

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DECANATO DE POSGRADO



**MAESTRÍA EN INGENIERIA AMBIENTAL MENCIÓN SANEAMIENTO
AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MASTER EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA
DEL ESTERO ORIENCO MEDIANTE ANÁLISIS
FISICOQUÍMICOS Y LA APLICACIÓN DEL ICA-NSF,
CANTÓN LAGO AGRIO, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS.”**

AUTOR:

M.Sc. JORGE LENIN LEÓN ARCOS

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

M.Sc. BILLY CORONEL

PUYO- ECUADOR

2022

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVE

Actualmente las cuencas hidrográficas en la región amazónica tienen problemas de contaminación producto de la continua urbanización que vierte en su cauce aguas residuales sin previo tratamiento, disminuyendo su capacidad de uso. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua del estero Orienco ubicado en el cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos establecidos en el Anexo 1 del AM 097-A y la aplicación de los índices de calidad de agua propuesto por Brown et al. (1970) y el calibrado por Moretto et al. (2012) para ecosistemas acuáticos de la región amazónica. En Julio del 2022 se tomaron cuatro muestras simples con un criterio aleatorio y comparativo con los puntos de muestreo establecidos por el trabajo de (Sinche et al., 2022). Los resultados de los análisis de las muestras en cada punto de monitoreo fueron graficados e interpretados por cada parámetro (coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos, oxígeno disuelto, potencial hidrógeno, sólidos disueltos totales, turbidez, temperatura); para el análisis comparativo con la normativa vigente se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon. Se realizó la prueba estadística de t-Student para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los parámetros de las muestras descritos por Sinche F., et al en 2022 (diciembre 2019) y el presente estudio (julio 2022) para caracterizar la relación histórica de los mismos en la escala de tiempo. En una matriz de Excel se determinó el Índice de calidad de agua propuesto por Brown et al. (1970) con los pesos relativos establecidos por cada parámetro mientras que, para determinar el Índice de calidad de agua calibrado por Moretto et al. (2012) se utilizó el software IQADdata. Además, se realizó un diagrama de dispersión que muestran la correlación entre los parámetros y una estimación de densidad de Kernel con proyecciones de tendencia.

Palabras claves: Índice de calidad de agua, Orienco, Lago Agrio, Parámetros fisicoquímico.

ABSTRACT Y KEYWORDS

Currently, the hydrographic basins in the Amazon region have pollution problems as a result of the continuous urbanization that pours wastewater into its channel without prior treatment, reducing its capacity for use. The objective of this research was to evaluate the water quality of the Orienco estuary located in the Lago Agrio canton, Sucumbíos province through the analysis of physicochemical parameters established in Annex 1 of AM 097-A and the application of the proposed water quality indices. by Brown et al. (1970) and the one calibrated by Moretto et al. (2012) for aquatic ecosystems of the Amazon region. In July 2022, four simple samples were taken with a random and comparative criterion with the sampling points established by the work of (Sinche et al., 2022). The results of the analysis of the samples at each monitoring point were graphed and interpreted for each parameter (faecal coliforms, biochemical oxygen demand, phosphates, nitrates, dissolved oxygen, potential hydrogen, total dissolved solids, turbidity, temperature); For the comparative analysis with the current regulations, the non-parametric Wilcoxon test was applied. The t-Student statistical test was performed to determine if there were statistically significant differences between the values of the parameters of the samples described by Sinche F., et al in 2022 (December 2019) and the present study (July 2022) to characterize the historical relationship of the same in the time scale. In an Excel matrix, the Water Quality Index proposed by Brown et al. (1970) with the relative weights established for each parameter while, to determine the Water Quality Index calibrated by Moretto et al. (2012) the IQADdata software was used. In addition, a scatter diagram was made showing the correlation between the parameters and a Kernel density estimate with trend projections.

Keywords: Water quality index, Orienco, Lago Agrio, Physicochemical parameters.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.5. OBJETIVO GENERAL	3
1.5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2. BASES TEÓRICAS	4
2.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	4
2.2. CALIDAD DE AGUA.....	4
2.3. MONITOREO DE LA CALIDAD EN CUERPOS DE AGUA.....	4
2.4. MUESTREO	5
2.5. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA	5
2.5.1. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA SEGÚN MORETTO ET AL. (2012).....	5
2.5.2. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA –NSF.....	5
2.5.2.1. TEMPERATURA	6
2.5.2.2. TURBIEDAD.....	6
2.5.2.3. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)	6
2.5.2.4. pH.....	6
2.5.2.5. FOSFATOS (PO ₄).....	6
2.5.2.6. NITRATOS (NO ₃).....	7
2.5.2.7. OXÍGENO DISUELTO	7
2.5.2.8. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)	8
2.5.2.9. COLIFORMES FECALES	8
2.6. CAUDAL.....	8

2.7. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN R.....	8
2.7.1. RStudio.....	9
2.8. MARCO LEGAL.....	9
2.8.1. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR DEL 2008	9
2.8.1. ACUERDO MINISTERIAL 097-A. REFORMA DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.....	10
CAPÍTULO III	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	12
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	12
3.4. TRATAMIENTO DE DATOS.....	13
3.4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	13
3.4.2. MEDICIÓN DE CAUDALES.....	14
3.4.3. TOMA Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	16
3.4.4. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA.	17
3.4.5. CÁLCULO DEL MODELO MATEMÁTICO ICA-NSF	18
3.4.6. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA POR MORETTO ET AL. (2012).....	21
3.4.7. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS CONFORME AL ANEXO 1 DEL ACUERDO MINISTERIAL 097-A.....	22
3.4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS CON RSTUDIO	22
3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES	23
CAPÍTULO IV	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) POR BROWN R. M., (1970).	24
4.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA CALIBRADO POR MORETTO ET AL., (2012).25	
4.3. CAUDAL	26
4.4. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS CONFORME AL ANEXO 1 DEL ACUERDO MINISTERIAL 097-A DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE, 2015).....	27

4.5. VARIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS....	29
4.5.1. PARÁMETROS FÍSICOS.....	29
4.5.1.1. TEMPERATURA	29
4.5.1.2. TURBIDEZ	31
4.5.1.3. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)	32
4.5.2. PARÁMETROS QUÍMICOS.....	33
4.5.2.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO	33
4.5.2.2. FOSFATOS	35
4.5.2.3. NITRATOS	36
4.5.2.4. OXÍGENO DISUELTO	38
4.5.2.4. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	40
4.5.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	43
4.5.3.1. COLIFORMES FECALES	43
4.6. MATRIZ DE DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN.....	43
5. CONCLUSIONES.....	46
6. RECOMENDACIONES	47
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
8. ANEXOS	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para determinar la velocidad de la corriente.	14
Ecuación 2. Fórmula para determinar el área de una sección.....	15
Ecuación 3. Fórmula para determinar el área total.	16
Ecuación 4. Fórmula para determinar el caudal.	16
Ecuación 5. Fórmula para determinar el índice de calidad de agua.	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.	12
Figura 2. Puntos de muestreo con su equidistancia lineal.	14
Figura 3. Comportamiento del índice de calidad del agua en cada punto de muestreo.	25
Figura 4. Resultados del índice de calidad del agua calibrado por Moretto et al., (2012).	25
Figura 5. Variación del caudal en los puntos de muestreo.	26
Figura 6.- Variación de la temperatura en los diferentes puntos de muestreo.....	30
Figura 7.- Comparación de los estudios temperatura entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).	31
Figura 8.- Variación de la turbidez en los diferentes puntos de muestreo.....	32
Figura 9.- Variación de los solidos disueltos totales en los diferentes puntos de muestreo.	33
Figura 10.- Variación del pontencial hidrógeno pH en los diferentes puntos de muestreo.	34
Figura 11.- Variación del pontencial hidrógeno en los estudios compartivos.....	34
Figura 12.- Comparación de los estudios del potencial hidrógeno pH en los estudios entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).	35
Figura 13.- Variación del fosfato en los diferentes puntos de muestreo.	36
Figura 14.- Variación de los nitratos en los diferentes puntos de muestreo.	37
Figura 15.- Comparación de los estudios de los nitratos entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).	38
Figura 16.- Variación del oxigeno disuelto en los diferentes puntos de muestreo.	39
Figura 17.- Comparación de los estudios de oxigeno disuelto entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).	40
Figura 18.- Variación de la Demanda Bioquimica de Oxigeno en los diferentes puntos de muestreo.	41
Figura 19. Variación de la Demnada Bioquímica de Oxígeno en los estudios comparativos.	42

Figura 20.- Comparación de los estudios de la demanda bioquímica de oxígeno entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).	42
Figura 21.- Variación de los coliformes fecales en los diferentes puntos de muestreo.	43
Figura 22.- Matriz de diagramas de dispersión que muestran la correlación entre los parámetros	44
Figura 23.- Estimación de densidad de Kernel y la proyección de las tendencias para cada parámetro	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de muestreo de agua en el Estero Orienco.....	13
Tabla 2. Factor de corrección de la velocidad.	15
Tabla 3. Métodos de análisis de los diferentes parámetros.	17
Tabla 4. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA NSF”	18
Tabla 5. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....	20
Tabla 6. Parámetros y pesos relativos del ICA.....	21
Tabla 7. Recursos utilizados para la investigación.....	23
Tabla 8. Resultados del índice de calidad del agua NSF.....	24
Tabla 9. Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes en el Acuerdo Ministerial 097 A, la tabla 2. criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulce y la Tabla 9, correspondiente a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla 2. Los criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marina y estuarios.....	54
Anexo 2. Tabla 9. Los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	55

Anexo 3. Velocidad del flotador en los puntos de muestreo.....	57
Anexo 4. Toma de muestras en el estero Orienco.....	57
Anexo 5. Muestras etiquetadas.....	57
Anexo 6. Curvas Funcionales WQI-NSF (1970).	58
Anexo 7. Pronóstico del tiempo por localidades.....	63
Anexo 8. Resultados del laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del estero Orienco.	64
Anexo 9. Determinación del Índice de calidad de agua NSF.....	68
Anexo 10. Determinación del Índice de calidad de agua calibrado por Moretto et al., (2012).70	
Anexo 11. Codificación en Rstudio.	74

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se conoce que el 71% de la superficie del planeta Tierra está cubierta de agua, de la cual el 0,75% (8 millones de km³) es agua dulce, repartida en aguas superficiales y subterráneas y el 0.2% flota en la atmósfera, es por esto que la calidad del agua potable es un factor determinante en el bienestar humano (Baque-Mite, y otros, 2016). Tener agua de calidad es un derecho y una necesidad de todo hombre, mujer y niño, ya que permite revertir el ciclo de pobreza, pues mejora la salud. La calidad de las reservas de agua dulce del mundo está cada vez más amenazada por la contaminación. Si bien el agua tiene contaminantes naturales, se contamina cada vez más a causa de las actividades de los seres humanos, el manejo inadecuado de las aguas residuales, el vertido de desechos, las malas prácticas agrícolas y los derrames de sustancias químicas en zonas industriales (CAWST, 2013).

Ecuador es un país abundante en agua, pero no en calidad; alrededor del 70% de sus ríos se hallan en procesos críticos de contaminación (FLACSO, 2008). Según Canchapoma et al. (2016) en las últimas décadas, la degradación de los recursos hídricos es una preocupación para la sociedad, entorno a ello, las personas comprenden y protegen cada vez más los ecosistemas acuáticos, incorporando conocimientos de estudios sobre calidad de agua donde la estimación de parámetros físicos, químicos y biológicos evalúan los cambios en el tiempo, estimando el efecto de la intervención humana.

Pérez et al. (2020) manifiestan que continuamente existen nuevos contaminantes que son descargados en los ríos, por lo cual se debe establecer un monitoreo permanente de los mismos e implementar metodologías para establecer integralmente investigaciones que determinen la calidad de nuestros recursos hídricos. Nugra et al. (2016), define que, desde hace varios años, la calidad del agua no se limita a sus atributos fisicoquímicos, sino por otros criterios importantes como lo es el componente biológico y el análisis ICA. Por ello Roldán (2016), aclara que se deben realizar un monitoreo integral que sirvan de aporte para evaluar la calidad del agua de los ríos. Para Fernández (2003), la estimación de la calidad del agua se entiende como el análisis químico, físico y biológico, en relación con la calidad natural y para hacer más simple la interpretación de los datos se emplea índices de calidad de agua (NSF), siendo éste una herramienta práctica de fácil interpretación.

El estero Orienco es de gran importancia para la población y las autoridades locales cuya corresponsabilidad radica en la aplicabilidad de principios de desarrollo sostenible, el cuerpo hídrico atraviesa la zona urbana del cantón Lago Agrio dónde se enfoca el estudio. En este espacio se desarrolla actividades antrópicas que de una u otra manera genera contaminación al estero mediante descargas de aguas residuales, desechos arrojados, agrícolas e industriales. En esta investigación se realizará un diagnóstico para evaluar la calidad del estero Orienco, mediante análisis fisicoquímicos lo que permitirá conocer el estado actual del cuerpo hídrico que cuenta con una extensión de 11.868 km. Esta información contribuirá a la obtención de datos actualizados sobre la calidad de agua y con ello programar acciones que permitan eliminar o mitigar los impactos adversos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo las actividades domiciliarias producto del incremento poblacional del cantón Lago Agrio disminuye la capacidad de uso del agua del estero Orienco?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La continua urbanización genera problemas ambientales en las cuencas hidrográficas de la región amazónica que, si bien son abundantes, pero presentan problemas de calidad (Sucoshañay y Gutiérrez, 2015). En el cantón Lago Agrio la tasa de crecimiento poblacional anual es de 3.6% lo cual supone un incremento directamente proporcional de las actividades contaminantes generadas; El estero Orienco atraviesa el cantón Lago Agrio y sirve de soporte para actividades domiciliarias que vierten en su cauce aguas residuales sin previo tratamiento, convirtiéndolo en un foco de contaminación no solo en el aspecto visual y efluvio, sino también como un problema de salubridad.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La calidad de agua en el Estero Orienco es mala, por lo tanto, no cumple con los parámetros establecidos en el Anexo 1 referente a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua del Acuerdo Ministerial 097-A.

