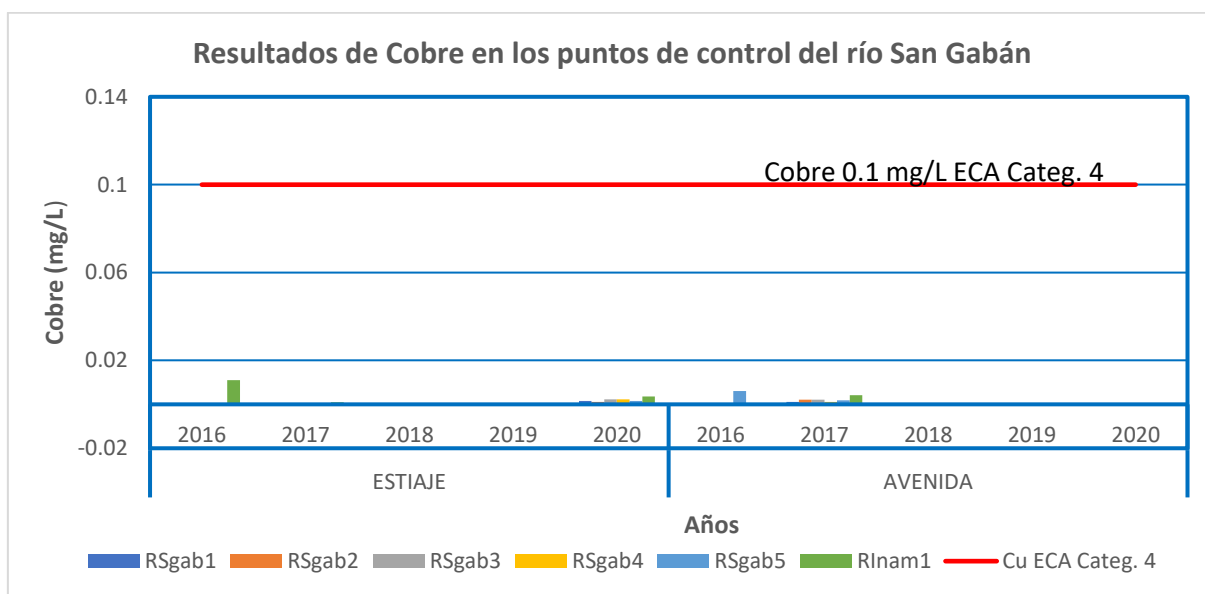


Figura 20. Variación espacial y temporal del Cobre en los puntos de control del Río San Gaban en dos épocas del año.

En la Tabla 18, se resumen los resultados de la concentración de mercurio (mg/L), en las 6 estaciones de monitoreo, ubicados en la cuenca del río San Gabán, durante los años 2016 al 2020, en las épocas seca y lluviosa.

Tabla 18: Resultados del monitoreo de Mercurio de los puntos de control del Río San Gabán.

AÑO	EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
							RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
2016	ESTIAJE	2016 I	ABR	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.00002	0.00001	0.00003	0.00002	0.00001	0.00002
2016	AVENIDA	2016 II	NOV	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.00005	<0.0001	<0.0001
2017	ESTIAJE	2017 I	AGO	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009	NE
2017	AVENIDA	2017 II	DIC	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
2018	ESTIAJE	2018 I	MAY	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
2018	AVENIDA	2018 II	NOV	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
2019	ESTIAJE	2019 I	MAY	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0,00050	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
2019	AVENIDA	2019 II	NOV	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
2020	ESTIAJE	2020 I	MAR	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.000049	0.000049	0.000049	0.000049	0.000049	0.000049
2020	AVENIDA	2020 II	NOV	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005

La Figura 21, muestra la variación de la concentración de mercurio durante las épocas de estiaje y avenida, en el periodo 2016-2020, cuyos valores se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental para agua (0.0001 mg/L), para la categoría 4 conservación de ambiente acuático, sub categoría E2: ríos de la selva. Las mayores concentraciones se encontraron durante la temporada de estiaje en los años 2017 y 2020, valores que no representan riesgo al cuerpo de agua.

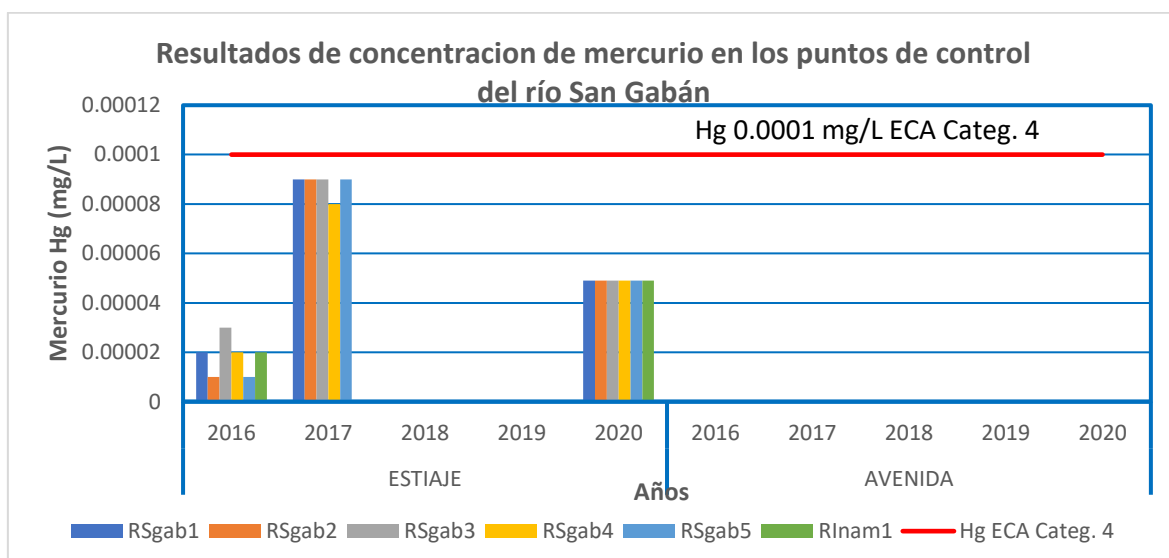


Figura 21. Variación espacial y temporal del Mercurio en los puntos de control del Río San Gabán.

En la Tabla 19, se resumen los resultados de la concentración de plomo (mg/L), en las 6 estaciones de monitoreo en estudio, ubicados en la cuenca del río San Gabán, durante el periodo 2016 - 2020, en las épocas seca y lluviosa.

Tabla 19. Resultados del monitoreo de plomo de los puntos de control del Río San Gabán.

EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
						RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
ESTIAJE	2016 I	ABR	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.016
AVENIDA	2016 II	NOV	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
ESTIAJE	2017 I	AGO	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0020	<0.0025	0.005
AVENIDA	2017 II	DIC	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	0.0012	0.0038	0.008	0.0053	0.0014	0.0021
ESTIAJE	2018 I	MAY	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.0002	<0.0002	0.0009	0.0006	<0.0002	0.0008
AVENIDA	2018 II	NOV	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.0002	<0.0002	0.0022	0.0016	0.0013	0.0019
ESTIAJE	2019 I	MAY	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.0002	<0.0002	0.0009	0.0007	0.0005	0.0009
AVENIDA	2019 II	NOV	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	0.0004	0.0019	0.0088	0.01	0.0166	0.0281
ESTIAJE	2020 I	MAR	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	0.0007	0.0009	0.0105	0.0087	0.005	0.0205
AVENIDA	2020 II	NOV	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	0.0003	0.0004	0.0069	0.007	0.003	0.0016

La Figura 22, expone las variaciones de la concentración del plomo (mg/L), a través del tiempo y el espacio; donde se visualiza que, durante la época de estiaje, en el año 2016 la estación RInam1 resulta con valor 0.016 mg/L; el año 2017, el mismo punto con concentración 0.005 mg/L, valores superiores establecidos en el ECA 4-agua. En el año 2020 los puntos RSgab3, RSgab4, RSgab5 y RInam1 arrojaron valores de 0.0105 mg/L, 0.0087 mg/L, 0.005 mg/L y 0.0205 mg/L respectivamente, cuyos valores están por encima del estándar de calidad del agua permitido, para la categoría asignada. Durante la época lluviosa, en el año 2017, en los puntos RSgab2, RSgab3 y RSgab4, se encontraron valores 0.0038mg/L, 0.008 mg/L y 0.0053 mg/L respectivamente; en el año 2019 las estaciones RSgab3, RSgab4, RSgab5 y RInam1 resultan con valores 0.0088 mg/L, 0.01mg/L, 0.0166 mg/L y 0.0281 mg/L. En el último año de monitoreo 2020 los puntos RSgab3, RSgab4 y RSgab4 con valores 0.0069 mg/L, 0.007 mg/L y 0.004 mg/L; todas las concentraciones y puntos que se mencionan exceden los valores establecidos en los estándares de calidad del agua ECA 4 E:2 (0.0025 mg/L Pb).

De la gráfica se deduce que, durante las 2 épocas, en los 5 años de estudio, el punto que presentó las más altas concentraciones es el RInam1 (aguas abajo San Gabán), cuya concentración se ha registrado de 0.01 mg/L en el año 2019, valor superior establecido en el estándar de calidad ambiental, cuyo valor es 0.0025 mg/L.

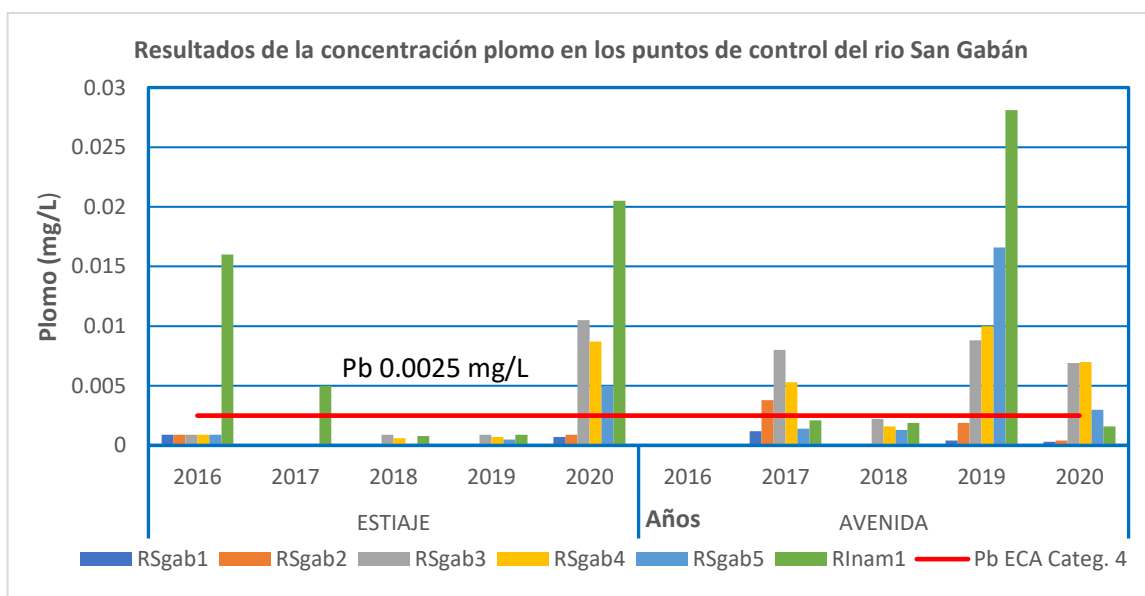


Figura 22. Variación espacial y temporal del Plomo en los puntos de control del Río San Gaban.

La Figura 23, muestra el nivel de asociación entre las concentraciones del plomo y los ICARHS, durante la época seca resulta de -0.52, valor que indica de que existe una interrelación lineal moderada, mientras que, en la época húmeda, el coeficiente de correlación es -0.72, indicador de una correlación significativa. De cual se deduce que el plomo es un parámetro influyente cuando la concentración de esta excede los ECA-agua, en el cálculo de los ICARHS. Del resultado se deduce que el plomo y el ICARHS están inversamente relacionados, si los valores del plomo son altos, la calidad del agua disminuye. Para conocer la causa presencia de la concentración del plomo se tendría que realizar un estudio de causalidad.

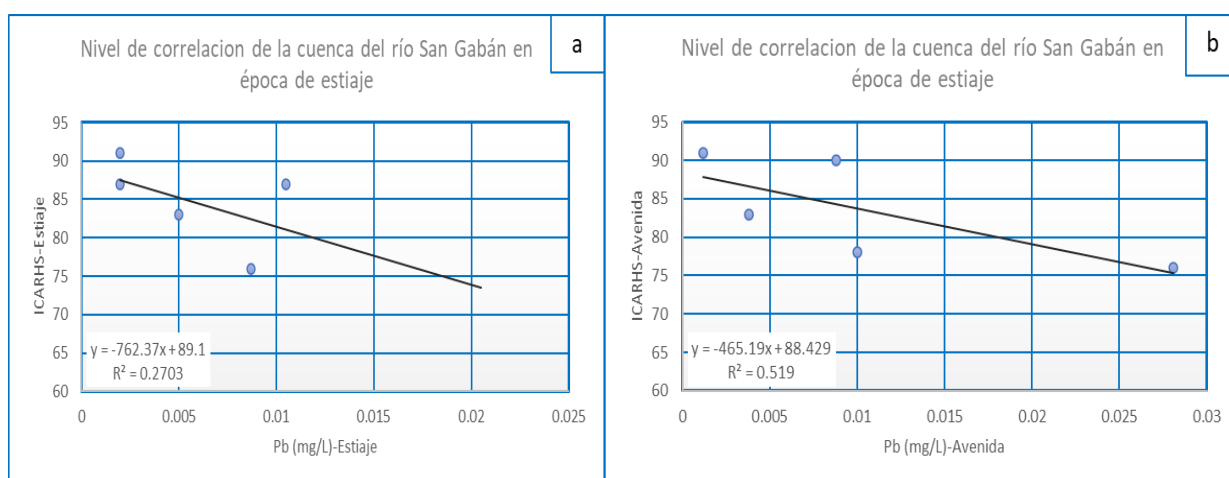


Figura 23. Correlación entre el plomo y el ICARHS en período de a) estiaje y b) avenida

En la Tabla 20, se resumen los resultados de la concentración de zinc (mg/L), en las 6 estaciones de monitoreo, ubicados en la cuenca del río San Gabán, desde el año 2016 al 2020, durante las épocas seca y lluviosa, en los poblados en estudio (Macusani, Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del río San Gabán.

Tabla 20. Resultados del monitoreo de Zinc de los puntos de control del Rio San Gabán.

AÑO	EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
							RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
2016	ESTIAJE	2016 I	ABR	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0.024	0.013	0.04043	0.03651	0.041	0.068
2016	AVENIDA	2016 II	NOV	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0.009	0.007	0.032	0.034	0.032	0.021
2017	ESTIAJE	2017 I	AGO	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	<0.1	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	0.003
2017	AVENIDA	2017 II	DIC	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	<0.0100	0.019	0.0567	0.0476	0.0194	0.0219
2018	ESTIAJE	2018 I	MAY	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0,0138	0,0165	0,0264	0,0239	0,0164	0,0234
2018	AVENIDA	2018 II	NOV	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	< 0,0100	< 0,0100	0,0261	0,0235	0,0134	0,0146
2019	ESTIAJE	2019 I	MAY	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0,2009	< 0,0100	0,0367	0,0248	< 0,0100	0,0133
2019	AVENIDA	2019 II	NOV	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	< 0,008	0,017	0,067	0,079	0,042	0,132
2020	ESTIAJE	2020 I	MAR	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0.0079	0.011	0.041	0.035	0.032	0.027
2020	AVENIDA	2020 II	NOV	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0,019	NE	0,045	0,045	0,022	0,014

La Figura 24, expone la variación del Zinc, en los 6 puntos de control, durante 5 años, en las dos épocas (seca y lluviosa). Durante la época de estiaje, la concentración más alta se ha encontrado en el año 2019, un valor de 0.2 mg/L y durante la época de seca en el año 2019 se ha hallado un valor de 0.13 mg/L, que supera los Estándares de Calidad Ambiental cuyo rango establecido es hasta 0.12 mg/L Zn.

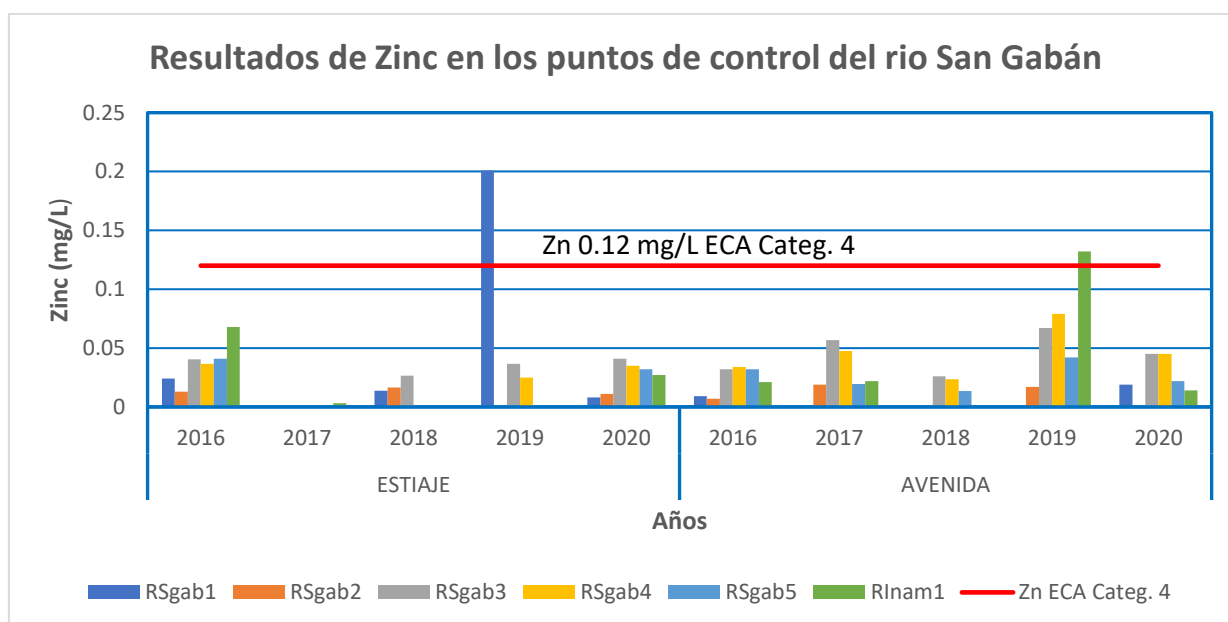


Figura 24. Variación espacial y temporal del Zinc en los puntos de control del Rio San Gaban en dos épocas del año.

En la Tabla 21, se resumen los resultados de la concentración de Coliformes termotolerantes (NMP/100ml), en las 6 estaciones de monitoreo, ubicados en la cuenca del rio San Gabán, desde el año 2016 al 2020, en las épocas seca y lluviosa,

dentro de los poblados en estudio (Macusani Ollachea y San Gabán) por las que transcurre las aguas del río San Gabán.

Tabla 21. Resultados del monitoreo de coliformes termotolerantes de los puntos de control del Río San Gabán en dos épocas del año.

AÑO	EPOCA	AÑO	MES	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA CATEG 4 (E2: Ríos de la selva)	MACUSANI		OLLACHEA		SAN GABAN	
							RSgab1	RSgab2	RSgab3	RSgab4	RSgab5	RInam1
2016	ESTIAJE	2016 I	ABR	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	11	110	220	3300	4600	490
2016	AVENIDA	2016 II	NOV	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	27	<1.8	220	23000	33000	49
2017	ESTIAJE	2017 I	AGO	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	<50	<200	<150	990	80	50
2017	AVENIDA	2017 II	DIC	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	4.5	4.5	2	4600	33	49
2018	ESTIAJE	2018 I	MAY	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	17	49	330	9400	170	79
2018	AVENIDA	2018 II	NOV	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	7,8	130	< 1,8	330	49	< 1,8
2019	ESTIAJE	2019 I	MAY	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	11	330	79	11000	110	7,8
2019	AVENIDA	2019 II	NOV	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	79	3500	79	5400	1100	170
2020	ESTIAJE	2020 I	MAR	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	140	1300	330	7000	700	790
2020	AVENIDA	2020 II	NOV	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	2	2400	330	2000	2800	240

En la Figura 25, se muestra la variación a través del tiempo, los resultados de los coliformes termotolerantes, en las 6 estaciones de monitoreo. Donde se proyecta que en la época de estiaje el punto RSgab3 presenta valores 3300 NMP/100 ml, 9400 NMP/100 ml, 11000 NMP/100 ml y 7000 NMP/100 ml en los años 2016, 2018, 2019 y 2020 respectivamente y el punto RSgab5 con 4500 NMP/100ml en el año 2016, los datos mencionados superan el valor establecido (2000 NMP/100ml) por los estándares de calidad de agua. En cambio, los puntos no mencionados se encuentran dentro del rango establecido.

En la época de avenida, el punto RSgab2 presenta valores de 3500 NMP/100ml y 2400 NMP/100ml en los años 2019 y 2020, mientras que el punto RSgab4 con concentraciones 23000 NMP/100ml, 4600 NMP/100ml, 5400 NMP/100ml y 2000 NMP/100ml en los años 2016, 2017, 2019 y 2020 respectivamente y el punto RSgab5 en el año 2016 un valor de 33000 NMP/100ml; todos los valores de los puntos mencionados exceden los valores fijados en los estándares de calidad ambiental del agua, para la categoría 4: ríos de la selva.

En resumen, los puntos con las concentraciones más altas, que exceden el ECA-agua, a la categoría asignada, son los puntos RSgab4 y RSgab5, con valores de 23000 y 33000 NMP/100 ml, durante ambas épocas, en la mayoría de los años en estudio. Valores que influyen en la variación del Índice de la Calidad de agua.

En relación con los puntos de monitoreo no mencionadas se infiere que dichos valores se encuentran dentro lo estándares de calidad ambiental para agua.

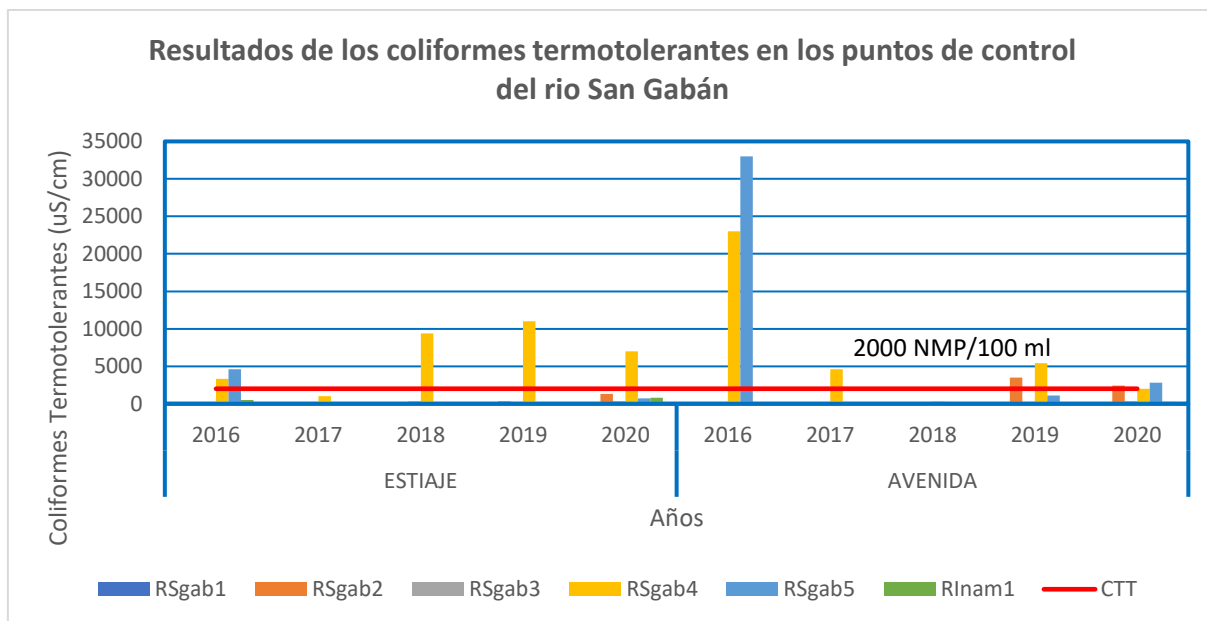


Figura 25. Variación espacial y temporal de los coliformes termotolerantes en los puntos de control del Rio San Gabán.