1.5. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de agua del estero Orienco ubicado en el cantón Lago Agrio provincia de Sucumbíos mediante análisis fisicoquímicos y la aplicación de ICA-NSF.

1.5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos del estero Orienco.
- Determinar el Índice de calidad de agua propuesto por Brown et al. (1970) y el ICA calibrado por Moretto et al. (2012) en la zona de estudio.
- Demostrar si los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. BASES TEÓRICAS

2.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general, Acuerdo Ministerial No. 028. Ministerio del Ambiente (2015).

2.2. CALIDAD DE AGUA

“Se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano” Lenntech (2006). La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades, tales como: eda, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua (Briñez, Guarnizo & Arias, 2012).

2.3. MONITOREO DE LA CALIDAD EN CUERPOS DE AGUA

“Implica el seguimiento sistemático a través del muestreo y toma de datos de campo a intervalos de tiempo definidos para la obtención de información que permita evaluar que los parámetros de calidad guarden relevancia con los usos del cuerpo receptor” Acuerdo Ministerial No. 028. Ministerio del Ambiente (2015).

2.4. MUESTREO

“Proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas” Acuerdo Ministerial No. 028. Ministerio del Ambiente (2015).

2.5. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Un índice de calidad de agua, hace referencia a una expresión simple de una combinación de diferentes parámetros, los cuales sirven para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo este una herramienta para transmitir dicha información. El índice puede ser representado por un número, un rango, un símbolo o un color y cuya ventaja radica, en que la información puede ser fácilmente interpretada (Fernandez Parada & Solano Ortega, 2005).

2.5.1. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA SEGÚN MORETTO ET AL. (2012).

Para evaluar la calidad del agua de sistemas lóticos en el sur del Brasil, Moretto et al. (2012) realizaron una calibración del ICA desarrollado por la National Sanitation Foundation de los Estados Unidos, evaluando la calidad del agua de la Cuenca Hidrográfica del Río Pardo, región subtropical y templada en el Estado del Rio Grande del Sur. Para la calibración fueron modificados los pesos de las variables que se utilizan para el cálculo del ICA, teniendo como base la Normativa 357/2005 del Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005)

2.5.2. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA –NSF

El índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporation's" (Ball & Church, 1980). Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. Cuenta con 9 parámetros que son: temperatura coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fosfatos nitratos, sólidos disueltos totales, pH, oxígeno disuelto, turbiedad y temperatura.

2.5.2.1. TEMPERATURA

Es una medida de energía térmica o calor presente en las partículas de una sustancia Soluble. Este parámetro se relaciona con el oxígeno disuelto del agua debido a que al incremento de la temperatura reduce el porcentaje de oxígeno en el agua y por lo general aumenta la solubilidad de las sales lo que a su vez acelerará la tasa de reacciones metabólicas y la biodegradación (Minaya Vela, 2017).

El cambio de temperatura del agua depende de la oscilación del ciclo de luz solar (variación día/noche) y la estación anual. Generalmente, a medida que se eleva la temperatura, reduce la cantidad de oxígeno en el agua aumentando la reproducción de microorganismos patógenos y destruyendo el ecosistema acuático (Zouiten, 2012).

2.5.2.2. TURBIEDAD

La turbiedad mide el nivel de transmitancia de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación a materia suspendida coloidal y residual, la turbiedad varía de acuerdo a la fuente de luz y el método de medición, la turbiedad del agua se mide en unidades de NTU (Trujillo et al., 2014).

2.5.2.3. SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

Es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad de agua donde se sugiere un máximo de 500 mg/l en agua potable (Bauder, 2017).

2.5.2.4. pH

El potencial hidrogeno (pH) es el coeficiente que muestra el grado de acidez o basicidad en un líquido, a partir del 0 al 7 en la escala indican las soluciones ácidas y de 7 a 14 indican soluciones alcalinas (Bauder, 2017).

2.5.2.5. FOSFATOS (PO₄)

Este compuesto se puede encontrar en heces de aves, rocas de fosfato y en sedimentos de

animales fosilizados los cuales pueden ser liberados hacia los recursos hídricos por medio de la erosión o lixiviación depositándose como sedimentos en los ecosistemas acuáticos (Bolaños Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017).

Una de las principales posibilidades de que los fosfatos entren al cuerpo de agua es por medio de la lluvia y acción de la escorrentía. Concentraciones excesivas de este parámetro en los cuerpos de agua, estimulan el desarrollo de plantas acuáticas y el aumento de la población de peces, llevando a consumir grandes cantidades de oxígeno y además afecta de forma negativa, impidiendo la entrada de los rayos del sol al agua alterando la vida acuática y produciéndose el proceso de eutrofización (Mendoza Caicedo & Rodriguez Lindao, 2018).

2.5.2.6. NITRATOS (NO₃)

El nitrato es un contaminante común que se encuentra en el agua subterránea y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles, es inodoro e incoloro sus principales fuentes se concentran en agentes de limpieza, fertilizantes, estiércol, compost e inclusive en pozos sépticos que llegan al recurso hídrico mediante lixiviación y escorrentía (Jean, 2013). Según Pérez y Ortega (2018), este compuesto participa en forma de nutrientes y provoca la eutrofización en el agua aumentando el consumo de oxígeno y la destrucción de los organismos acuáticos.

2.5.2.7. OXÍGENO DISUELTO

Se refiere a la dosis de oxígeno en forma disuelta presente en el agua. Un cuerpo de agua superficial limpia suele estar llena de oxígeno, lo cual es esencial y de gran importancia para los organismos acuáticos. Por otro lado, si el contenido de este parámetro es relativamente bajo, indica que está contaminada por materia orgánica, además, presenta una mala calidad de este recurso el cual no podrá soportar ciertas formas de organismos acuáticos (Villegas Jiménez, 2011).

El oxígeno disuelto varía mucho según la época de lluvias y la temperatura ambiental. Por lo tanto, mientras más baja sea la temperatura del agua (5°C-10°C) y exista la presencia de caudales altos, mayor será la concentración de este parámetro, lo que favorecerá a la disolución

del oxígeno en el agua (Muñoz, Orozco, Vera, Suárez, & Jiménez, 2015).

2.5.2.8. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)

Representa el oxígeno total consumido en los 5 primeros días por los microorganismos que se encargan de biodegradar la materia orgánica en los cuerpos de agua. Su valor revela la calidad que adopta el agua desde la perspectiva de la presencia de materia orgánica y puede predecir la dosis de oxígeno necesaria para depurar esta agua (Muñoz Nava & Suárez Sánchez, 2012).

2.5.2.9. COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales son microorganismos capaces de producir enfermedades, pertenecen a un subgrupo específico de las bacterias fecales, siendo el grupo de *Escherichia Coli* el más común, los cuales poseen la capacidad de crecer a temperaturas elevadas y permiten detectar la existencia de heces en el agua siendo sus fuentes principales las explotaciones ganaderas, agrícolas y las zonas urbanas. Según Carrillo y Urgilés (2016), la presencia de los coliformes fecales es un indicador de la calidad de agua, en los medios acuáticos los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales, porque su origen es principalmente fecal. Al presentarse éstos en el agua indican que existen contaminación de tipo microbiológico, lo que puede provocar enfermedades intestinales en personas que la consumen.

2.6. CAUDAL

Según González Valencia, (2014), el caudal de agua es el volumen, por ejemplo, la cantidad de litros, que pasa por una sección específica de la quebrada, río o arroyo en un tiempo determinado, por ejemplo, segundos.

2.7. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN R

Es un lenguaje que está orientado al análisis y presentación de información estadística (The R Project, s/f). Por ende, incluye ya entre sus librerías las formas de realizar distintos análisis estadísticos, así como varias formas de representar la información obtenida de manera gráfica. De igual forma, su sintaxis está orientada para trabajar con datos estadísticos (es decir, datos

que normalmente se representan a través de una o varias tablas) (Corral , 2021). Para el presente proyecto se escribió el código de R por medio de RStudio.

2.7.1. RStudio

RStudio es un entorno de desarrollo integrado (comúnmente llamado IDE por sus siglas en inglés de Integrated Development Environment) para el lenguaje R. RStudio simplifica la creación y trabajo de proyectos de R de distintos tipos, así como proveer facilidades y servicios que complementan el desarrollo como la instalación y manejo de paquetes en R, uso de control de versionamiento, ayuda y autocompletado de código, etc (RStudio Team, 2021).

2.8. MARCO LEGAL

2.8.1. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR DEL 2008

Para la formulación de marco legal de la investigación se ha tomado los siguientes capítulos y artículos de la Constitución Política de la República del Ecuador 2008.

Título I: Elementos constitutivos del estado

Capítulo Segundo

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes (Asamblea Constituyente, 2008).

Título II: Derechos

Capítulo Segundo

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Asamblea Constituyente, 2008).

Título VII: Régimen del buen vivir

Sección sexta Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Asamblea Constituyente, 2008).

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico (Asamblea Constituyente, 2008).

2.8.2. ACUERDO MINISTERIAL 097-A. REFORMA DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.

El Acuerdo ministerial 097-A (2016), tiene como objetivo principal normar y proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los recursos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general

La Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes, para efecto de la investigación se utilizó las siguientes tablas:

- **Tabla 2.** Los criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marina y estuarios (**Anexo 1**).
- **Tabla 9.** Los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (**Anexo 2**).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la Provincia de Sucumbíos, Cantón Lago Agrio. Según la clasificación climática de Koppen el clima es de tipo megatérmico lluvioso con una temperatura oscilante entre 22°C y 26°C, con precipitación anual de 2100 a 2700 mm. (Chamorro Chandi, A. A., & Obando Alvarado, J. L. 2015). El PDOT actualizado en la administración 2019-2023 establece que el cantón tiene un total de 91.744 habitantes; las principales actividades económicas productivas están enfocadas en extracción de materias primas a partir de recursos naturales; incluye la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y la explotación de minas y canteras; el sector industrial se caracteriza por la actividad manufacturera y el uso de maquinaria.

El estero Orienco es un cuerpo hídrico que nace en la periferia de Lago Agrio, a la altura del barrio Los Ceibos, en la lotización Oro Negro; atraviesa la ciudad de oeste (286535; 10009098) a este (292823; 10011197) hasta desembocar en el río Teteyé en el sector Santa Cruz, límite entre las parroquias Nueva Loja y General Farfán. El sitio de estudio (**Figura 1**) corresponde a toda la longitud del estero, incluido los 6,2 kilómetros que recorre por el casco urbano (PDOT, 2019).



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se aplicó una investigación experimental ya que está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizaron para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver (Cevallos, Polo, Salgado, & Orbea, 2017). La misma que comprendió un trabajo de campo y de laboratorio para la evaluación y análisis de los parámetros fisicoquímicos del estero Orienco, con la finalidad de determinar la calidad de agua.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el método descriptivo – experimental, tomando en cuenta que la investigación se realizó en dos fases: la primera fue la fase de campo donde se realizó el monitoreo y recolección de muestras en los cuatro puntos establecidos, complementándose con información documental y física; en la segunda fase se realizó los análisis de laboratorio de las muestras recolectadas en la zona de estudio y el procesamiento de los datos obtenidos.

3.4. TRATAMIENTO DE DATOS

3.4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

El estero Orienco tiene una extensión de 11.86 km, en este trayecto se delimitaron cuatro puntos de muestreo los cuales corresponden: nacimiento del estero ubicado en el km 8 de la vía a Quito como primer punto, el segundo al ingreso a la zona comercial, el tercero al fin de la zona comercial, y el último en el tramo hacia la desembocadura del río Teteyé. Para la selección de estos puntos se aplicó el criterio de muestreo aleatorio simple considerando los sitios de referencia de la localidad, distancia, accesibilidad y los puntos de muestreo establecidos por (Sinche et al., 2022) en su investigación para determinar la calidad ecológica del agua del estero utilizando parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados. El muestreo se realizó en el mes de julio del 2022, en la **Figura 2** se muestra los cuatro puntos de muestro y en la **Tabla 1.** las coordenadas

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de muestreo de agua en el Estero Orienco.

Puntos de muestro	Lugar	Coordenadas		
		Este	Norte	Altitud
Punto 1	Nacimiento del estero	287782.00m E	9266.00 m N	306 m
Punto 2	Ingreso a la zona comercial.	289137.00 m E	9217.00 m N	303 m
Punto 3	Fin de la zona comercial	290767.00 m E	9791.00 m N	295 m
Punto 4	Tramo de desembocadura en el río Teteye	292845.00 m E	1122.00m N	295 m

Elaborado por: (Autor, 2022).