En la Figura 26, durante la época seca, se muestra una asociación lineal inversa de -0.92, indicador de una interrelación fuerte y durante la época húmeda la asociación es -0.65, indicador de una relación inversa moderada. Del cual, se deduce que el incremento de cantidad de los coliformes totales, por encima de los ECA-agua, reduce la calidad del agua del río San Gabán.

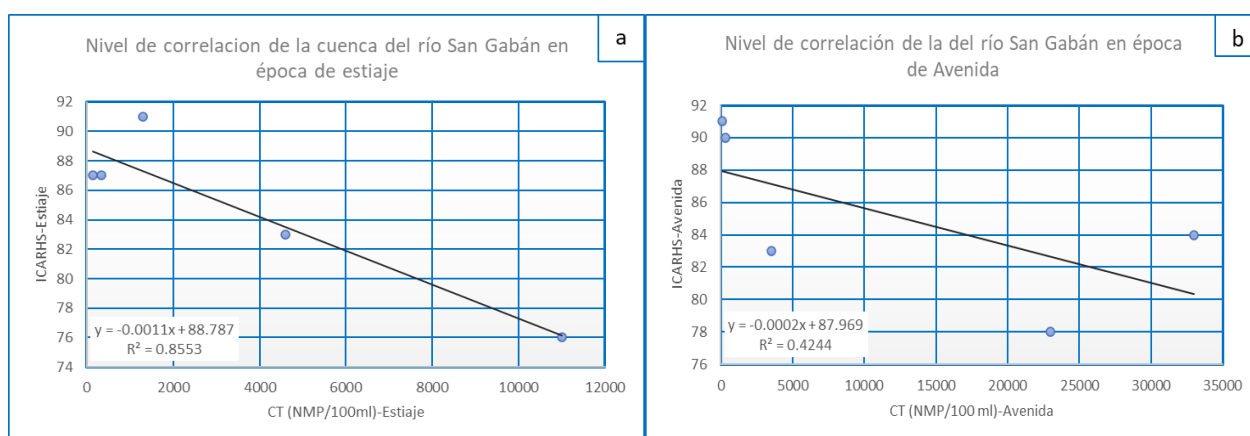


Figura 26. Correlación entre los coliformes Totales y el ICARHS en período de a) estiaje y b) avenida

4.3. Evaluar la interrelación entre los ICARHS de Macusani-Ollachea, Macusani-San Gabán y Ollachea- San Gaban.

La Tabla 22, muestra los datos de los ICARHS en localidades de Macusani y Ollachea, y el resultado de la correlación de los valores ICARHS entre los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo del vertimiento, durante época seca y lluviosa en las localidades de Macusani y Ollachea.

Tabla 22. Comparación correlativa entre ICARHS de Macusani y Ollachea.

	MACUSANI	OLLACHEA	COEF. CORRELACION
INGRESO (Aguas arriba)	87	87	0.26876732
	91	90	
SALIDA (Aguas abajo)	91	76	
	83	78	

MACUSANI	Ingreso	RSgab1
	Salida	RSgab2
OLLACHEA	Ingreso	RSgab3
	Salida	RSgab4

En la Figura 27, se observa la dispersión de la relación entre los valores del ICARHS del punto de ingreso de Macusani (RSgab1) con el punto de ingreso Ollachea (RSgab3) y entre puntos de salida Macusani (RSgab2) con Ollachea (RSgab4). Al aplicar el coeficiente de correlación entre los puntos en estudio, resulta **0.27**, que indica que la correlación lineal es directa pero débil, del cual, no se puede deducir la calidad del agua en otros puntos a partir del resultado, debido a la baja interrelación que existe entre los puntos, esto puede deberse a diversos factores externos que influyen en la variación de la calidad del agua.

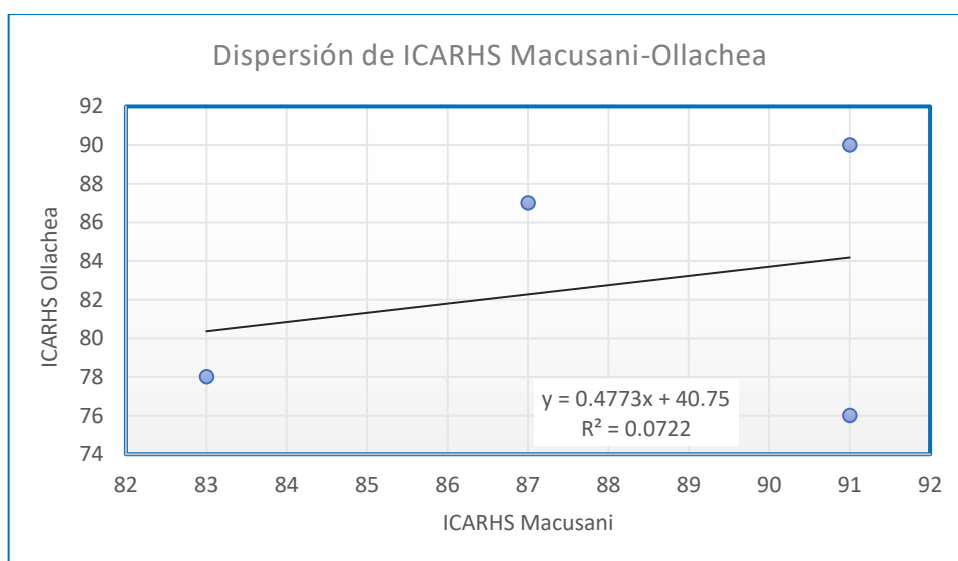


Figura 27. Dispersión de los ICARHS entre Macusani y Ollachea

La Tabla 23, muestra los datos de los ICARHS en localidades de Macusani y San Gabán, y el resultado de la correlación de los valores ICARHS entre los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo del vertimiento, durante época seca y lluviosa en las localidades en estudio.

Tabla 23. Comparación correlativa entre ICARHS de Macusani y San Gabán.

	MACUSANI	SAN GABAN	COEF. CORRELACION
INGRESO (Aguas arriba)	87	83	0.894675058
	91	84	
SALIDA (Aguas abajo)	91	83	
	83	76	

MACUSANI	Ingreso	RSgab1
	Salida	RSgab2
SAN GABAN	Ingreso	RSgab5
	Salida	RInam1

La Figura 28, evidencia la dispersión de la relación entre ICARHS de localidades de Macusani y San Gabán, relacionando el punto de ingreso de Macusani (RSgab1) con el punto de ingreso San Gabán (RSgab5) y entre puntos de salida Macusani (RSgab2) con San Gabán (RSgab6), donde resulta una correlación 0.89 que significa que la correlación lineal es directa de intensidad fuerte. Del cual, se puede deducir que la calidad del agua va a variar en proporción constante, aguas abajo de aguas arriba.

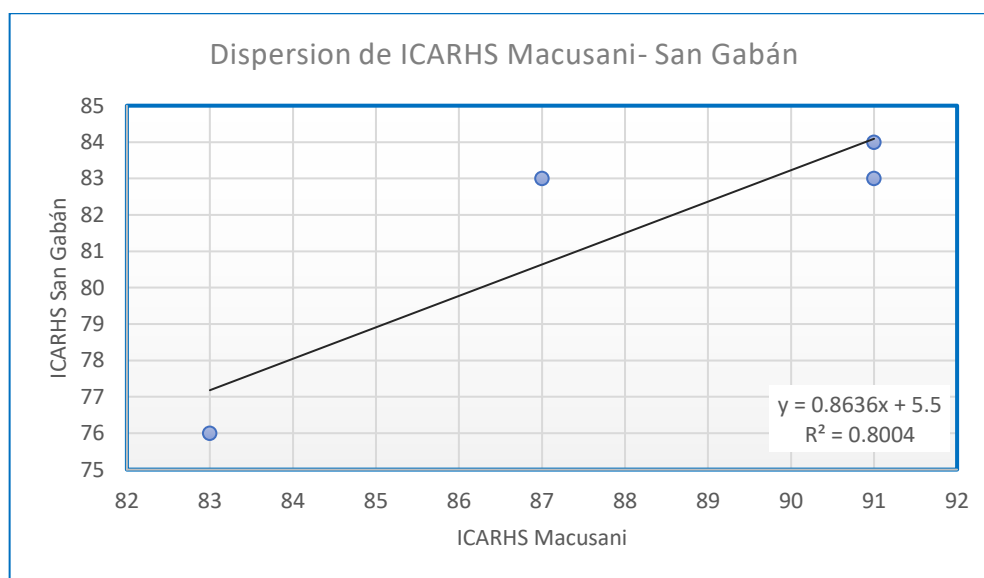


Figura 28: Dispersión ICARHS de los entre Macusani y San Gabán.

La Tabla 24, muestra los datos de los ICARHS en localidades de Ollachea y San Gabán, y el resultado de la correlación de los ICARHS entre los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo del vertimiento, durante época seca y lluviosa en las localidades en estudio.

Tabla 24. Comparación correlativa entre los ICARHS de Ollachea y San Gabán.

	OLLACHEA	SAN GABAN	COEF. CORRELACION
INGRESO (Aguas arriba)	87	83	0.536965767
	90	84	
SALIDA (Aguas abajo)	76	83	
	78	76	

OLLACHEA	Ingreso	RSgab3
	Salida	RSgab4
SAN GABAN	Ingreso	RSgab5
	Salida	RInam1

La Figura 29, evidencia la dispersión de la relación entre ICARHS de localidades de Ollachea y San Gabán, relacionando el punto de ingreso de Ollachea (RSgab3) con el punto de ingreso San Gabán (RSgab5) y entre puntos de salida Ollachea (RSgab4) con San Gabán (RSgab6), donde resulta una correlación resulta 0.53, indicador de que la interrelación lineal es directa positiva con una significancia moderada. Estas variaciones se deben a la diferencia de la naturaleza de la zona y a acciones antrópicas que influyen en la calidad natural del agua.