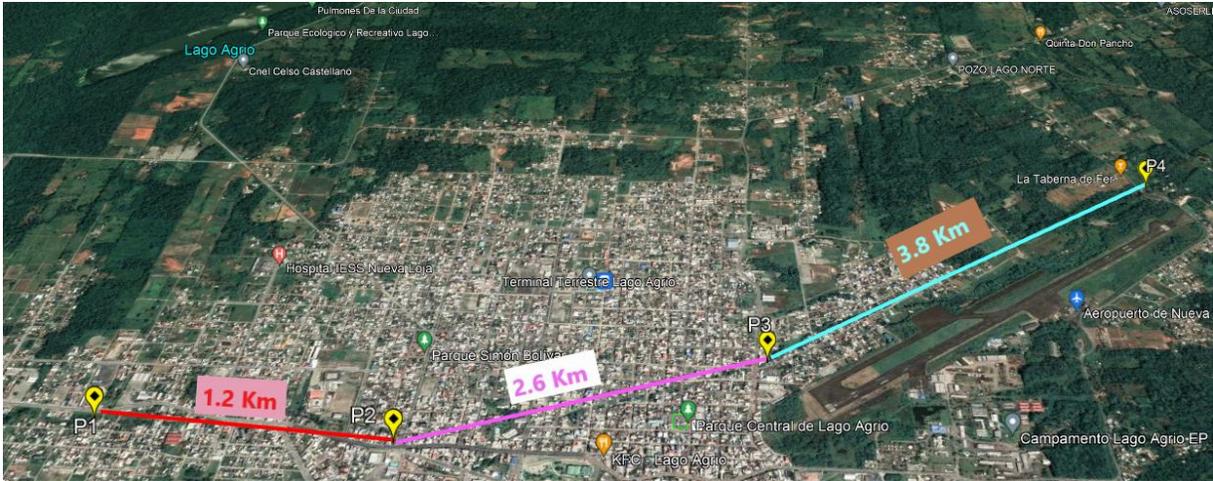


Figura 2. Puntos de muestreo con su equidistancia lineal.

3.4.2. MEDICIÓN DE CAUDALES

Para el cálculo de la velocidad del flujo del estero Orienco, se utilizó el método del flotador, con la finalidad que adquiriera la velocidad del agua circundante (Burbano, 2000).

Se definió tramos de 10 metros tomando en cuenta la uniformidad de la corriente, con el propósito de trazar las secciones de aforo y obtener la velocidad del flujo mediante el transcurso del flotador (OMM, 2011).

Para la determinación de la velocidad del flujo se utilizó la siguiente ecuación:

[1]

$$V = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i}$$

Ecuación 1. Fórmula para determinar la velocidad de la corriente.

Dónde:

V= Velocidad de la corriente (m/s).

n= Número de registros de tiempo.

L= Longitud del tramo que recorre el flotador (m).

t = Tiempo que tarda en recorrer el flotador en un tramo definido (s).

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ = Sumatoria de todas las mediciones obtenida en una longitud establecida (s).

Se realizó 4 mediciones por cada punto de muestreo, con la finalidad de obtener valores más precisos (**Anexo 3**).

Los valores de caudal obtenidos por medio de este método son aproximados, por lo es necesario reajustarlos por medio de factores empíricos de corrección (C), que, para algunos tipos de canal o lechos de río y tipos de material, a continuación, se detalla en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Factor de corrección de la velocidad.

Tipos de Arroyo	Factor d corrección de velocidad (C)	Precisión
Canal rectangular con lados y lechos lisos	0.85	Buena
Rio profundo y lento	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso	0.65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso	0.25	Muy mala

Elaborado por: INRENA, 2005.

Para el cálculo del área se realizó mediante métodos topográficos de estacas y cuerdas que consistió en trazar secciones transversales a lo largo del estero, de manera que el cauce sea perpendicular a las secciones trazadas.

Para el cálculo del área se utilizó en método del trapecio, se utilizó la siguiente ecuación:

[2]

$$A1 = \frac{h0 + h1}{2} * T1$$

Ecuación 2. Fórmula para determinar el área de una sección.

Dónde:

h0, h1= Alturas de secciones en cada metro (m)

T1= Ancho de cada sección (m)

Para la determinación del área total de una sección transversal se realizó la sumatoria de todas las áreas medidas cada metro.

[3]

$$A = \sum A_i$$

Ecuación 3. Fórmula para determinar el área total.

Para calcular el caudal se utilizó la siguiente ecuación.

[4]

$$Q = A * V * (F)$$

Ecuación 4. Fórmula para determinar el caudal.

Dónde:

Q= Caudal (m³/s)

A= Área de sección transversal total (m²)

V= Velocidad promedio.

F= Factor de velocidad corregida.

3.4.3. TOMA Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se tomó muestras compuestas in situ para medir temperatura. Para el análisis de coliformes fecales, potencial hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), fosfatos, nitratos (NO₃⁻), oxígeno disuelto (O₂), turbidez y sólidos disueltos totales, las muestras fueron tomadas según lo establecido por la normativa INEN 2176:2013 (muestreo y conservación para el análisis de recursos hídricos).

El muestreo se realizó en la mitad del cuerpo de agua en donde existe mayor homogenización del agua (**Anexo 4**). En la cual se utilizaron envases de vidrio ámbar con boca angosta, con la finalidad de evitar la exposición de la luz, entrada de aire y formación de burbujas; esta muestra se utilizó para los parámetros fisicoquímicos, mientras que para los parámetros microbiológicos como los coliformes fecales se utilizó envases plásticos esterilizados.

Una vez tomada la muestra se procedió a su respectivo etiquetado y sellado de los envases, las muestras obtenidas fueron almacenadas en un cooler para mantener la temperatura e inmediatamente se trasladó hacia el laboratorio ambiental LABSU para el análisis de los diferentes parámetros (**Anexo 5**).

3.4.4. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA.

Las muestras de agua fueron trasladadas al laboratorio ambiental LABSU para el análisis de los diferentes parámetros como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Métodos de análisis de los diferentes parámetros.

Parámetros	Métodos de análisis
Coliformes fecales	HACH 8023
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	SM 5210 B
Fosfatos (NO3)	HACH 8048
Nitratos (PO4)	SM 4500-NO3 B
Oxígeno disuelto	SM 4500 O B
pH	SM 9222 D
Sólidos Disueltos totales (SDT)	SM 2510 B
Turbiedad	SM 2130 B
Temperatura	Termómetro

Elaborado por: (Autor, 2022).

3.4.5. CÁLCULO DEL MODELO MATEMÁTICO ICA-NSF

Con los resultados obtenidos de los diferentes parámetros se determinó el Índice de calidad de agua (NSF) en la misma que se empleó la ecuación expresada por Brown (1970), quien indica que se debe realizar la suma ponderada lineal de los nueve subíndices. La expresión matemática para esta agregación es la siguiente:

[5]

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i)$$

Ecuación 5. Fórmula para determinar el índice de calidad de agua.

Dónde:

ICA: Índice de calidad de agua.

Wi: El peso relativo asignado a cada variable o parámetro (Sub i), este peso está ponderado entre 0 hasta 1 de tal manera que su sumatoria resulte igual a 1.

Subi: Subíndices de la variable o parámetro i.

El peso relativo para cada parámetro del “ICA NSF” por Brown (1970) se describe en la **Tabla 4.**

Tabla 4. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA NSF”

Parámetros	Peso relativo (Wi)	Importancia
Coliformes fecales	15%	Contaminación fecal, limitante para aguas de consumo humano.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	10%	Materia orgánica biodegradable, limitante para aguas de consumo humano.
Fosfatos (NO3)	10%	Determinar niveles de eutrofización.

Nitratos (PO4)	10%	Determinar niveles de eutrofización y riesgos de consumo.
Oxígeno disuelto	17%	Condiciones críticas para la vida acuática.
pH	12%	Condiciones para la vida acuática y agua potable.
Sólidos Disueltos totales (SDT)	8%	Limitante para aguas de consumo humano.
Turbiedad	8%	Limitante para aguas de consumo humano.
Temperatura	10%	Crítico para la vida acuática y consumo humano.

Fuente: (Brown R. M., 1970)

Brown & Barnwell (1987), menciona que para cada variable existe una curva modelada que correlaciona la concentración con la calidad de la misma. En base al resultado del parámetro o variable (i) se obtendrá el valor del sub índice (Sub i). El valor se obtiene de la curva a partir de la concentración de la variable específica y con ello determinar la magnitud de calidad, la cual tiene valores entre 0 a 100.

En las figuras establecidas por Brown R. M., (1970), se presenta las curvas para determinar el respectivo valor Q (valor de calidad) de cada parámetro a analizar (**Anexo 5**).

Una vez analizados todos los parámetros se interpreta de acuerdo a la siguiente escala de calificación propuesta por Brown (1970); cada color representa un rango de valor y un criterio de calidad de agua como se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 - 100
Buena		71 - 90
Regular		51 - 70
Mala		26 - 50
Pésima		0 - 25

Fuente: (Brown R. M., 1970)

- El agua en un rango de 91 a 100, se considera como excelente calidad, puede tener una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua sería segura para todas las formas de contacto directo con ella, ya que se encuentra en una forma muy similar o totalmente pura a como se encuentra en la naturaleza, sin ningún agente contaminante que la altere y no requiere de tratamiento (Ott. W, 1981).
- El agua en un rango de 71 a 90, se considera como buena calidad, aunque para su consumo requeriría una purificación menor ya que se encuentra algún agente contaminante y por lo tanto es menor su calidad (Ott. W, 1981).
- En el rango de 51 a 70 se encuentra el agua de mediana calidad, generalmente tiene menor diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas. Se trata de un agua contaminada por diversos agentes, y para consumo humano necesita de tratamiento potabilizador (Ott. W, 1981).
- En el rango de 26 a 50 se encuentra el agua de mala calidad, es inaceptable para su consumo y requiere de tratamiento (Ott. W, 1981).
- El agua con un ICA-NSF de 0 a 25 se considera como pésima, es inaceptable para consumo humano y cualquier clase de contacto (Ott. W, 1981).

3.4.6. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA POR MORETTO ET AL. (2012).

Moretto et al. (2012) realizaron la calibración de los pesos del ICA original, utilizando técnicas multivariantes, como el Análisis de Componentes Principales (PCA). Los resultados indicaron un ajuste significativo principalmente para la variable coliformes fecales, que pasó de 16% para 23% del peso total, y la variable fósforo, que pasó de 10% para 16% del peso total (**Tabla 6**).

Tabla 6. Parámetros y pesos relativos del ICA.

Variables	Peso Original (ICA Brown et al. 1970)	Peso calibrado (Moretto et al., 2012)
Coliformes fecales	0,16	0,23
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11	0,08
Fósforo total	0,10	0,16
Nitrato	0,10	0,07
Oxígeno disuelto	0,17	0,20
pH	0,11	0,05
Sólidos totales disueltos	0,07	0,06
Turbidez	0,08	0,12
Temperatura	0,10	0,03

Elaborado por: (Moretto et al., 2012)

El ICA calibrado con los nuevos pesos presenta resultados compatibles con la Normativa 357/2005 del Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), y puede ser utilizado en programas de monitoreo ambiental en ecosistemas acuáticos de la región amazónica. La calidad del agua del estero Orienco fue evaluada utilizando el ICA calibrado por Moretto et al., (2012) para sistemas lóticos subtropicales y temperados brasileños. Los cálculos fueron realizados utilizando el Software IQADData (Posselt et al., 2015).

3.4.7. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS CONFORME AL ANEXO 1 DEL ACUERDO MINISTERIAL 097-A.

El anexo 1 referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua del Acuerdo Ministerial 097-A establece las normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios. La Tabla 2 (CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS) y Tabla 9 (LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE) abarcan el uso de agua del estero Orienco. Los valores máximos permitidos por parámetro en cada una de las tablas se comparan con los resultados que se obtiene en cada uno de los puntos de muestreo como se lo establece en la **Tabla 9**. Para ello se realiza análisis de comparación de muestras independientes con la normativa y con la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon en el programa R como lo recomienda Valero Mora en 2010.

3.4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS CON RSTUDIO

Para el análisis estadístico de esta investigación utilizamos el programa RStudio, donde se realizó las pruebas de t-Students, para verificar las varianzas y las diferencias significativas, para realizar estas comparaciones utilizamos trabajos previos de Sinche et al. (2022), el cual realizó una investigación en el año 2019, los parámetros que se utilizaron fueron la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitratos, oxígeno disuelto, potencial hidrogeno (pH) y temperatura. Se desarrolló diagramas de cajas para determinar rangos, una matriz de diagramas de dispersión para mostrar la correlación entre los parámetros mencionados, además, una estimación de densidad de Kernel y posterior se realizó proyecciones de tendencia por correlación.

3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

Tabla 7. Recursos utilizados para la investigación.

Recursos humanos	3 Técnicos de campo
Recursos materiales	4 Pelotas de espuma flex
	1 Cinta métrica
	1 Cronómetro
	3 Pares de botas
	1 Libreta de campo
	1 Lápiz
	12 Mascarillas
	1 Cooler
	5 Ice pack o bolsas de hielo
	4 Frascos de vidrio transparente y/o ámbar
	4 Frascos de plástico esterilizado
	1 Papel toalla
	3 Cascos
	1 Caja de Guantes de nitrilo
	3 Ponchos para lluvia.
Recurso financieros	800 dólares

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) POR BROWN R. M., (1970).

Los resultados del índice de calidad de agua se establecieron conforme la **Tabla 5**, referente a la Clasificación del “ICA” propuesto por Brown R. M., (1970). En la **Tabla 8**, se muestra que, el Punto 1 (nacimiento del estero Orienco), Punto 3 (finalización de la zona comercial) y Punto 4 (desembocadura al río Teteyé), el índice de calidad de agua es Mala, con un rango entre 26 - 50, experimentando problemas con la contaminación además requerir tratamiento (Ott. W, 1981). La calidad de agua del estero Orienco se ve principalmente afectada por las descargas de aguas residuales en todo el recorrido del estero según lo que se pudo constatar en el recorrido por la zona. El Punto 2 (ingreso a la zona comercial) muestra un índice de calidad de agua medio, con un rango entre 51 – 70; en esta categoría el agua está contaminada por diversos agentes en los que prevalece la carga orgánica, presenta con frecuencia el crecimiento de las algas y requiere un tratamiento (Ott. W, 1981). La variación del ICA NSF por punto de muestreo se muestra en la **Figura 3**.

Tabla 8. Resultados del índice de calidad del agua NSF.

Puntos de muestreo	ICA NSF	Clasificación NSF
Punto 1	50.329	Mala
Punto 2	51.368	Media
Punto 3	49.658	Mala
Punto 4	49.458	Mala

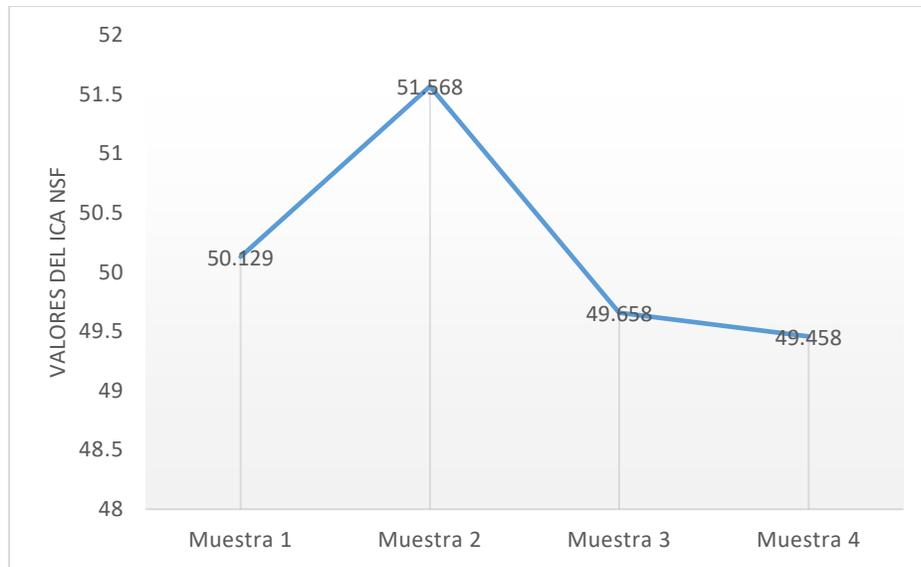


Figura 3. Comportamiento del índice de calidad del agua en cada punto de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA CALIBRADO POR MORETTO ET AL., (2012)

En la **Figura 4** se visualiza los resultados de la evaluación de la calidad del agua en el estero Orienco por cada punto de muestreo. Los resultados muestran una tendencia creciente en la calidad del agua a lo largo del área de estudio, el Punto 1 y Punto 2 se encuentran en calidad de agua “muy mala” y el Punto 3 y Punto 4 en “mala”.

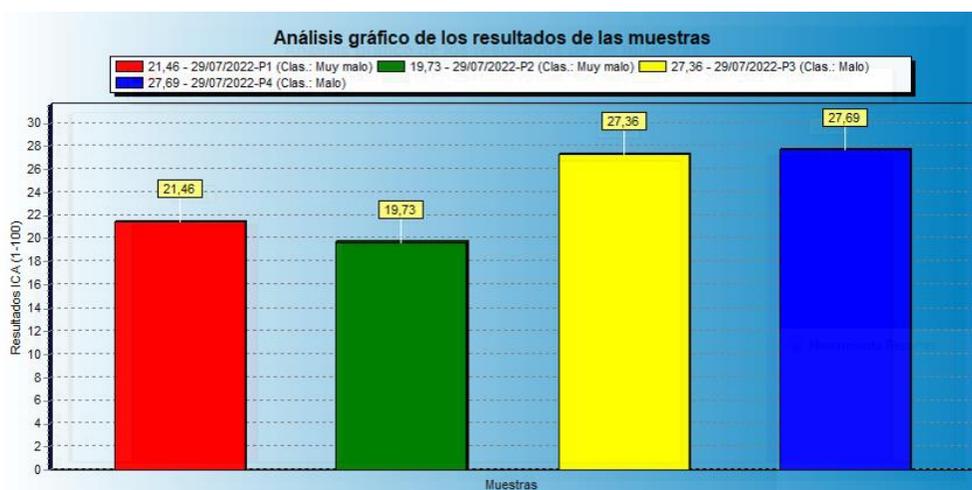


Figura 4. Resultados del índice de calidad del agua calibrado por Moretto et al., (2012).

Elaborado por: (Autor, 2022).

Al comparar los resultados de la evaluación de la calidad del agua del estero Orienco aplicando el ICA propuesto por Brown et al. (1970) y el ICA calibrado por Moretto et al. (2012) se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre sus valores promedio ($p < 0,05$), el menor valor es el ICA calibrado por Moretto que lo caracteriza como un índice más estricto para evaluar la calidad de agua del estero. Las diferencias entre los resultados de los dos índices se deben al hecho que Moretto et al. (2012) realizó una calibración del ICA propuesto por Brown et al. (1970), comparando los resultados con la normativa 35/2005 del Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) brasileño con un ajuste para las variables: coliformes fecales que pasó de 16% a 23%; fosfato del 10% al 16% del peso total para el cálculo del índice.

4.3. CAUDAL

En la **Figura 5** se observa el comportamiento del caudal en los diferentes puntos de muestreo, a medida que el estero recorre el casco urbano aumenta el caudal. Según Varela (2016), manifiesta que para el estero Orienco las fuentes de contaminación por efluentes más relevantes pertenecen a actividades antrópicas relacionadas con el comercio, lavadoras, lubricadoras de vehículos, hoteles y actividades cotidianas de los hogares aledaños; presenta 96 fuentes de contaminación puntual directa y 38.570 habitantes como actores indirectos.



Figura 5. Variación del caudal en los puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.4. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS CONFORME AL ANEXO 1 DEL ACUERDO MINISTERIAL 097-A DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE, 2015).

En la Tabla 2 (**Anexo 1**) referente a CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS evidencia vacíos normativos en los criterios para máximos permisibles en: Coliformes fecales, Demanda bioquímica de oxígeno, Fosfato, Solidos totales disueltos, Turbidez por lo tanto se realizó el análisis comparativo con la prueba no paramétrica de Wilcoxon para los parámetros Nitratos, Oxígeno disuelto y Potencial hidrógeno no mostraron diferencias estadísticas ($W = 0$, $p\text{-value} = 0.2765$); ($W = 0$, $p\text{-value} = 0.4$); ($W = 4$, $p\text{-value} = 0.4$) respectivamente. Los valores de nitratos, oxígeno disuelto y potencial hidrógeno en cada punto de muestreo se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles en la Tabla 2 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A **Tabla 9**.

En la Tabla 9 (**Anexo 2**) referente a LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE evidencia vacíos normativos en los criterios para máximos permisibles en: Demanda bioquímica de oxígeno, Fosfato, Nitratos, Oxígeno disuelto, Solidos totales disueltos, Turbidez por lo tanto se realizó el análisis comparativo con la prueba no paramétrica de Wilcoxon para los parámetros Coliformes fecales, Potencial hidrógeno y Temperatura donde no mostraron diferencias estadísticas ($W = 4$, $p\text{-value} = 0.4$) ($W = 4$, $p\text{-value} = 0.4$) y ($W = 2$, $p\text{-value} = 1$) respectivamente. Los valores de potencial hidrógeno y temperatura en cada punto de muestreo se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles, a excepción de los coliformes fecales, específicamente en el punto de muestreo dos dónde alcanza el valor máximo de 250000 ufc/100 ml **Tabla 9**.

Tabla 9. Comparativa de los resultados obtenidos con las regulaciones ambientales vigentes en el Acuerdo Ministerial 097 A, la tabla 2. criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulce y la Tabla 9, correspondiente a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Punto 1	Tabla 2. Límites permisibles	Tabla 9. Límites permisibles	Comparativa	Punto 2	Tabla 2. Límites permisibles	Tabla 9. Límites permisibles	Comparativa	Punto 3	Tabla 2. Límites permisibles	Tabla 9. Límites permisibles	Comparativa	Punto 4	Tabla 2. Límites permisibles	Tabla 9. Límites permisibles	Comparativa
Coliformes fecales ufc/100 ml	240000	No específica	2000 NMP	No cumple	250000	No específica	2000 NMP	No cumple	40000	No específica	2000 NMP	No cumple	30000	No específica	2000 NMP	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	2,07	No específica	No específica	No específica	0,5	No específica	No específica	No específica	1,54	No específica	No específica	No específica	1,8	No específica	No específica	No específica
Fosfato (mg/l)	0,87	No específica	No específica	No específica	0,87	No específica	No específica	No específica	0,87	No específica	No específica	No específica	0,5	No específica	No específica	No específica
Nitratos (mg/l)	1	13 mg/l	No específica	Cumple	1	13 mg/l	No específica	Cumple	1,4	13 mg/l	No específica	Cumple	1,1	13 mg/l	No específica	Cumple
Oxígeno disuelto (mg/l)	2,85	8 mg/l	No específica	Cumple	1,73	8 mg/l	No específica	Cumple	2,47	8 mg/l	No específica	Cumple	2,44	8 mg/l	No específica	Cumple
Potencial hidrógeno	6,71	6,5 -9	6-- 9	Cumple	6,79	6,5 -9	6-- 9	Cumple	6,97	6,5 -9	6-- 9	Cumple	7	6,5 -9	6-- 9	Cumple
Sólidos totales disueltos (mg/l)	68,9	No específica	No específica	No específica	148,6	No específica	No específica	No específica	174,1	No específica	No específica	No específica	165,5	No específica	No específica	No específica
Turbidez (NTU)	20,9	No específica	No específica	No específica	15,5	No específica	No específica	No específica	16,7	No específica	No específica	No específica	17	No específica	No específica	No específica
Temperatura °C	22	No específica	Condición natural ± 3	Cumple	25	No específica	Condición natural ± 3	Cumple	24	No específica	Condición natural ± 3	Cumple	24	No específica	Condición natural ± 3	Cumple

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5. VARIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

Los resultados de los análisis de las muestras en cada punto de monitoreo fueron graficados e interpretados por cada parámetro, mismo que vinculan los cambios desde el Punto 1 hasta el Punto 4 con cada una de las concentraciones por cada variable y su promedio. Se tomó en consideración que la toma de las muestras se las realizó de manera simultánea a las 11H00, las condiciones de tiempo climático para ese día fueron de sol sin presencia de lluvia días anteriores (**Anexo 7**). Se realizó un análisis comparativo de los valores de los parámetros del presente estudio (julio 2022) con los valores descritos por Sinche F., et al en 2022 (diciembre 2019) para caracterizar la relación histórica de los mismos en la escala de tiempo.

4.5.1. PARÁMETROS FÍSICOS

4.5.1.1. TEMPERATURA

En la **Figura 6** se evidencia la variación en aumento de la temperatura; en Punto 1 es la más baja de todos los puntos de monitoreo, esto es posible por la poca presencia de actividades industriales en este lugar, mientras que al punto 2 se eleva la temperatura en 3°C, puede deberse a la escasez de vegetación en la orilla del estero lo que provoca que no haya sombra e incremente la temperatura, posterior la temperatura se mantiene estable en 24°C. Según Zouiten en 2012 indica que al incrementarse la temperatura del agua se reduce la cantidad de oxígeno disuelto produciendo eutrofización y proliferación de organismos patógenos afectando a los ecosistemas acuáticos. El aumento de la temperatura según Bajaña (2017), menciona que se debe a la variación del gradiente de altitud que hay entre los diferentes puntos de muestreo.