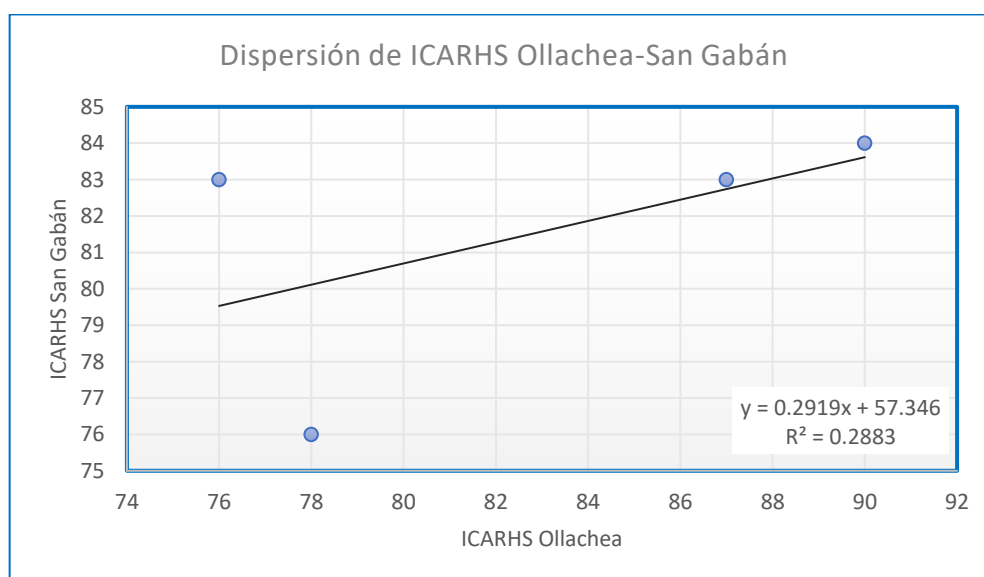


Figura 29. Dispersión de los ICARHS entre Ollachea y San Gabán

V. DISCUSIÓN

El índice de la calidad de los recursos hídricos Superficiales (ICARHS) **R.J. 084-2020-ANA**, mediante el análisis de variables (parámetros) resume en un solo valor numérico la calidad del agua en un punto de muestreo, según la categoría asignada a cada cuerpo de agua por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El río San Gaban, pertenece a la categoría 3, destinado a la conservación del ambiente acuático de ríos de la selva. Para el estudio se tomó 14 parámetros: pH, Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Totales Suspendidos (mg/L), Aceites y grasas (mg/L), Arsénico (mg/L), Cadmio (mg/L), Níquel (mg/L), Cobre (mg/L), Mercurio (mg/L), Plomo (mg/L), Zinc (mg/L) y Coliformes termotolerantes (NMP/100ml). Para el cálculo de ICARHS, se tomó en cuenta los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) **D.S. N°004-2017-MINAM** que establece el nivel de concentración de elementos, o parámetros físicos, químicos y biológicos, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representen riesgos para la salud de las personas ni para el ambiente.

El ICARHS promedio en toda la cuenca del río San Gaban, a partir de 6 puntos de monitoreo, resulta de 81, que indica que la calidad es buena, mientras que en el estudio realizado por CHÁVEZ (2015) para la determinación de la calidad del agua del río Cazones en Coatzintla, utilizando la metodología de ICA Brown-NFS para 3 estaciones de monitoreo, el índice promedio es 63.94 que representa calidad media de la calidad del agua, además en el estudio se evidencia diferencias significativas del ICA-Brown en las diferentes estaciones monitoreadas. Asimismo, en el estudio de SANABRIA et al. (2017) sobre las variaciones de la calidad del recurso hídrico en la cuenca alta del río Bogotá, a partir de los datos de los monitoreos realizados semestralmente, el resultado de este análisis muestra deterioro ambiental, a razón de las actividades que se desarrollan en torno a sus aguas. La calidad del agua de una cuenca depende de factores naturales y antrópicos, (RODRIGUEZ, PELUSO y GONZALES 2008) también evaluaron la calidad de las aguas en el arroyo Azul (Provincia de Buenos Aires), llegando a la conclusión de que la calidad del agua se mantiene entre una escala de buena a media.

Se espera que la naciente de un río presente, en sus primeros kilómetros de recorrido, una calidad de agua excelente. Sin embargo, el río San Gabán en la parte alta de la cuenca, que corresponde a la localidad de Macusani, presenta una calidad **buena**; en la parte de cuenca media (Ollachea) presenta en promedio una calidad **regular** y en la parte baja (San Gabán) **regular**. Lo mismo sucede con el río Bogotá en su cuenca alta presenta una calidad aceptable, decayendo a medida que avanza, Los factores antrópicos son la principal causa de contaminación y deterioro ambiental, en razón a las actividades que se desarrollan en torno a sus aguas (SANABRIA Suarez et al. 2017).

Las variaciones espaciales y temporales generales no son muy variables en la cuenca del río San Gabán, porque la mayoría de los puntos tienen una valoración de la calidad del agua como “bueno”, a excepción del punto RSGab4, cuya valoración es “regular” por la influencia de los parámetros microbiológicos. Comparando con el estudio realizado por GUZMÁN et al. (2011) en el río San Pedro, menciona que en ninguno de los parámetros evaluados se observó una tendencia espacial definida. A excepción de los metales pesados, los contaminantes estudiados presentaron concentraciones elevadas en el 95 % de las estaciones de colecta en ambas campañas de muestreo (sin mostrar variación temporal significativa). La calidad global del agua del río San Pedro es en general pobre, apartándose usualmente de su condición natural. Para evaluar y modelar la variabilidad espacio-temporal de la calidad del agua, se aplican varias metodologías, (ROMIC, y otros, (2019)), aplicaron la metodología de efecto lineal mixto, para ello utilizaron datos registrados mensualmente en el período 2009-2017, concluyendo que las ubicaciones y las bajas frecuencias del monitoreo de datos de calidad del agua son a menudo las principales limitaciones para un modelado preciso.

En cuanto, a las variaciones según temporadas, por influencia de parámetros la calidad del agua del río San Gabán, durante la época de estiaje resulta ser ligeramente mejor, que en la época de avenida, donde los parámetros de mayor afectación durante la época seca fueron el oxígeno disuelto, zinc, plomo y coliformes termotolerantes, mientras que durante la época lluviosa el plomo, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes; en comparación con el estudio realizado por VELOZ y CARBONEL (2018) en su estudio sobre el índice de la calidad del agua en la

microcuenca del río Chibunga, los componentes de mayor afectación en temporada seca fueron el oxígeno disuelto y plomo con resultado mala calidad y en época lluviosa fueron los sólidos suspendidos. En cuanto a los indicadores microbiológicos (coliformes fecales) resultó que en todas las campañas y temporadas monitoreadas resulta pésimo. Al respecto BALMASEDA Espinoza y GARCIA Hidalgo (2014), utilizaron la metodología canadiense de determinación del índice de calidad del agua, cuyos resultados muestran que existe variabilidad temporal en los datos de pH, mas no en los demás datos analizado; de los resultados se concluyó que la clasificación del agua es como “pobre” para uso agrícola. Del mismo modo, Comas et al., confirma en su estudio de la cuenca río Urola que las situaciones de sequía provocan que todo el río se asemeje más a condiciones características de desembocadura: poco oxígeno, contaminación elevada, conductividad alta.

Por otro lado, las asociaciones entre concentraciones máximas de parámetros y los ICARHS de la cuenca del río San Gabán, resultaron correlaciones significativas entre aquellos parámetros que se encuentran por encima de los ECA-agua; sin embargo, CASTILLO Ticllacuri y MEDINA Vivanco, (2014), hallaron una correlación alta y positiva en ambas épocas entre el plomo, cadmio, arsénico, sólidos totales, turbidez, hierro, manganeso, zinc, debido a que probablemente provienen de dos fuentes comunes. Estas correlaciones estuvieron influenciadas principalmente por el caudal del río el cual es mayor en la época húmeda.

VI. CONCLUSIONES

- Los ICARHS en la cuenca del río San Gabán, que abarca los poblados de Macusani, Ollachea y San Gabán, dentro de su variación espacial y temporal fluctúan entre 76 a 91, para la época de estiaje y para el periodo de avenidas de igual manera entre 76 y 91. Dichos valores alcanzados nos permiten inferir que la calidad del agua está entre regular a bueno, para el período analizado 2016-2020, que fue de cinco (05) años.
- Para la determinación de los valores del ICARHS, se utilizó datos históricos de monitoreo de la calidad del agua del río San Gabán desde el año 2016 al 2020, se consideraron 14 parámetros recomendados: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, demanda Bioquímica de oxígeno, sólidos totales disueltos, aceites y grasas, arsénico, cadmio, níquel, cobre, mercurio, plomo, zinc y coliformes termo tolerantes, de acuerdo a la guía para la determinación de índice de los recursos hídricos superficiales de la Autoridad Nacional del Agua, para ello fue necesario consolidar los parámetros mencionados que engloba la expresión matemática la cual requiere del cálculo de los factores F1 (alcance), F2 (Frecuencia) y F3 (Amplitud), que se obtiene de analizar las concentraciones de los principales parámetros evaluados. Se obtuvo el valor del ICARHS para los dos puntos en Macusani, Ollachea y San Gabán.
- El índice de la calidad del agua en Macusani, aguas arriba, durante la época seca en el punto RSgab1 es 87, indicador de que la calidad del agua es “bueno” y durante la época lluviosa es 91, de igual valoración “buena”, mientras que aguas abajo el punto RSgab2, durante la época seca y lluviosa, la calidad del agua es 91 y 83 respectivamente, valorado como “bueno”. La calidad del agua en el punto RSgab1 es mejor que en el punto RSgab2, esta variación se debe a la concentración de coliformes termotolerantes encontradas aguas abajo del vertimiento, que sobrepasa los ECA-agua, posiblemente a la inoperatividad eficiente del PTAR Macusani, en los 2 últimos años del presente estudio (2019 y 2020). El índice de la calidad del agua en Ollachea, aguas arriba de los vertimientos en la época seca y lluviosa en el punto RSgab3 y RSgab4 es 87 y 90 respectivamente, con indicador de calidad “bueno” ambos, mientras que aguas abajo de los vertimientos, durante la época seca y lluviosa, el índice de la

calidad del agua se reduce a valores 76 y 78 respectivamente. Durante la época de estiaje y avenida el punto RSGab3 presenta mejor calidad de agua en comparación con el punto RSGab4, la reducción ocurre, por la presencia de coliformes termotolerantes y plomo por encima de los estándares de calidad de agua, para la categoría de conservación del ambiente acuático en ríos de la selva. Durante la época de seca y lluviosa el punto RSGab5 presenta mejor calidad de agua en comparación con el punto RInam1, la reducción ocurre por el incremento del plomo, seguido de los sólidos suspendidos totales que se encuentran por encima de los estándares de calidad de agua, para la categoría de conservación del ambiente acuático en ríos de la selva.

Además, se ha podido conocer que: El valor de ICARHS, en función a los parámetros evaluados presenta cierto nivel de correlación inversa para pH, OD, STS, arsénico, níquel, plomo, zinc y coliformes termotolerantes.

- Las asociaciones entre los ICARHS, de las diferentes localidades, ha permitido conocer que existen correlaciones lineales directas con niveles de significancia variadas, entre Macusani y Ollachea la correlación es **0.27**, que indica que la correlación lineal es débil, entre Macusani y San Gabán resulta una correlación de **0.89** con una correlación lineal de intensidad fuerte, finalmente entre Ollachea y San Gabán resulta **0.53**, indicador de que la interrelación lineal es una significancia moderada.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares considerando factores con caudal y/o precipitación en la cuenca.
- Tomar datos o monitoreos más frecuentes para obtener resultados del comportamiento
- Considerar en los próximos análisis la variable caudal, con el fin de poder correlacionar con los ICARHS
- Tomar datos exactos de concentraciones de parámetros con los que va a trabajar, que no sean oscilaciones, o mayor ni menor a una concentración.
- Utilizar otras técnicas de correlación, para definir cuál es el que mejor se ajusta a los valores reales utilizados.

REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). Metodología para la determinación del índice de Calidad de Ambiental de los Recursos Hidricos Superficiales ICARHS, R.J.84-2020-ANA. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. [En línea] 2020. <https://www.ana.gob.pe>.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). Ley de Recursos Hidricos N°29338. Autoridad Nacional del Agua. 2019.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA) Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. R.J. N°56-2018-ANA. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Lima : s.n., 13 de Febrero de 2018.
- BALMASEDA, C. y GARCIA, Y., 2014. Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo , provincia Las Tunas , Cuba. , vol. 23, no. 3, pp. 11-16.
- BERNARDO, J. DETERMINAR LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE AGUA PARA RIEGO DE VEGETALES SEGÚN NORMATIVA VIGENTE, EN EL DISTRITO CONCHAMARCA - AMBO, DISTRITOS SAN FRANCISCO DE CAYRÁN Y AMARILIS – HUÁNUCO – OCTUBRE 2018 – FEBRERO 2019. UNIVERSIDAD DE HUANUCO (TESIS PREGRADO). Huánuco : s.n., (2019).
- CAHO, C.A. y LÓPEZ, 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, vol. 12, no. 2. ISSN 19090455. DOI 10.22507/pml.v12n2a3.
- CAJAS, M. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA AGUA COCHATAMA - HUÁNUCO - 2019. UNIVERSIDAD DE HUANUCO (TESIS DE PREGRADO). Huanuco : s.n., (2019).
- CASTILLO, Z.I. y MEDINA, V., 2014. Evaluación espacio temporal de la Calidad del Agua del río Rimac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo. 2014. S.l.: s.n.
- CHÁVEZ, L.N., 2015. Evaluacion espacial y temporal del indice de calidad del agua del rio Cazonas en Coatzintla, Ver. 2015. S.l.: s.n.
- CHOQUE, D.[et al.]. , 2021. Water quality index in the high-Andean micro-basin of the Chumbao River, Andahuaylas, Apurímac, Peru. S.l.: s.n.
- COMAS, E., COMAS, E., SABATER, S. y SABATER, F., [sin fecha]. VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO UROLA (GUIPUZKOA). [en línea], DOI 10.4995/ia.1998.2769. Disponible en: <https://cutt.ly/YbScm9N>.
- Cooperación Europea-Instituto de Investigaciones Químicas. GESTIÓN DE CUENCAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS CON INFLUENCIA MINERA. La Paz : s.n., 2004-2007.
- ESTELA, M. NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO HUACA BLANCA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CHANCAY. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO (TESIS PREGRADO). Chiclayo : s.n., (2017).
- GIL MARÍN, J.A., VIZCAINO, C. y MONTAÑO MATA, N.J., 2018. Evaluacion de la calidad del agua superficial utilizando el indice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Rio Guarapiche, Monagas, Venezuela. Anales científicos UNALM, vol. 79, no. 1, pp. 111-119. DOI : <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>.
- HERNÁNDEZ, R. Metodología de la Investigacion. 6ta edicion. Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014.

- GUZMÁN, C.G., THALASSO, F., RAMÍREZ, L.E.M., RODRÍGUEZ, N.S., GUERRERO, B.A.L. y AVELAR, G.F.J., 2011. Revista internacional de contaminación ambiental agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental [en línea], no. 01884999, pp. 89-102. Disponible en: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200001.
- HERNANDEZ, R., 2014. Metodología de la Investigación. sexta. Mexico: s.n. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- JIMENEZ, J.A. y LLICO, M.E., 2020. Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el índice de calidad ambiental para agua. Cajamarca 2019. 2020. S.l.: s.n.
- MENDEZ, P.V., ARCOS, J.P. y CARZOLA, X.R., 2020. Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. Revista Científica El Dominio de las Ciencias, vol. 6, no. 2, pp. 734-746. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245> Ciencias.
- LAURA, J., GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CHILI MEDIANTE EL EMPLEO DE ÍNDICES FÍSICO QUÍMICOS DE CALIDAD AMBIENTAL, AREQUIPA. UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTIN DE AREQUIPA (TESIS MAESTRIA). AREQUIPA-PERU : s.n., (2019).
- LEÓN, M., DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CONGÜIME Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MITIGACIÓN PARA LA ZONA CRÍTICA ESTABLECIDA MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA BROWN) EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE CANTÓN PAQUISHA. Quito-Ecuador : s.n., 2014.
- MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS (MEF)-PERU. Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Areas Agrícolas o Urbanas. Ministerio de economía y finanzas. Lima : s.n.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Lima : s.n., 2017.
- MONTEAGUDO, M., ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS INDICES DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RIOS LAMPA Y CABANILLAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO (TESIS PREGRADO). Puno : s.n., (2015).
- MUHAMMAD, B. y MUHAMMAD, L. ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF A RIVER USING AN INDEXING APPROACH DURING THE LOW-FLOW SEASON. Pakistan : s.n., 2009.
- OMS. 2008. Organización Mundial de la salud. Guías para la Calidad de Agua Potable. [En línea] 2008. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/.
- ORDOÑEZ, J., CARTILLA TECNICA: ¿QUÉ ES CUENCA HIDROLOGICA? Lima : s.n., 2011.
- PÉREZ, J.K., 2017. Determinación Del Índice De Calidad Del Agua Del Río Moquegua Por Influencia Del Vertimiento De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales - Omo, Durante El Periodo 2014 - 2015 [en línea]. 2017. S.l.: s.n. Disponible en: http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/299/Julisa_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- POMA, E., "Informe tecnico N°13-2020-ANA-AAA.MDD-ALA.T-I" AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Puno, Autoridad Nacional del Agua. Macusani : s.n., 2020. pág. 15, Informe Tecnico.

- PONTON, M., EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PIÑAS MEDIANTE LOS ÍNDICES ICA Y BMWP. UNIVERSIDAD DE CUENCA (TESIS DE PREGRADO). Cuenca : s.n., (2018).
- PUERTA, C., Determinacion de la Influencia de la descarga del rio Mayo en la calidad de agua del rio Huallaga, a trave de los ICA-PE. (Tesis Pregrad) Universidad Nacional de San Martin. Moyobamba : s.n., (2019).
- QUINO I.,QUINTANILLA, J., La Paz : s.n., 20 de 09 de 2013, REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA.
- Registro Nacional de Identificacion y estado civil (RENIEC),CENSO. [En línea] 2017. <https://www.reniec.gob.pe>.
- RODRIGUEZ, L., PELUSO, F. y GONZALES, J.C., 2008. COMPARACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUAS APLICADOS EN EL ARROYO DEL AZUL, PROVINCIA DE BUENOS AIRES. , vol. 14, pp. 67-74.
- ROMERO, J., *Calidad del agua*. Tercera. Bogotá-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009.
- ROMIC, D., [et al.]. Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory. Abril de (2019).
- SANABRIA, A.C., MONTENEGRO, C., CASTRO, M.F. y DÍAZ, D.M., 2017. Análisis multitemporal de los indicadores de calidad de agua en corrientes superficiales (ICA) de la cuenca alta del río Bogotá (Colombia). Ingeniería Solidaria, vol. 13, no. 22, pp. 39-54. ISSN 1900-3102. DOI 10.16925/in.v13i22.1751.
- SEVERICHE, C., CASTILLO,M. y ACEVEDO, R., *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de las India-Colombia : s.n., 2013. pág. 13.
- SILVA, R. EVALUACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TUMBES Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN SECTOR PERUANO – AÑO 2011 AL 2014. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES (TESIS MAESTRIA). Tumbes : s.n., (2018).
- SUAÑA, N.,*Informe tecnico N°08-ANA-ALA INAMBARI/NSM. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA*. Macusani : s.n., 2018.
- TORRES, S.N., PATACÓN, M. y AGUDELO, G.R., 2020. Evaluación de la calidad del agua de la zona media del río Cravo Sur. Revista Facultad de Ciencias Básicas, vol. 15, no. 2, pp. 117-127. ISSN 1900-4699. DOI 10.18359/rfcb.4004.
- VELOZ, C.N. y CARBONEL, C.A.A., 2018. Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013- -2017. Instituto de Investigación. FIGMMG-UNMSM, vol. 21, no. 42, pp. 13-26.

Anexo 3: Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores		Escala de medición
Univariable Análisis espacio-temporal del índice de la calidad del agua (ICA)	Los índices de calidad de agua (ICA), conforman herramientas matemáticas que reúne información de varios parámetros, permitiendo resumir amplios datos en una escala única de medición de calidad del agua (ANA, 2018)	El índice de calidad del agua se calcula mediante la expresión matemática, en función a 3 factores: alcance (F1), frecuencia (F2), amplitud (F3), para luego evaluar el comportamiento espacio-temporal y finalmente determinar las relaciones funcionales entre los poblados de Macusani-Ollachea, Macusani-San Gaban y Ollachea- San Gaban.	Determinación del ICA-PE	Alcance (F1)	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Conductividad • Oxígeno Disuelto • Demanda Biológica de oxígeno • Sólidos suspendidos Totales • Aceites y grasas • Arsénico (As) • Cadmio (Cd) • Níquel (Ni) • Cobre (Cu) • Mercurio (Hg) • Plomo (Pb) • Zinc (Zn) • Coliformes Termotolerantes 	95-100 Excelente 80-94 Bueno 65-79 Regular 45-64 Malo 0-44 Pésimo
				Frecuencia (F2)		
				Amplitud (F3)		
				$ICA - PE = 100 \cdot \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$		
			Comportamiento del ICA-PE	Variabilidad temporal	Época Estiaje	--
					Época de Avenida	
			Interrelación de los ICA-PE, entre localidades	Variabilidad espacial	Correlación ICA-PE Macusani-Ollachea Correlación ICA-PE Macusani-San Gaban Correlación ICA-PE Ollachea-San Gaban	-1-1

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Anexo 4: Instrumentos de recolección de datos




FICHA1: Recopilación de datos del monitoreo del agua del rio San Gaban															
COORDENADAS	ESTE:		ZONA	DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA											
	NORTE:														
UBICACIÓN	PARAMETROS FISICO-QUIMICOS		UNIDAD	ECA-AGUA Categ. 4-E2		Abr-16	Nov-16	Ago-17	Dic-17	May-18	Nov-18	May-19	Nov-19	Mar-20	Nov-20
	pH	unid. de pH	6.5	9											
	Conductividad	µS/cm		1000											
	Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L		>5											
	Demanda Biológica de oxígeno (DBO5)	mg/L		10											
	Solidos suspendidos Totales (SST)	mg/L		400											
	Aceites y grasas (AyG)	mg/L		5											
	INORGANICOS														
	Arsénico (As)	mg/L		0.15											
	Cadmio (Cd)	mg/L		0.0003											
	Níquel (Ni)	mg/L		0.052											
	Cobre (Cu)	mg/L		0.1											
	Mercurio (Hg)	mg/L		0.0001											
	Plomo (Pb)	mg/L		0.0025											
	Zinc (Zn)	mg/L		0.12											
	PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS														
	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL		2000											

Atentamente,

 José Julio Córdova Galvez
 DNI: 08447308


 Dr. HORACIO ACOSTAS.
 CIP N° 25450


 Dr. Elmer Benites Alfaro
 CIP 71998

FICHA 2: CALCULO DEL INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN

PUNTO DE MUESTREO		PUNTO N° X															
		EPOCA DE ESTIAJE					EPOCA AVENIDA										
Parámetros a Evaluar		ECA Categoría 4-E2		Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20	Σ	Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20	Σ		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6.5	9													
	Conductividad	mg/L	10														
	Oxígeno Disuelto (OD)	µS/cm	1000														
	Demanda Biológica de oxígeno (DBO5)	mg/L	10														
	Sólidos suspendidos Totales (SST)	mg/L	400														
INORGANICOS	Aceites y grasas (AyG)	mg/L	5														
	Arsénico (As)	mg/L	0.15														
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.64														
	Níquel (Ni)	mg/L	0.15														
	Cobre (Cu)	mg/L	1														
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.00025														
	Plomo (Pb)	mg/L	0.1														
	Zinc (Zn)	mg/L	0.011														
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	mg/L	2000														
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen																
	Número Total de parámetros a Evaluar																
	Número de datos que NO cumplen el ECA																
	Número Total de Datos																
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1		= (Parámetros que no cumplen/Total de parámetros a evaluar) *100						= (Parámetros que no cumplen/Total de parámetros a evaluar) *100								
	F2		= (Número de datos que NO cumplen el ECA/ Número Total de Datos) *100						= (Número de datos que NO cumplen el ECA/ Número Total de Datos) *100								
	pH	Unidad de pH															
	Conductividad	mg/L															
	Oxígeno Disuelto	µS/cm															
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L															
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L															
	Aceites y grasas	mg/L															
	Arsénico (As)	mg/L															
	Cadmio (Cd)	mg/L															
	Níquel (Ni)	mg/L															
	Cobre (Cu)	mg/L															
	Mercurio (Hg)	mg/L															
	Plomo (Pb)	mg/L															
Zinc (Zn)	mg/L																
Sumatoria de los excedentes																	
F3		=100*(Sumatoria de los excedentes/ Sumatoria de los excedentes +1)						=100*(Sumatoria de los excedentes/ Sumatoria de los excedentes +1)									
ICA-PE		= (100-(RAIZ (SUMA (F1^2; F2^2; F3^2) /3)						= (100-(RAIZ (SUMA (F1^2; F2^2; F3^2) /3)									
						ESCALA CROMATICA						ESCALA CROMATICA					

Atentamente,



 Juan Julio Orozco Galvez
 DNI: 08447308


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450


 EDER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 7196

Anexo 5: Validación de instrumentos



SOLICITUD: Validación de instrumentos de recojo de información

Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO

Yo Brígida Emperatriz Vargas Mendoza, identificada con DNI N° 72495962; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental me presento con el debido respeto ante Ud. y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Análisis Espacio-Temporal del índice de la calidad del agua (ICA – PE) en Puntos de control del río San Gaban-Carabaya-Puno-2021", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento, ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 7 de marzo del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Brígida", written over a horizontal line.

Brígida Emperatriz Vargas Mendoza

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrólogo Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Recopilación de datos del monitoreo del agua del río San Gaban**
- 1.5. Autora del Instrumento: **Brígida Emperatriz Vargas Mendoza**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

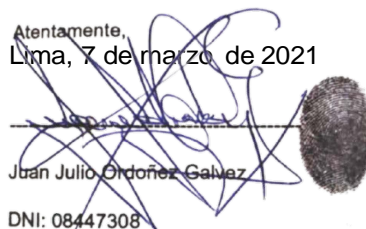
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,
Lima, 7 de marzo de 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308



VALIDACION DE INSTRUMENTOS

V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
 1.7. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.8. Especialidad o línea de investigación: **Hidrólogo Ambiental**
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cálculo del índice de la calidad ambiental del río San Gabán (ICARHS)**
 1.10. Autora del Instrumento: **Brígida Emperatriz Vargas Mendoza**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

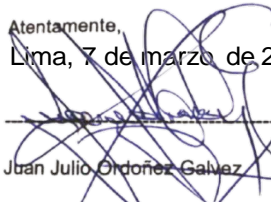
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,
Lima, 7 de marzo de 2021


 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

SOLICITUD: Validación de
instrumentos de recojo de
información

Dr. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR

Yo Brígida Emperatriz Vargas Mendoza, identificada con DNI N° 72495962; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental me presento con el debido respeto ante Ud. y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: “Análisis Espacio-Temporal del índice de la calidad del agua (ICA –PE) en Puntos de control del rio San Gaban-Carabaya-Puno-2021”, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumentos: fichas de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 9 de marzo del 2021



Vargas Mendoza, Brigida Emperatriz
D.N.I. 72495962
ORCID: 0000-0002-7190-8871

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Recopilación de datos del monitoreo del agua del río San Gaban**
 1.5. Autora del Instrumento: **Brígida Emperatriz Vargas Mendoza**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 9 de marzo del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cálculo del índice de la calidad ambiental del río San Gabán (ICARHS)**
 1.5. Autora del Instrumento: **Brígida Emperatriz Vargas Mendoza**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 9 de marzo del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

SOLICITUD: Validación de instrumentos de recojo de información

Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

Yo Brígida Emperatriz Vargas Mendoza, identificada con DNI N° 72495962; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental me presento con el debido respeto ante Ud. y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: “Análisis Espacio-Temporal del índice de la calidad del agua (ICA – PE) en Puntos de control del río San Gaban-Carabaya-Puno-2021”, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumentos: fichas de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 10 de marzo del 2021



Brígida Emperatriz Vargas Mendoza

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Recopilación de datos del monitoreo del agua del río San Gaban**
- 1.5. Autora del Instrumento: **Brígida Emperatriz Vargas Mendoza**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de marzo del 2021


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71996

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calculo del índice de la calidad del agua (ICA-PE) del rio San Gaban**
- 1.5. Autora del Instrumento: **Brígida Emperatriz Vargas Mendoza**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de marzo del 2021


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

Anexo N° 6: Solicitud de acceso a la información

01

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

SOLICITO: FACILIDADES PARA REALIZAR
TRABAJO DE INVESTIGACION-TESIS.

SEÑOR ADMINISTRADOR LOCAL DE AGUA - ALA TAMBOPATA INAMBARÍ
Ing. Ronald Isidro Alcos Pacheco




Brígida Emperatriz Vargas Mendoza, identificado con DNI N° 72495962, domiciliado en el Jr. Puno N° 300, del distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, departamento de Puno, Bach. en Ingeniería Sanitaria y ambiental, de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, habiendo culminado la Carrera Académica Profesional de Ingeniera sanitaria y ambiental en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y teniendo la necesidad de desarrollar mi proyecto de investigación para optar el título profesional **SOLICITO QUE ME BRINDE LA FACILIDADES PARA EL DESARROLLO DE MI PROYECTO DE INVESTIGACION- TESIS Y SER PARTICIPE EN LOS MONITOREOS PROGRAMADOS** en el ámbito de la cuenca Inambari.



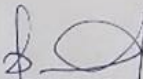


Por lo expuesto:

Solicito a Ud. acceder a mi petitorio.

Macusani, 12 de octubre del 2020


Brígida Emperatriz Vargas Mendoza
D.N.I. N° 72495962

Anexo N° 7: Respuesta a la solicitud por la Autoridad Nacional del Agua

 PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego	 ANA Autoridad Nacional del Agua	
<small>"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres" "Año de la Universalización de la Salud"</small>		
Macusani, 12 de octubre de 2020	CUT: 125159-2020	
<u>CARTA N° /05 - 2019-ANA-AAA.MDD-ALA.TAMBOPATA - INAMBARI</u>		
Señor(a): BRIGIDA EMPERATRIZ VARGAS MENDOZA		
Presente.-		
ASUNTO : Atención a lo Solicitado.		
REFERENCIA: Expediente Administrativo con CUT: 125159 - 2020		
<hr/>		
<p>Por intermedio del presente me dirijo a usted para saludarle muy cordialmente y al mismo tiempo comunicarle que su solicitud con CUT 125159 – 2020 es aceptada por esta Administración Local de Agua Tambopata Inambari.</p> <p>Por lo que comunico, el presente para su conocimiento y fines que amerite.</p> <p>Sin otro particular de momento, me despido de Ud. Reiterando las muestras de mi especial consideración y estima personal.</p>		
<p>Atentamente,</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"><div style="text-align: left;">Ronald Isidro Alcos Pacheco Administrador ALA TAMBOPATA - INAMBARI Autoridad Nacional del Agua</div></div>		
<p>RIAP/sjcc Ca/Arch</p> <p>Jr. Bolognesi N° 301 Macusani - 2do Piso. Telefono: 051-636137 Email: ala-inambari@ana.gob.pe – Web: www.ana.gob.pe Macusani-Puno-Perú</p>		

Anexo N° 8: Muestra de los datos del monitoreo del agua brindados por Autoridad Nacional del Agua

INFORME DE ENSAYO: 33407/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 3

Nº ALS	277397/2019-1.0	277400/2019-1.0	277403/2019-1.0				
Fecha de Muestreo	22/05/2019	22/05/2019	22/05/2019				
Hora de Muestreo	09:31:00	10:50:00	11:22:00				
Tipo de Muestra	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales				
Identificación	RSanG03	RSanG02	RSanG01				
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	LQ	Resultado	Resultado	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUIMICOS							
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	5,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cianuro Libre	11579	mg CN ⁻ /L	0,0006	0,0030	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	mg/L	2	5	< 2	< 2	< 2
Detergentes Aniónicos	12354	mg/L	0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo	11599	mg P/L	0,010	0,100	< 0,010	0,072	< 0,010
Nitrógeno Amoniacal	11620	mg NH3-N/L	0,006	0,062	0,039	0,185	0,032
Nitrógeno Total	11636	mg N/L	0,024	0,071	0,289	0,917	0,408
Sólidos Totales Suspendidos	12440	mg/L	2	5	7	< 2	< 2
Sulfuros	11652	mg/L	0,0004	0,0020	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFÍA - Aniones por Cromatografía Iónica							
Nitratos, NO3 ⁻	8100	mg NO3 ⁻ /L	0,009	0,023	0,729	1,587	0,981
Nitratos, (como N)	8100	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,165	0,359	0,222
Nitritos, NO2 ⁻	8100	mg NO2 ⁻ /L	0,015	0,038	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Nitritos, (como N)	8100	mg NO2-N/L	0,004	0,010	< 0,004	< 0,004	< 0,004
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Totales por ICP-MS							
Plata (Ag)	11420	mg/L	0,000003	0,000010	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003
Aluminio (Al)	11420	mg/L	0,002	0,004	0,223	0,019	0,016
Arsénico (As)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	0,01685	0,01735	0,00042
Boro (B)	11420	mg/L	0,002	0,004	0,253	0,261	0,008
Bario (Ba)	11420	mg/L	0,0001	0,0002	0,0268	0,0366	0,0561
Berilio (Be)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	0,00090	< 0,00002	< 0,00002
Bismuto (Bi)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Calcio (Ca)	11420	mg/L	0,10	0,15	13,31	19,11	23,36
Cadmio (Cd)	11420	mg/L	0,00001	0,00002	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Cobalto (Co)	11420	mg/L	0,00001	0,00002	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001

Fuente: (POMA Mamani, 2020)