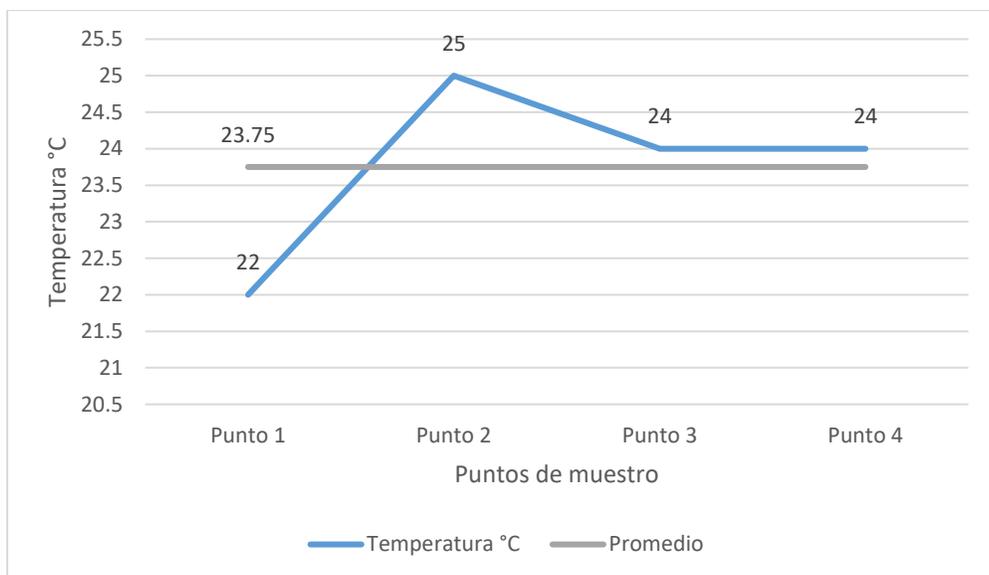


Figura 6.- Variación de la temperatura en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

Se realizó un análisis de comparación de muestras independientes usando una prueba de t-Student para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los parámetros de las muestras tomadas en julio de 2022 y las tomadas en diciembre de 2019 teniendo en cuenta que para julio es época seca mientras para diciembre es época lluviosa. Se obtuvo como resultado que no mostraron diferencias estadísticas entre los dos estudios para temperatura ($t = -2.043$, $df = 5.8239$, $p\text{-value} = 0.0885$). En la **Figura 7** se puede evidenciar que el rango de temperaturas es más amplio en el estudio b correspondiente a diciembre 2019 frente al estudio a y que las medianas están entre 26 y 24 °C respectivamente. La medición de temperatura en las muestras tomadas por Sinche et al., en el año 2019 en los mismos puntos de muestreo fueron diferentes de las realizadas en esta investigación. La diferencia del gradiente de temperatura puede deberse a la diferencia de horas en el día en las que se tomó, sin embargo, el Punto 4 es aquel que se mantiene constante con 24 °C, lo que podría haber sido por la influencia de las aguas del río Teteyé que corresponde a su desembocadura (Varela, 2016).

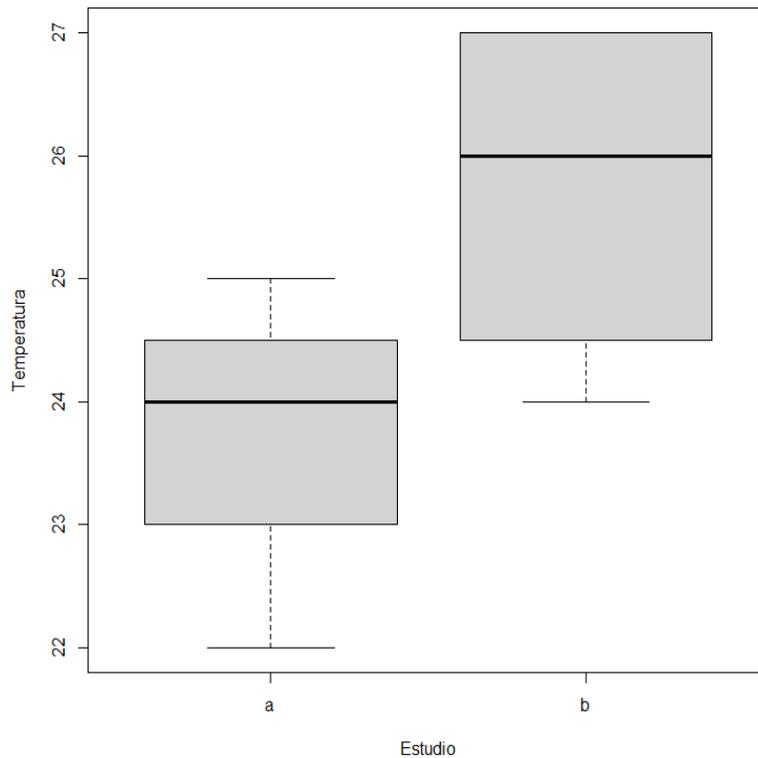


Figura 7.- Comparación de los estudios temperatura entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).
Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.1.2. TURBIDEZ

Según Varela (2016), la turbidez es un indicador de la presencia de sólidos totales en suspensión, lo cual oscurece el agua e impide el ingreso de la luz solar dificultando la captación de energía. En la **Figura 8** se puede observar que la mayor turbiedad se encuentra en el Punto 1 ubicado en la parte alta de la cuenca y posterior se mantiene con un valor promedio de 15.5 NTU, esto se debe a que la pendiente es más pronunciada en el inicio de la cuenca por ende existe mayor arrastre de partículas; además de, una no existencia de derrumbes y deslizamientos de tierra que influyan en el valor de turbidez (Torres. et all, 2010).

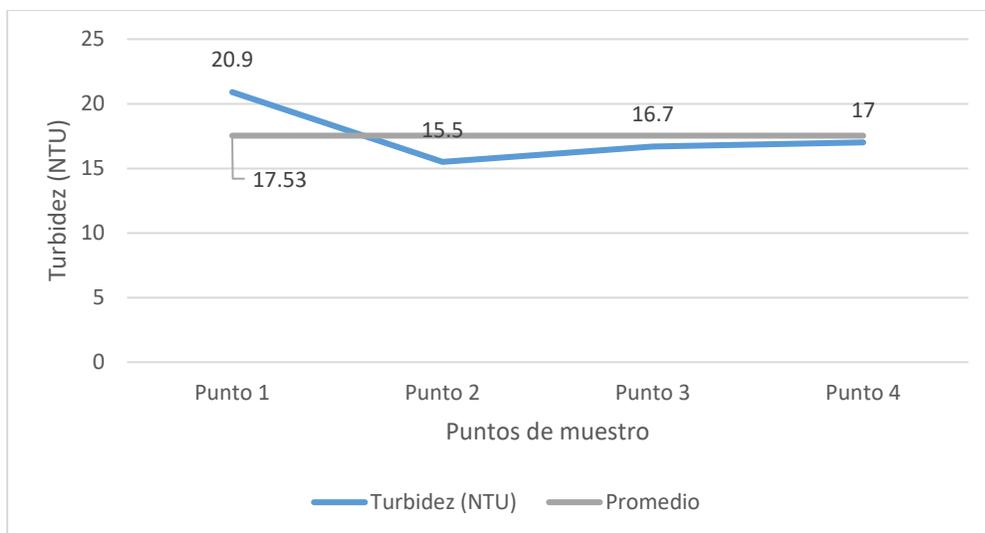


Figura 8.- Variación de la turbidez en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.1.3. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

En la **Figura 9** se muestra una tendencia creciente en los valores de sólidos disueltos totales en la toma de muestras, específicamente del P1 al P2 donde se incrementó en más de un 100%; mientras que la media está en 139,28 mg/l. Según Jimenez (2001), indica que la concentración de sólidos disueltos en el agua se debe a la presencia de minerales, gases producto de descomposición de materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan olor, color, sabor y eventualmente toxicidad al agua que los contiene. La relación directamente proporcional entre SDT y Caudal **Figura 5** de este estudio corroboran con lo mencionado por Univalle y Emcali en (2009), que los valores de Sólidos Disueltos Totales aumentan conforme se incrementa el caudal debido a un mayor arrastre de materiales del suelo y del lecho del río.

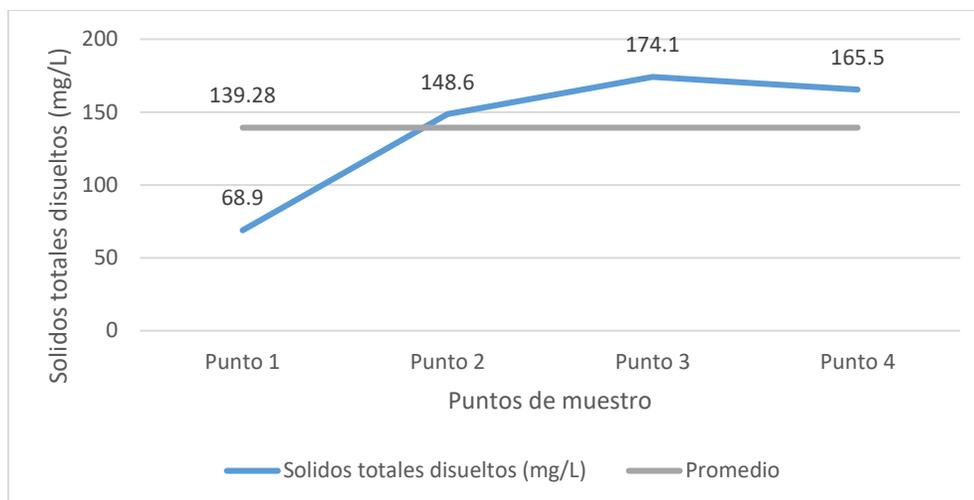


Figura 9.- Variación de los sólidos disueltos totales en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

4.5.2.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO

En la **Figura 10** se observa que los valores de pH se encuentran en un valor promedio de 6,87. Carrillo Alvarado & Urgilés Calle (2016) mencionan en sus estudios que esto es por la poca variabilidad del régimen de lluvia en los días de toma de muestras; por otro lado, Gualdrón Durán (2016) indica que los valores entre 6 y 8,5 están en un régimen de calidad para el desarrollo de procesos biológicos y preservación de la vida acuática.

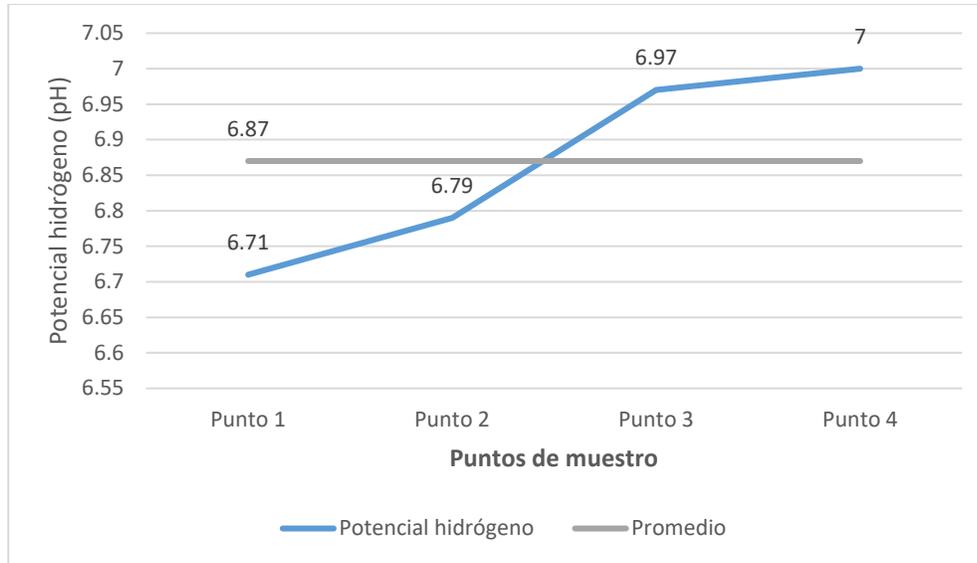


Figura 10.- Variación del potencial hidrógeno pH en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

La **Figura 11** evidencia que las mediciones de los valores de pH en los puntos de muestreo para diciembre 2019 y julio 2022 son similares entre sí, estableciendo que no existe diferencia en los valores este parámetro en el tiempo. Además, el análisis de comparación de muestras independientes usando una prueba de t-Student no mostraron diferencias estadísticas entre los dos estudios para potencial de hidrógeno ($t = -0.28589$, $df = 5.6714$, $p\text{-value} = 0.7851$).

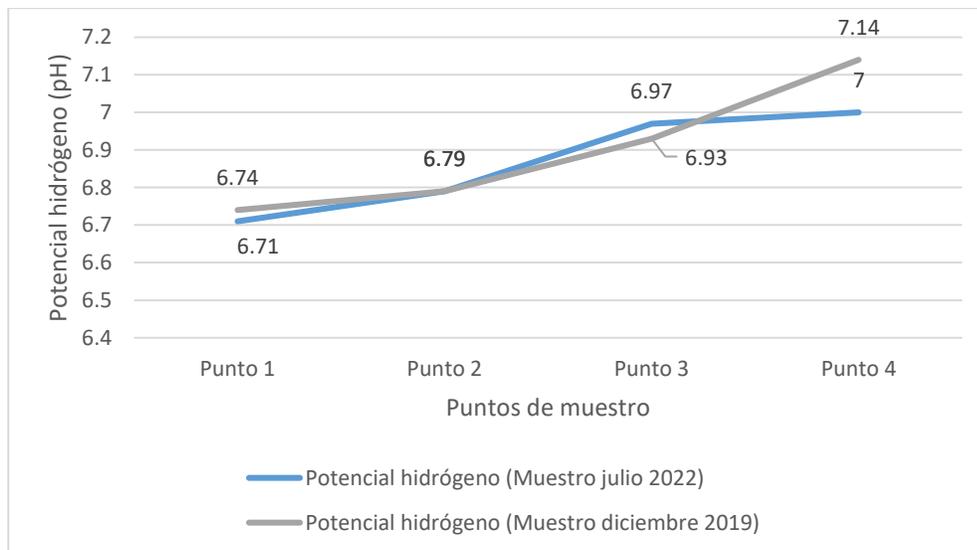


Figura 11.- Variación del potencial hidrógeno en los estudios compartivos.

Elaborado por: (Autor, 2022).

En la **Figura 12** se puede evidenciar que el rango de pH es más amplio en el estudio b con respecto al estudio a y que sus medianas tienen una leve diferencia.