Anexo 9: Cálculo de ICARHS para el punto de control 1 del río San Gabán

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN															
PUNTOS DE MUESTREO				PUNTO N° 1: RSgab1											
				EPOCA DE ESTIAJE						EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar			ECA Cat.4	Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20		Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20	
Físico Químicos	pH	pH	6.5 9	8.38	10	8.6	8.8	8.2	1	7.26	8.93	9.58	8.6	7.5	1
	Conductividad	µS/cm	1000	NE	NE	155.1	178.1	118	0	165.5	172.9	145.8	137.5	113	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	>=5	3.39	4.9	2.1	5.47	4	4	3.39	NE	4.45	4.95	5	3
	Demanda Biologica de oxigeno	mq/L	10	<3	<3	<2	1.9	1.9	0	<3	<3	<2	<2	1.9	0
	Solidos suspendidos Totales	mq/L	<400	4	<100	3	1.9	6	0	3	22	<2	9	<3	0
	Aceites y grasas	mq/L	5	NE	NE	< 1.0	0.9	0.09	0	NE	<1	<1	< 0.100	0.09	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.15	NE	<0.15	<0.00003	0.00042	0.0008	0	<0.007	0.00117	0.00049	0.0009	0.0014	0
	Cadmio (Cd)	mq/L	0.00025	<0.00018	<0.00018	<0.00001	<0.00001	0.000099	0	<0.00018	<0.00001	<0.00001	<0.00010	<0.00010	0
	Niquel (Ni)	mq/L	0.052	<0.002	0.05	<0.0002	<0.0002	0.0009	0	<0.002	0.001	<0.0002	0.0005	0.0005	0
	Cobre (Cu)	mq/L	0.1	<0.002	<0.1	0.00048	0.0005	0.0015	0	<0.002	0.0011	<0.00003	0.0006	0.0006	0
	Mercurio (Hg)	mq/L	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.00003	0.00002	0.000049	0	<0.0001	<0.00003	<0.00003	<0.00005	<0.00005	0
	Plomo (Pb)	mq/L	0.0025	<0.001	<0.0025	<0.0002	<0.0002	0.0007	0	<0.001	0.0012	<0.0002	0.0004	0.0003	0
	Zinc (Zn)	mq/L	0.12	0.024	<0.1	0.014	0.2009	0.0079	1	0.009	<0.0100	<0.0100	<0.008	0.019	0
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	mq/L	2000	11	<50	17	11	140	0	27	4.5	7,8	79	2	0
DATOS	Número de parametros que NO cumplen			3						2					
	Número Total de parámetros a Evaluar			14						14					
	Número de datos que NO cumplen el ECA			6						4					
	Número Total de Datos			65						68					
CÁLCULO DE FACTORES DEL IA TÓXICO F1, F2, F3	F1			21.43						14.29					
	F2			9.23						5.88					
	pH	Unidad de pH			0.11							0.06			
	Conductividad	µS/cm													
	Oxígeno Disuelto	mq/L		0.47	0.02	1.38		0.25		0.47		0.12	0.01		
	Demanda Biologica de oxigeno	mq/L													
	Solidos suspendidos Totales	mq/L													
	Aceites y grasas	mq/L													
	Arsénico (As)	mq/L													
	Cadmio (Cd)	mq/L													
	Niquel (Ni)	mq/L													
	Cobre (Cu)	mq/L													
	Mercurio (Hg)	mq/L													
	Plomo (Pb)	mq/L													
Zinc (Zn)	mq/L						0.67								
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL														
Sumatoria de los excedentes			0.04						0.01						
F3			4.29						0.98						
ICARHS			87						91						
			BUENO						BUENO						

Anexo 10: Cálculo de ICARHS para el punto de control 2 del río San Gabán

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN																
PUNTOS DE MUESTREO				PUNTO N° 2: RSgab2												
Parámetros a Evaluar				EPOCA DE ESTIAJE					EPOCA AVENIDA							
				Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20	Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20			
ECA Cat.4	6.5	9	8.8	9.2	8.72	8.77	8	1	7.45	8.3	9.38	8.5	7.8	1		
Físico Químicos	pH	pH	6.5	9	8.8	9.2	8.72	8.77	8	1	7.45	8.3	9.38	8.5	7.8	1
	Conductividad	µS/cm	1000		NE	NE	202.2	166.7	101	0	185.9	190.2	114.9	149.8	162	0
	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=5		3.43	3.8	2.15	6.4	5	3	3.84	NE	5.03	5.64	5	1
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L	10		6	<3	< 2	< 2	1.9	0	<3	<3	< 2	< 2	1.9	0
	Solidos suspendidos Totales	mg/L	<400		5	NE	3	< 2	7	0	7	54	4	47	3	0
	Aceites y grasas	mg/L	5		NE	NE	< 1,0	< 1,0	0.09	0	NE	<1	<1	< 0.100	0.09	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mg/L	0.15		NE	<0.15	0.01601	0.01735	0.0084	0	0.025	0.03175	0.01656	0.016	0.0147	0
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.00025		<0.00018	<0.00025	< 0.00001	< 0.00001	0.000099	0	0.00018	<0.00001	< 0.00001	< 0.00010	< 0.00010	0
	Niquel (Ni)	mg/L	0.052		<0.002	<0.052	< 0.0002	< 0.0002	0.001	0	<0.002	0.0028	0.0005	0.0014	0.0006	0
	Cobre (Cu)	mg/L	0.1		<0.002	<0.1	0.00075	0.00046	0.0011	0	<0.002	0.00218	0.00067	0.0019	0.0011	0
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001		0.0001	<0.0001	< 0.00003	< 0.00003	0.000049	0	<0.0001	<0.00003	< 0.00003	< 0.00005	< 0.00005	0
	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025		<0.001	<0.0025	< 0.0002	< 0.0002	0.0009	0	<0.001	0.0038	< 0.0002	0.0019	0.0004	1
	Zinc (Zn)	mg/L	0.12		0.013	<0.12	0.0165	< 0.0100	0.011	0	0.007	0.019	< 0.0100	0.017	NE	0
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000		110	<200	49	330	1300	0	<1.8	4.5	130	3500	2400	2
DATOS	Número de parametros que NO cumplen						2						4			
	NúmeroTotal de parámetros a Evaluar						14						14			
	Número de datos que NO cumplen el ECA						4						5			
	Número Total de Dats						64						67			
CÁLCULO DE FACTORES DEL IA TÓXICO F1, F2, F3	F1						14.29						28.57			
	F2						6.25						7.46			
	pH	Unidad de pH				0.02							0.04			
	Conductividad	µS/cm														
	Oxígeno Disuelto	mg/L			0.46	0.32	1.33				0.30					
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L														
	Solidos suspendidos Totales	mg/L														
	Aceites y grasas	mg/L														
	Arsénico (As)	mg/L														
	Cadmio (Cd)	mg/L														
	Niquel (Ni)	mg/L														
	Cobre (Cu)	mg/L														
	Mercurio (Hg)	mg/L														
Plomo (Pb)	mg/L										0.52					
Zinc (Zn)	mg/L															
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL												0.75	0.20		
Sumatoria de los excedentes						0.03						0.03				
F3						3.21						2.64				
ICARHS								91								
				BUENO								BUENO				

Anexo 11: Cálculo de ICARHS para el punto de control 3 del río San Gabán

CÁLCULO DEL INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN															
PUNTOS DE MUESTREO				PUNTO N° 3: RSgab3											
				EPOCA DE ESTIAJE					EPOCA AVENIDA						
Parámetros a Evaluar			ECA Cat.4	Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20		Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20	
Físico Químicos	pH	pH	6.5 9	7.58	9.1	8.6	8.03	7.7	1	7.93	7.80	8.41	7.70	7.20	0
	Conductividad	µS/cm	1000	NE	120	130.4	141.5	86	0	154.54	123.90	102.90	109.90	128.00	0
	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=5	5.35	4.9	3.14	7.27	7	2	5.32	NE	6.46	6.90	6.00	0
	Demanda Biologica de oxígeno	mg/L	10	<3	<3	<2	<2	1.9	0	<3	NE	<2	<2	1.90	0
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L	<400	62.8	NE	6	7	64	0	19.00	34.00	23.00	65	13.00	0
	Aceites y grasas	mg/L	5	NE	NE	<1.0	<1.0	0.09	0	NE	<1	<1	<0.100	NE	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mg/L	0.15	NE	<0.15	0.01766	0.01685	0.0132	0	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.00025	<0.00018	<0.00025	<0.00001	<0.00001	0.000099	0	<0.00018	<0.00001	<0.00001	0.00033	<0.00010	1
	Níquel (Ni)	mg/L	0.052	<0.002	<0.052	0.0006	0.0005	0.005	0	<0.002	0.0024	0.0008	0.003	0.0009	0
	Cobre (Cu)	mg/L	0.1	<0.002	<0.1	0.0006	<0.00003	0.0022	0	<0.002	0.00218	0.00067	0.0019	0.0015	0
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.00003	<0.00003	0.000049	0	<0.0001	<0.00003	<0.00003	<0.00005	<0.00005	0
	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.001	<0.0025	0.0009	0.0009	0.0105	1	<0.001	0.008	0.0022	0.0088	0.0069	3
	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0.04043	<0.12	0.0264	0.0367	0.041	0	0.03	0.06	0.03	0.03	0.07	0.05
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	220	<150	330	79	330	0	220.00	2.00	<1,8	79	330	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			3					2						
	Número Total de parámetros a Evaluar			14					14						
	Número de datos que NO cumplen el ECA			4					4						
	Número Total de Datos			65					66						
CÁLCULO DE FACTORES DEL IA TÓXICO F1, F2, F3	F1			21.43					14.29						
	F2			6.15					6.06						
	pH	Unidad de pH			0.01										
	Conductividad	µS/cm													
	Oxígeno Disuelto	mg/L			0.02	0.59									
	Demanda Biologica de oxígeno	mg/L													
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L													
	Aceites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L											0.32		
	Níquel (Ni)	mg/L													
	Cobre (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
	Plomo (Pb)	mg/L						3.20			2.20		2.52	1.76	
	Zinc (Zn)	mg/L													
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL														
Sumatoria de los excedentes				0.06					0.10						
F3				5.56					9.34						
ICARHS				87					90						
				BUENO					BUENO						

Anexo 12: Cálculo de ICARHS para el punto de control 4 del río San Gabán

CÁLCULO DEL INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN																
PUNTOS DE MUESTREO			PUNTO N° 4: RSgab4													
			EPOCA DE ESTIAJE						EPOCA AVENIDA							
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4		Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20	Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20			
Físico Químicos	pH	pH	6.5	9	10.01	11	8.25	7.97	7.8	2	10.87	8.02	8.29	7.8	7.2	1
	Conductividad	µS/cm	1000		NE	NE	152.3	150.3	97	0	178	151.1	115.6	113.8	7.2	0
	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=5		5.5	5.1	3.77	7.32	7	1	5.2	NE	6.29	6.9	5	0
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L	10		<3	<3	<2	<2	1.9	0	<3	<3	<2	<2	1.9	0
	Solidos suspendidos Totales	mg/L	<400		67.7	NE	7	6	55	0	26	34	18	88	19	0
	Aceites y grasas	mg/L	5		NE	NE	<1.0	<1.0	0.09	0	NE	<1	<1	<0.100	0.09	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mg/L	0.15		NE	<0.15	0.01955	0.0178	0.0128	0	0.029	0.02462	0.01778	0.0237	0.0255	0
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.00025		<0.00018	<0.00020	<0.00001	<0.00001	0.000099	0	<0.00018	0.0003	<0.00001	<0.00010	<0.00010	1
	Niquel (Ni)	mg/L	0.052		<0.002	<0.050	0.0014	0.0016	0.0029	0	<0.002	0.0035	0.0021	0.0048	0.0026	0
	Cobre (Cu)	mg/L	0.1		<0.002	<0.09	0.00055	0.00069	0.0022	0	<0.002	0.00116	0.00079	0.0039	0.0021	0
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001		0.0001	<0.0001	<0.00003	<0.00003	0.000049	0	<0.00005	<0.00003	<0.00003	<0.00005	<0.00005	0
	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025		<0.001	<0.0020	0.0006	0.0007	0.0087	1	<0.001	0.0053	0.0016	0.01	0.007	3
	Zinc (Zn)	mg/L	0.12		0.03651	<0.12	0.0239	0.0248	0.035	0	0.034	0.0476	0.0235	0.079	0.045	0
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000		3300.00	990.00	9400	11000	7000.00	4	23000	4600	330	5400	2000	3
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			4						4						
	Número Total de parámetros a Evaluar			14						14						
	Número de datos que NO cumplen el ECA			8						8						
	Número Total de Dats			64						68						
CÁLCULO DE FACTORES DEL IA TÓXICO F1, F2, F3	F1			28.57						28.57						
	F2			12.50						11.76						
	pH	Unidad de pH		0.11	0.22					0.21						
	Conductividad	µS/cm														
	Oxígeno Disuelto	mg/L			0.33											
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L														
	Solidos suspendidos Totales	mg/L														
	Aceites y grasas	mg/L														
	Arsénico (As)	mg/L														
	Cadmio (Cd)	mg/L									0.20					
	Niquel (Ni)	mg/L														
	Cobre (Cu)	mg/L														
	Mercurio (Hg)	mg/L														
Plomo (Pb)	mg/L							2.48		1.12		3.00	1.80			
Zinc (Zn)	mg/L															
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL			0.65		3.70	4.50	2.50		10.50	1.30		1.70			
Sumatoria de los excedentes			0.23						0.29							
F3			18.46						22.58							
ICARHS			76						78							
			REGULAR						REGULAR							

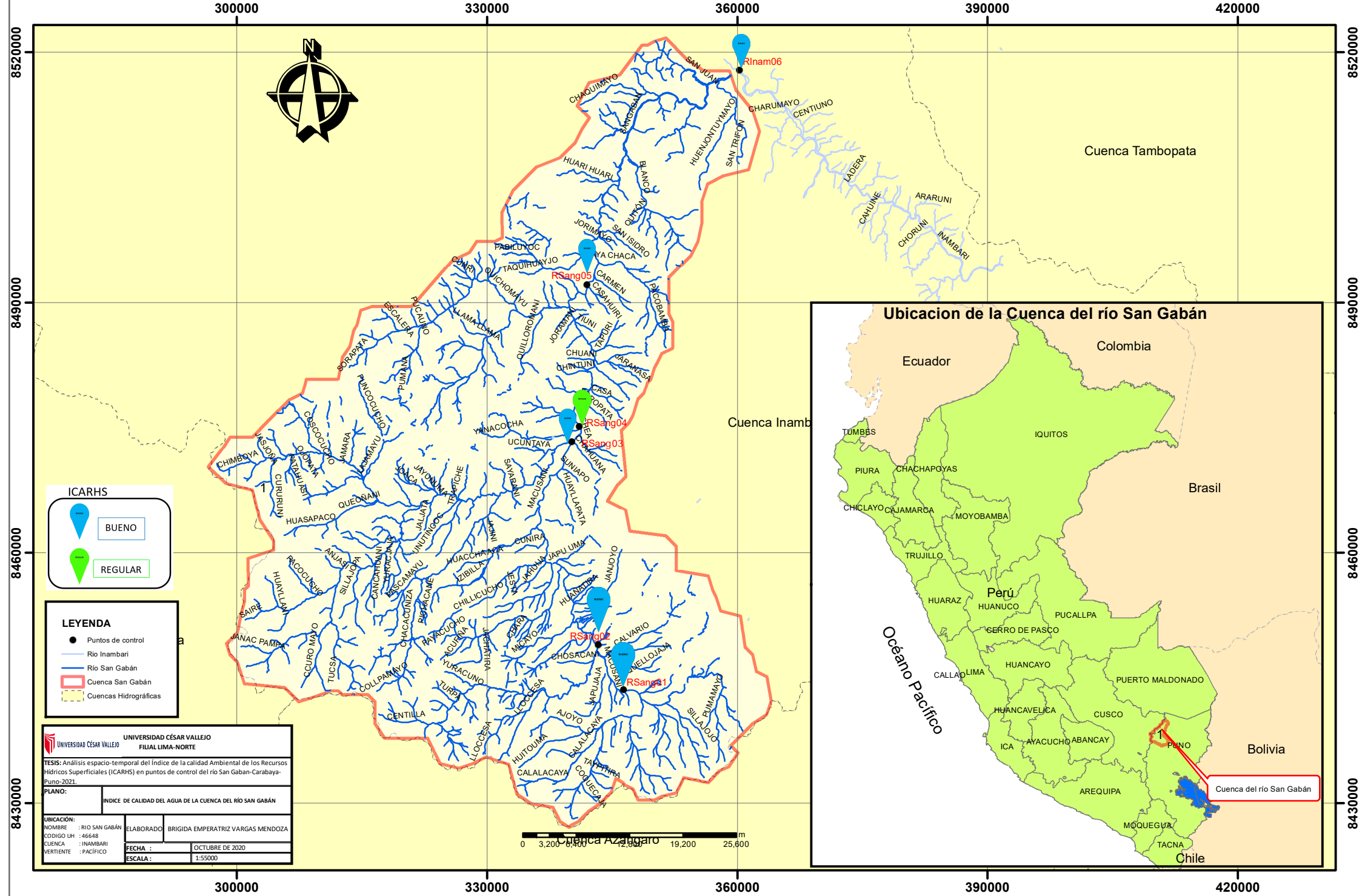
Anexo 13: Cálculo de ICARHS para el punto de control 5 del río San Gabán

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN															
PUNTO N° 5: RSgab5															
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					EPOCA AVENIDA							
Parámetros a Evaluar			ECA Cat.4	Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20		Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20	
Físico Químicos	pH	pH	6.5 9	8.26	11.5	8.17	7.88	7.6	1	7.41	7.52	8.06	7.7	8.1	0
	Conductividad	mg/L	1000	NE	NE	128.2	92.37	74	0	134.2	105.9	72.74	53.89	129	0
	Oxígeno Disuelto	µS/cm	>=5	6.67	7	9.58	9.29	9	0	6.54	6.85	7.95	9.2	6	0
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L	10	4	3	< 2	< 2	1.9	0	<3	<3	< 2	< 2	1.9	0
	Solidos suspendidos Totales	mg/L	<400	85	NE	3	4	42	0	10	13	13	96	16	0
	Aceites y grasas	mg/L	5	NE	NE	< 1,0	< 1,0	0.09	0	NE	<1	<1	< 0.100	0.09	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mg/L	0.15	NE	<0.010	0.01251	0.00937	0.0094	0	<0.007	0.01318	0.00869	0.0197	0.0195	0
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.00025	<0.00018	<0.00019	< 0.00001	< 0.00001	0.000099	0	<0.00018	<0.00001	< 0.00001	< 0.00010	0.00009	0
	Niquel (Ni)	mg/L	0.052	<0.002	<0.05	0.001	0.0009	0.0023	0	<0.002	0.0014	0.0015	0.0071	0.0018	0
	Cobre (Cu)	mg/L	0.1	<0.002	0.001	0.00048	0.0007	0.0016	0	0.006	0.00183	0.00068	0.0077	0.0012	0
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001	< 0.00003	< 0.00003	0.000049	0	<0.0001	<0.00003	< 0.00003	< 0.00005	< 0.00005	0
	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	<0.001	<0.00025	< 0.0002	0.0005	0.005	1	<0.001	0.0014	0.0013	0.0166	0.003	2
	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0.041	<0.12	0.0164	< 0.0100	0.032	0	0.032	0.0194	0.0134	0.042	0.022	0
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	4600	80	170	110	700	1	33000	33	49	1100	2800	2
DATOS	Número de parametros que NO cumplen			3					2						
	Número Total de parámetros a Evaluar			14					14						
	Número de datos que NO cumplen el ECA			3					4						
	Número Total de Datos			64					69						
CÁLCULO DE FACTORES DEL IA TÓXICO F1, F2, F3	F1			21.43					14.29						
	F2			4.69					5.80						
	pH	Unidad de pH		0.28											
	Conductividad	µS/cm													
	Oxígeno Disuelto	mg/L													
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L													
	Solidos suspendidos Totales	mg/L													
	Aceites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L													
	Niquel (Ni)	mg/L													
	Cobre (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
Plomo (Pb)	mg/L						1.00					5.64	0.20		
Zinc (Zn)	mg/L														
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL		1.30							15.50				0.40	
Sumatoria de los excedentes			0.04					0.32							
F3			3.87					23.96							
ICARHS			83					84							
			BUENO					BUENO							

Anexo 14: Cálculo de ICARHS para el punto de control 6 del río San Gabán

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO SAN GABAN															
PUNTOS DE MUESTREO			PUNTO N° 6: Rinam1												
Parámetros a Evaluar			EPOCA DE ESTIAJE						EPOCA AVENIDA						
ECA Cat.4			Abr-16	Ago-17	May-18	May-19	Mar-20		Nov-16	Dic-17	Nov-18	Nov-19	Nov-20		
Físico Químicos	pH	pH	6.5 9	6.43	7.9	7.24	7.02	7.6	1	6.49	6.25	7.35	8.7	7.5	2
	Conductividad	µS/cm	1000	NE	NE	41.65	41.08	37	0	47.44	25.82	24.64	28.28	51	0
	Oxígeno Disuelto	mg/L	>=5	8.1	7.4	5.97	9.31	10	0	7.32	7.69	8.94	4.7	5	1
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L	10	<3	<3	< 2	1.9	1.9	0	<3	<3	< 2	< 2	2	0
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L	<400	634	370	67	147	147	1	44	91	156	1337.00	815.00	2
Aceites y grasas	mg/L	5	NE	NE	< 1.0	< 1.0	0.09	0	NE	<1	< 1.0	< 0.100	0.09	0	
INORGANICOS	Arsénico (As)	mg/L	0.15	NE	0.01	0.0122	0.0043	0.0067	0	<0.007	0.00471	0.00423	0.0422	0.0086	0
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.00025	<0.00018	NE	< 0.00001	< 0.00001	0.000099	0	<0.00018	<0.00001	< 0.00001	< 0.00010	0.00009	0
	Níquel (Ni)	mg/L	0.052	0.018	0.003	0.0073	0.0066	0.0056	0	0.012	0.0114	0.0069	0.0485	0.0045	0
	Cobre (Cu)	mg/L	0.1	0.011	0.001	0.00252	0.00263	0.0036	0	<0.002	0.00411	0.00298	0.0482	0.0018	0
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.0001	NE	< 0.00003	< 0.00003	0.000049	0	<0.0001	<0.00003	< 0.00003	< 0.00005	< 0.00005	0
	Plomo (Pb)	mg/L	0.0025	0.016	0.005	0.0008	0.0009	0.0205	3	<0.001	0.0021	0.0019	0.0281	0.0016	1
	Zinc (Zn)	mg/L	0.12	0.068	0.003	0.0234	0.0133	0.027	0	0.021	0.0219	0.0146	0.132	0.014	1
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2000	490	50	79	7.8	790	0	49	49	< 1.8	170	240	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			3						5					
	Número Total de parámetros a Evaluar			14						14					
	Número de datos que NO cumplen el ECA			5						7					
	Número Total de Datos			63						69					
CÁLCULO DE FACTORES DEL IA TÓXICO F1, F2, F3	F1			21.43						35.71					
	F2			7.94						10.14					
	pH	Unidad de pH		0.01						0.00	0.04				
	Conductividad	µS/cm													
	Oxígeno Disuelto	mg/L											0.06		
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L													
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L		0.59									2.34	1.04	
	Aceites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L													
	Níquel (Ni)	mg/L													
	Cobre (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
	Plomo (Pb)	mg/L		5.40	1.00			7.20						10.24	
Zinc (Zn)	mg/L												0.10		
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL														
Sumatoria de los excedentes			0.23						0.20						
F3			18.39						16.69						
ICARHS			83						76						
			BUENO						REGULAR						

ANEXO 15: RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA EN PUNTOS DE CONTROL DE LA CUENCA DEL RIO SAN GABÁN DURANTE ÉPOCA-ESTIAJE



ICARHS

BUENO
 REGULAR

LEYENDA

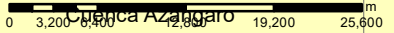
- Puntos de control
- Río Inambari
- Río San Gabán
- ▭ Cuenca San Gabán
- ▭ Cuenca Hidrográficas

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 FILIAL LIMA-NORTE

TESIS: Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021.

PLANO: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RIO SAN GABÁN

UBICACIÓN:	INOMBRE : RIO SAN GABÁN	ELABORADO:	BRIGIDA EMPERATRIZ VARGAS MENDOZA
	CODIGO UH : 46648		
	CUENCA : INAMBARI		
	VERTIENTE : PACÍFICO		
	FECHA : OCTUBRE DE 2020		
	ESCALA : 1:55000		



ANEXO 16: RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA EN PUNTOS DE CONTROL DE LA CUENCA DEL RIO SAN GABÁN DURANTE ÉPOCA-AVENIDA