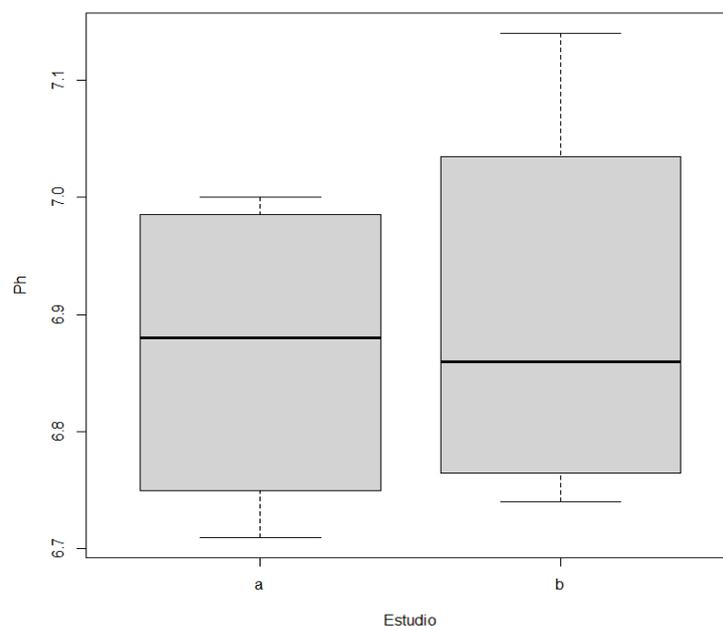


Figura 12.- Comparación de los estudios del potencial hidrógeno pH en los estudios entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.2.2. FOSFATOS

Los fosfatos en todas las muestras se encuentran por debajo de 1 mg/l, **Figura 13**. Se prevé que la disminución de su valor en el Punto 4 sea por el aumento del caudal el cual diluye el fosfato, de la misma manera estudios realizados por Mendoza Caicedo & Rodriguez Lindao (2019) mencionan que la presencia de fosfatos en los ríos, se debe a las actividades ganaderas, agrícolas y uso de detergentes domésticos que llegan por acción de la escorrentía a los cuerpos hídricos; por otro lado, Brito et al. (2009), menciona que las concentraciones elevadas de fosfatos en el agua pueden ser explicadas por la liberación de nutrientes debido la descomposición natural de biomasa y arrastre al cauce del río.

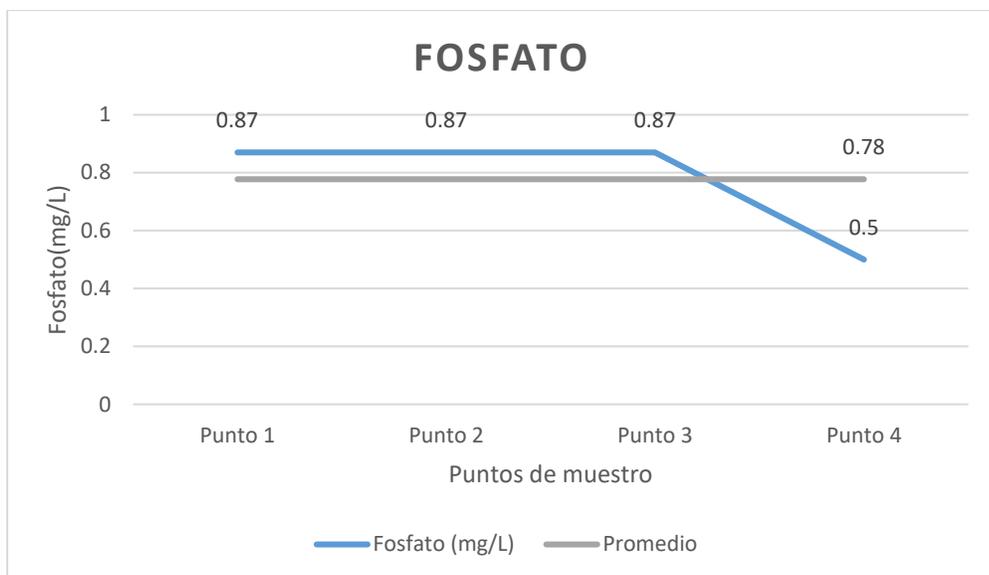


Figura 13.-Variación del fosfato en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.2.3. NITRATOS

En la **Figura 14** se muestra que los nitratos tienen un valor promedio de 1,1 mg/l siendo el Punto 3 (fin de zona comercial) el que mayor concentración tuvo y de acuerdo con el estudio realizado por Rovira González, L. (2012) establece que el origen de los nitratos puede estar las actividades industriales y vertidos de las poblaciones con efluentes que contienen muchos compuestos nitrogenados que al oxidarse producen nitratos. El estudio realizado por Pérez Díaz & Ortega Escobar (2018), menciona que las concentraciones altas de nitratos en los cuerpos hídricos pueden deberse por el uso de fertilizantes o estiércol en sembríos.

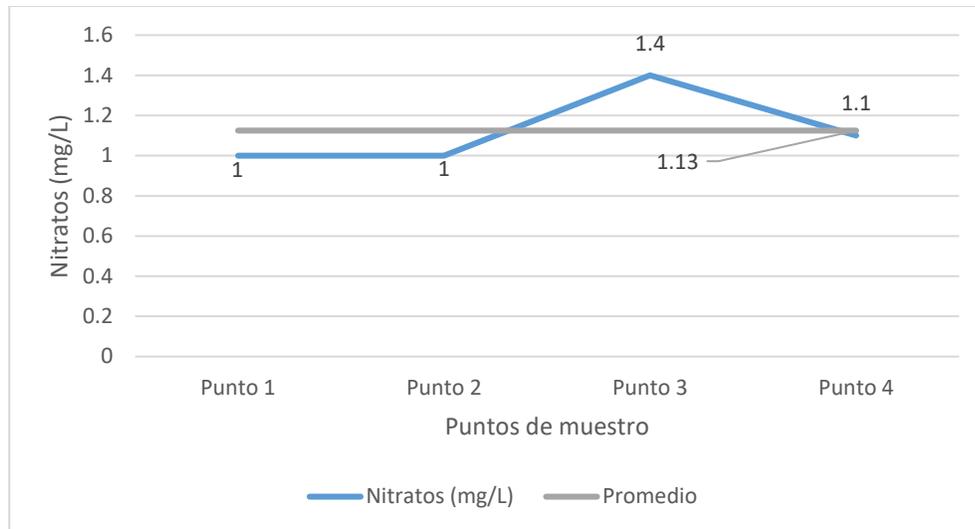


Figura 14.- Variación de los nitratos en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

En la **Figura 15** se muestra que los valores de nitratos en el muestreo de 2019 fueron más altos que los registrados en 2022 por lo que se deduce que existió una posible transformación de uso de suelo agrícola a urbano permitiendo disminuir las concentraciones de fertilizantes las cuales se encuentran ligadas a la presencia de nitratos en el estero Orienco. El análisis de comparación de muestras independientes usando una prueba de t-Student muestra diferencias estadísticas entre los estudios ($t = -3.2048$, $df = 3.1611$, $p\text{-value} = 0.04568$) además se visualiza que el rango de nitratos en el estudio b (diciembre 2019) es más amplio para el estudio a (julio 2022).

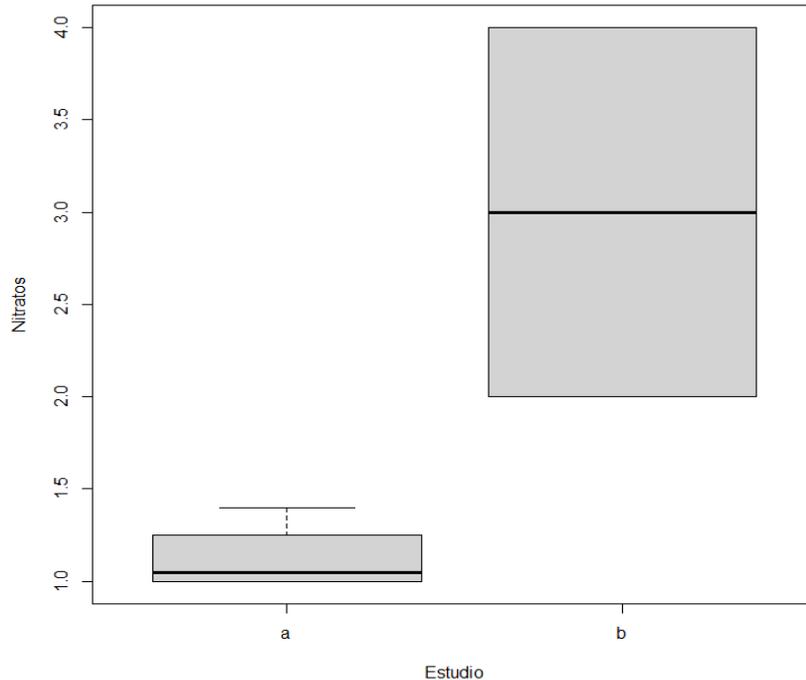


Figura 15.- Comparación de los estudios de los nitratos entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.2.4. OXÍGENO DISUELTO

En la **Figura 16** se evidencia una disminución del oxígeno disuelto en el Punto 2 correspondiente al inicio de la zona comercial, esto podría haber sido porque se visualizó conexiones clandestinas de efluentes domésticos entre este punto y al inicio de la cuenca. Campaña, Gualoto, & Chiluisa (2017) mencionan que la disminución de la concentración de este parámetro puede ser causado por vertimientos con carga orgánica. Por otro lado, Estrada (2018), manifiesta que hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático. Estos factores incluyen: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana.

Según los rangos de concentración de oxígeno establecidos por SENAGUA (2017), el valor promedio se encuentra en 2,37 lo que indica una condición de Hipoxia, que como consecuencia tiene la desaparición de organismos y especies sensibles.

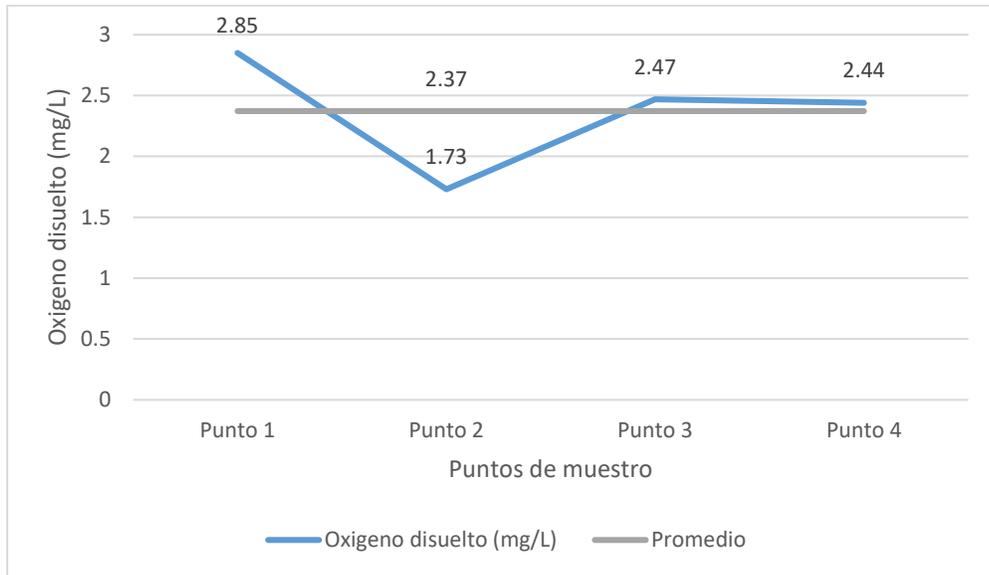


Figura 16.- Variación del oxígeno disuelto en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

Los valores de oxígeno disuelto en 2022 disminuyeron en comparación al muestreo de 2019 por lo tanto se prevé que la carga orgánica desembocada en el estero haya disminuido en los últimos años o que los niveles de diferencia sean por las distintas horas en las que fueron tomadas las muestras como lo menciona Varela en 2016. El análisis de comparación de muestras independientes usando una prueba de t-Student muestra diferencias estadísticas entre los estudios ($t = -8.4013$, $df = 3.3265$, $p\text{-value} = 0.002372$); de la misma manera se visualiza que el rango de valores de oxígeno disuelto del estudio a es significativamente diferente al del estudio b **Figura 17.**

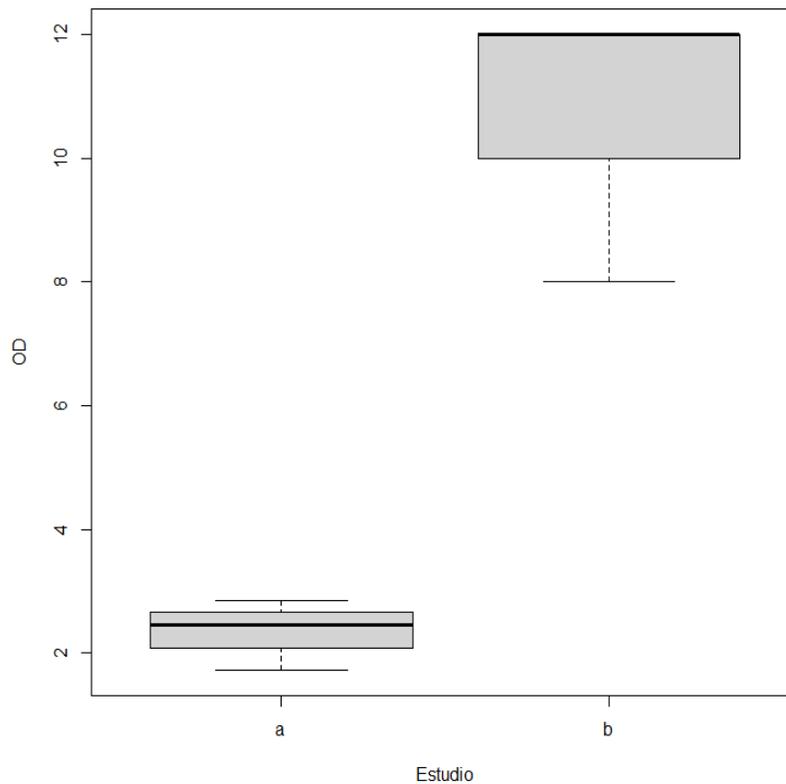


Figura 17.- Comparación de los estudios de oxígeno disuelto entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.2.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

La **Figura 18** muestra que el valor más alto en demanda bioquímica de oxígeno se encuentra en el Punto 1 con 2,07 mg/L, esto se puede deber a la cercanía entre la toma de muestra y la presencia de viviendas con tuberías que emiten aguas residuales hacia el estero. Posteriormente los valores disminuyen ya que al iniciar la zona comercial la presencia del sistema de alcantarillado disminuye los efluentes contaminantes directos hacia el cuerpo hídrico.

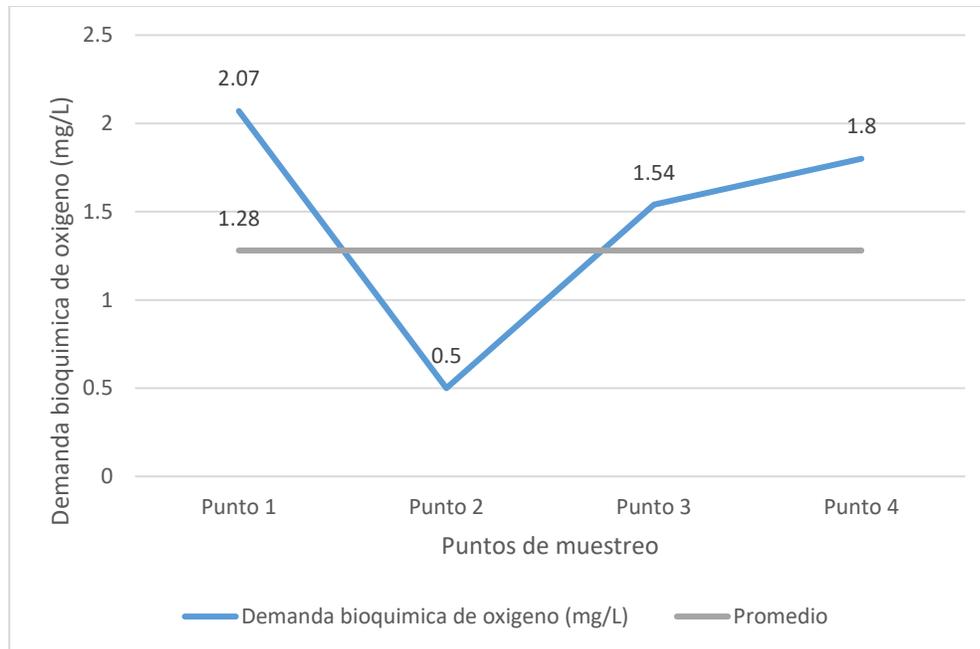


Figura 18.- Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

La demanda bioquímica de oxígeno en el muestreo de diciembre 2019 tiene una tendencia creciente en sus valores conforme a los puntos de muestreo mientras que en el estudio de 2022 la tendencia es decreciente **Figura 19**. El análisis de comparación de muestras independientes usando una prueba de t-Student muestra diferencias estadísticas entre los estudios ($t = -7.8373$, $df = 3.229$, $p\text{-value} = 0.00331$); de la misma manera, se visualiza que los rangos de demanda bioquímica de oxígeno difieren **Figura 20**.

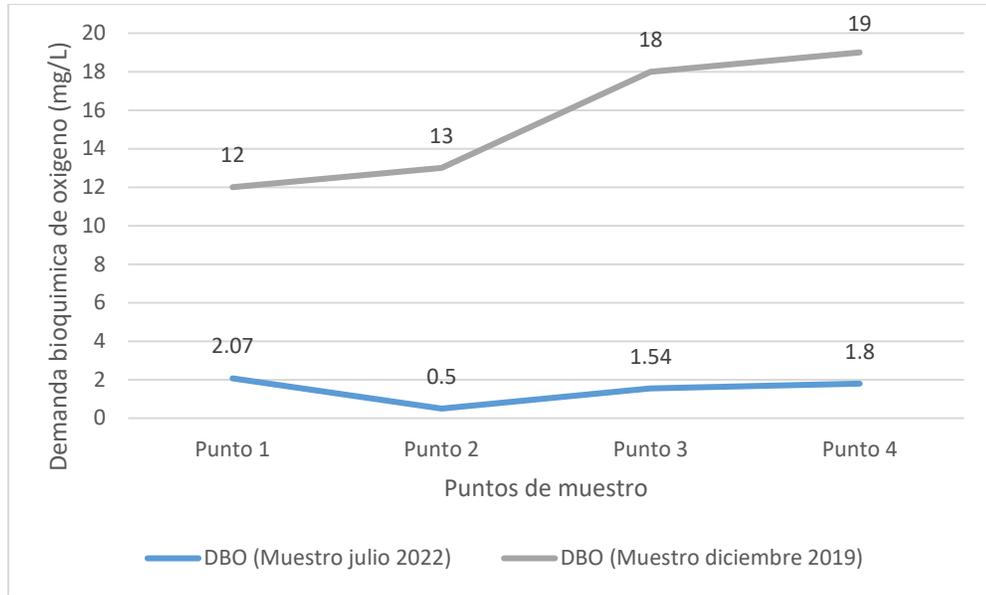


Figura 19. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los estudios comparativos.

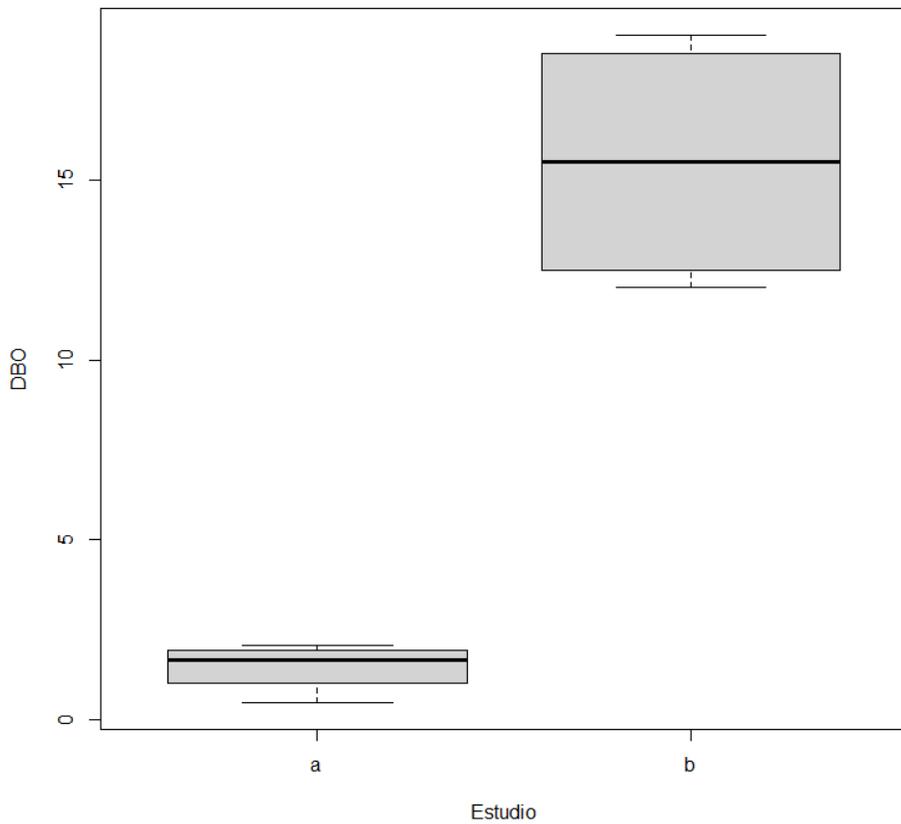


Figura 20.- Comparación de los estudios de la demanda bioquímica de oxígeno entre julio 2022 (a) y diciembre 2019 (b).

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.5.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

4.5.3.1. COLIFORMES FECALES

En la **Figura 21** se muestra un incremento de coliformes fecales en los puntos de muestreo 1 y 2 posterior presenta una disminución, Díaz Pulido en 1997 menciona que las diferencias de valores dependen de los vertimientos puntuales en las cuencas hídricas. Ludwig en 1988 establece que cuando existe estratificación, el efluente de aguas domésticas menos denso es mezclado ligeramente con el agua más fría, la cual es más densa; la mezcla resultante será más densa que la capa superficial y bajo tales condiciones, en algún punto de la columna de agua la mezcla de aguas domésticas encontrará agua de la misma densidad y, por lo tanto, no continuará en su tendencia a ascender.

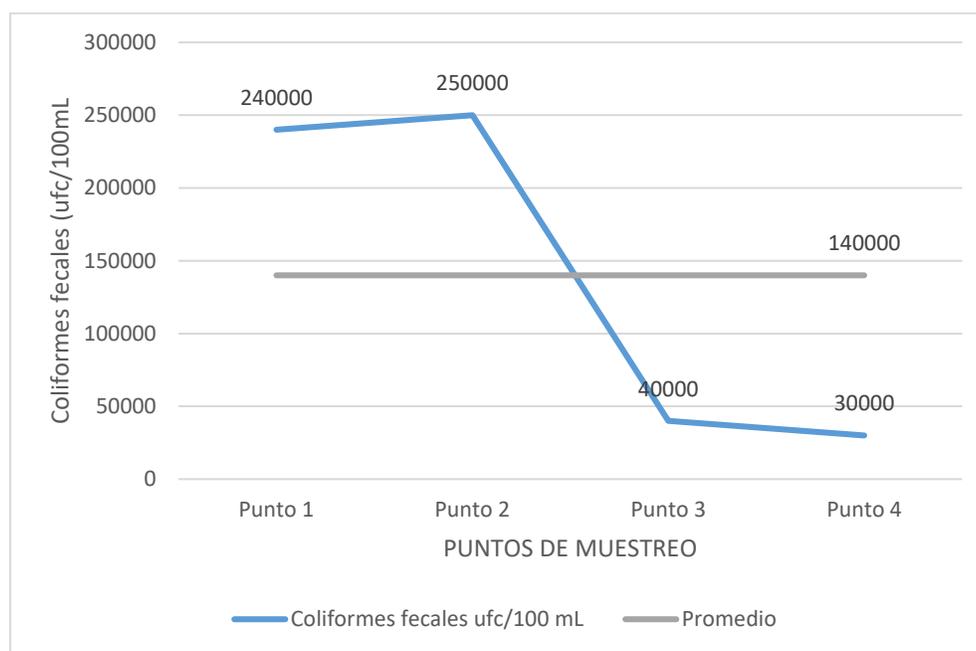


Figura 21.- Variación de los coliformes fecales en los diferentes puntos de muestreo.

Elaborado por: (Autor, 2022).

4.6. MATRIZ DE DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

En la **Figura 22**, se visualiza una matriz de diagramas de dispersión que muestran la correlación entre los parámetros Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Nitratos, Oxígeno disuelto (OD), Potencial de hidrógeno (pH) y Temperatura para el estudio julio 2019 (a) y el realizado en diciembre de 2019 (b). Se evidencia una correlación positiva entre BBO con pH; DBO con

Nitratos y OD con Temperatura mientras que para el estudio a la correlación positiva se tiene entre el OD con DBO y OD con Temperatura.

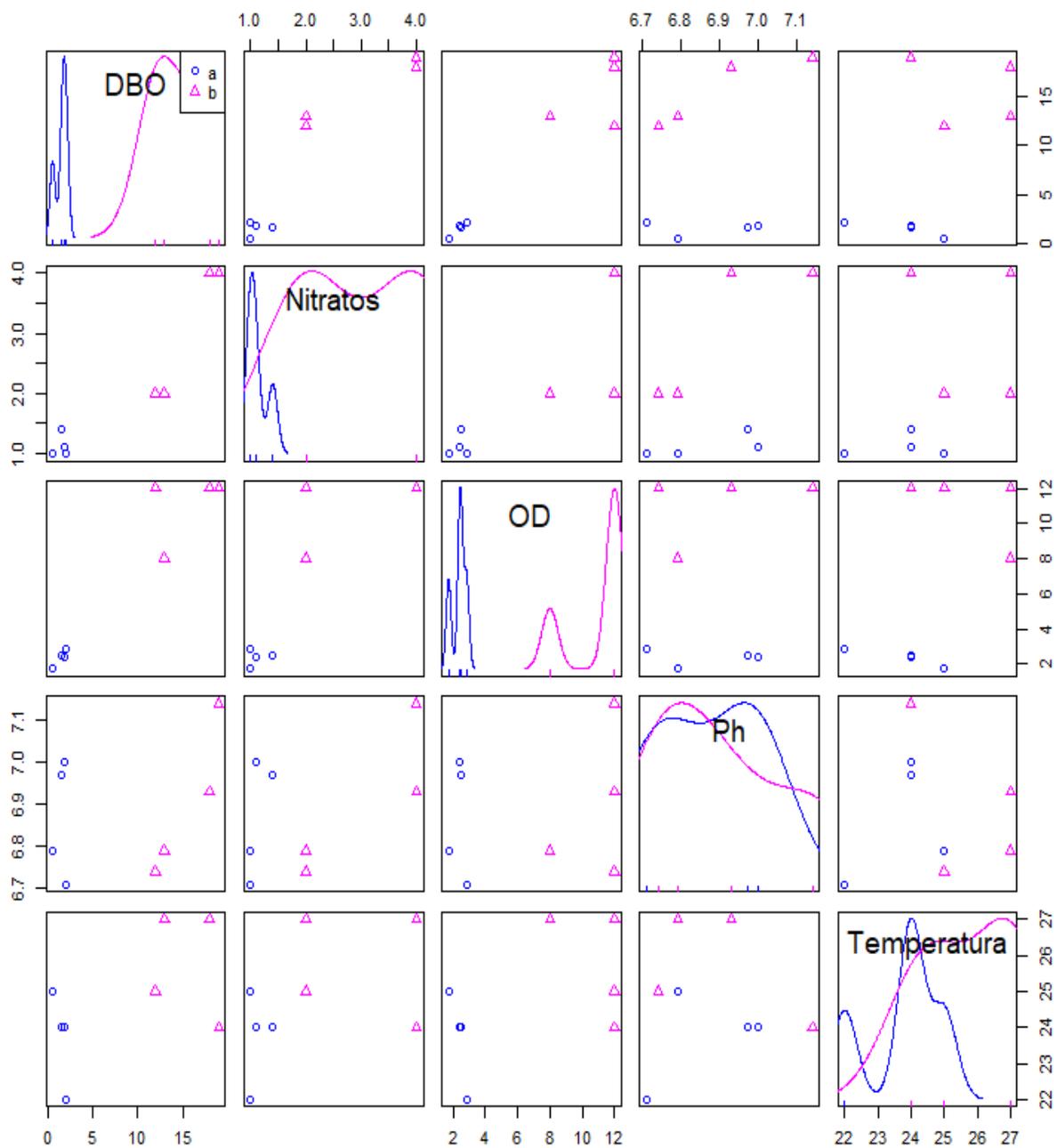


Figura 22.- Matriz de diagramas de dispersión que muestran la correlación entre los parámetros.

Elaborado por: (Autor, 2022).

Se realizó una estimación de densidad de Kernel y posterior se realizó proyecciones de tendencia para cada parámetro en dónde se puede evidenciar que existe una tentativa creciente de valores en los parámetros: Nitrógeno, Oxígeno disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno como se lo muestra en a **Figura 23**.

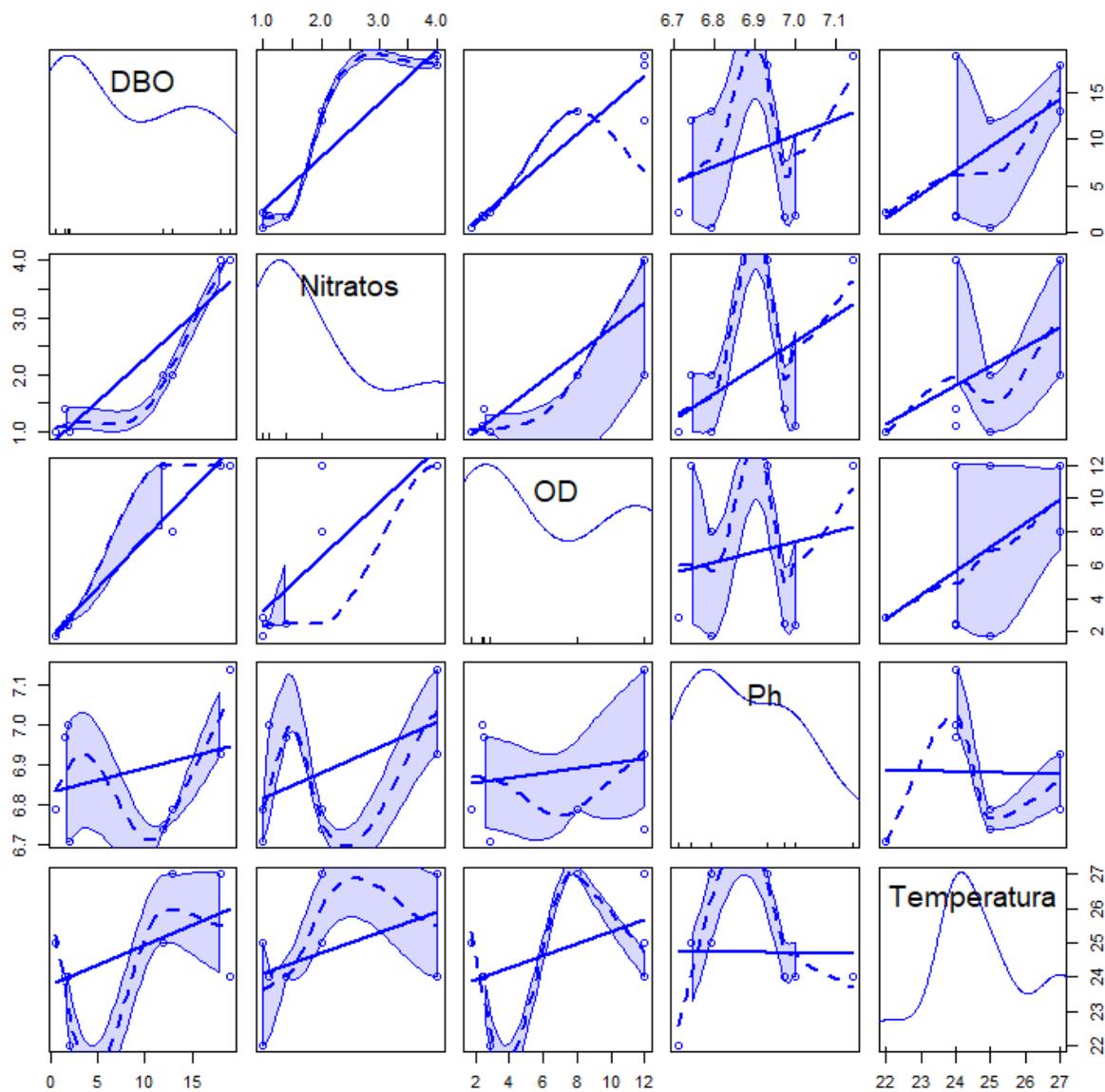


Figura 23.- Estimación de densidad de Kernel y la proyección de las tendencias para cada parámetro.

Elaborado por: (Autor, 2022).

5. CONCLUSIONES

- El Índice de calidad del agua propuesto por Brown et al. (1970) determinó que la calidad de agua del estero Orienco es mala con problemas de contaminación, mientras que, el Índice de calidad de agua calibrado por Moretto et al. (2012), muestra una categoría entre mala y muy mala. Los dos Índices son una Herramienta eficiente para el monitoreo de calidad de agua en la región amazónica permitiendo establecer con precisión la situación actual de las cuencas hídricas.
- Los valores de los parámetros obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la Tabla 2 (CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS) y Tabla 9 (LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE) del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente a excepción de los coliformes fecales que alcanza un valor máximo de 250000 ufc/100 ml.
- El análisis comparativo de parámetros entre el estudio realizado en diciembre 2019 con el presente estudio de julio 2022 muestra diferencias estadísticamente significativas para: Nitratos, Oxígeno Disuelto y Demanda bioquímica de oxígeno mientras que los valores de Temperatura y Potencial de hidrógeno no lo tienen.

6. RECOMENDACIONES

- Incluir en la Tabla 2 y 9 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A criterios de límite máximo permisible para Demanda bioquímica de oxígeno, Fosfato, Sólidos totales disueltos y Turbidez. Condiciones que contribuirán a mejorar el desempeño de programas de monitoreo y remediación ambiental.
- El GAD Municipal de Lago Agrio, población local y demás actores se deben involucrar en la gestión ambiental de todos los cuerpos hídricos del cantón para garantizar recursos con agua limpia y equilibrio ecológico en los ecosistemas. Además, se debe tomar en cuenta las condiciones climáticas ya que pueden influir en las mediciones, lo que afectaría la clasificación de la calidad del agua.
- Se recomienda realizar actividades de monitoreo frecuente considerando que, para próximos estudios del índice de la calidad de agua, agregar más parámetros para obtener de forma más específica y detallada los agentes de contaminación con la finalidad de promover la implantación de acciones para la recuperación y protección del estero.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo Ministerial 097-A (2016). Acuerdo Ministerial 097-A. Quito: Ministerio de Medio Ambiente.
- American Public Health Association (A PHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Pollution Control Federation (WPCF). (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid (España): Diaz de Santos.
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. En A. Constituyente, *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Ball, R., & Church, R. (1980). *Water Quality Indexing And Scoring*. *Journal Of The Environmental Engineering Division, American Society Of Civil Engineers*, 106, EE4
- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorío, B., Suatunce, P., Diaz-Ocampo, E., & Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Ciencia UNEMI*, 109 - 117.
- Bauder, W. A. (2017). *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales* .
- BRASIL. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 18 mar. 2005.
- Brown, R. M. (1970). *A Water Quality Index - Do We Dare? Water and Sewage Works*.
- Brown, L., & Barnwell, T. (1987). *The Enhanced Stream Water Quality Models. Documentation and User Manual, Environmental Agency Protection, EPA*
- Briñez K, Guarnizo J, Arias S. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* 2012; 30(2): 175-182
- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos ,sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>.
- Burbano Legarda, L. (2000). Medición de corrientes de agua. *Ciencias agrícolas*, 350-351.

- Carrillo, M. S., & Urgilés, P. D. (2016). *Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig*. Universidad de Cuenca facultad de ciencias químicas. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Canchapoma K, Casas K, Palacin A, Rojas D, Vargas I. La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín. *Ingenium*. 2016;01(02):35–9
- Campaña, A., Gualoto, E., & Chiluisa, V. (20 de 04 de 2017). *Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito*. Recuperado el 31 de 05 de 2020, de <http://revistabionatura.com/2017.02.02.6.html>
- Chamorro Chandi, A. A., & Obando Alvarado, J. L. (2015). *Rendimiento en el área basal y composición florística en tres tipos de bosques secundarios, provincia de Sucumbíos*. Provincia de Sucumbíos, cantón Lago Agrio, parroquia El Eno (Bachelor's thesis).
- Corral, J. M. (2021). *Universidad del Azuay*. Obtenido de Análisis y desarrollo de aplicación WEB para el análisis estadístico de datos de encuestas.: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11154/1/16692.pdf>
- Fernández, N., Ramírez, A. y Solano F. 2003. Índices fisicoquímicos de calidad del agua –Un estudio comparativo. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible. Valle del Cauca –Colombia.
- Fernandez Parada, N. J., & Solano Ortega, F. (2005). Índices de Calidad y de Contaminación del Agua. Norte de Santander, Colombia.
- FLACSO. Sede Ecuador, Ministerio del Ambiente de Ecuador & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. GEO Ecuador 2008 Inf sobre el estado del medio Ambiente Capítulo 3 Estado del Agua 55-72. 2008;1:105.
- Gobierno autónomo descentralizado municipal del Cantón Lago Agrio, Plan de ordenamiento territorial (PDOT). (2019). Sucumbíos.
- González Valencia, A. (2014). *Manual piragüero 3 - Medición del caudal*. Medellín, Colombia: Corantioquia.

- Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia. *Línea de investigación: Saneamiento ambiental*, 97-98.
- INRENA. (2005). Manual de Hidrometría. *Instituto Nacional de Recursos Naturales Ministerio de Agricultura.*, 1-24.
- Jean, P. (2013). *Programa regulatorio agrícola: Recursos para agricultores. Nitrati en el agua potable*. Water Boards, 1
- Lenntech. 2006. Agua residual & purificación del aire. Holding B.V. Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft, Holanda)
- MAE. (2015). Libro VI, Anexo I. En M. d. Ambiente, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Ecuador
- Mendoza Caicedo, S. D., & Rodriguez Lindao, J. J. (2018). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del embalse Chongón provincia del Guayas durante los dos últimos trimestres del 2018*. Universidad de guayaquil facultad de ciencias químicas carrera de química y farmacia, <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39965/1/BCIEQ-T-0374%20Mendoza%20Caicedo%20Sergio%20David%3b%20Rodr%3adguez%20Lindao%20Jehinson%20Joao.pdf>.
- Minaya Vela, R. J. (2017). *Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la alguna moronacocha, época de transición creciente-variante. Iquitos. Perú*. Perú.
- Moretto, D. L., Panta, E., Costa, A. B., Lobo, E. A. Calibration of Water Quality Index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA) Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(1): 29-42. 2012.
- Muñoz Nava , H., & Suárez Sánchez, J. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a3.pdf>.

- Muñoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suárez, J., & Jiménez, J. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000500005.
- Nugra F, Segovia E, Benítez M, Reinoso D. *Guía metodológica para el biomonitoreo de macroinvertebrados e ictiofauna en la cuenca del río Napo, Ecuador*. SENAGUA, OTCA. Cuenca, Ecuador. 79pp. 2016. 1–118 p.
- OMM. (2011). Adquisición y procesos de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones. En OMM, *Guía de prácticas hidrológicas - Hidrología- De la medición a la información* (pags. 180-182). Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Ott. W. (1981). *Environmental indices, theory and practice*. Michigan: Ann Arbor Science.
- Pérez Díaz, J.P., & Ortega Escobar, H. M.(2018). Concentración de nitratos, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, Recuperado de <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2152/Concentracion%20de%20nitrato%2c%20fosfato%2c%20boro%20y%20cloruro%20en%20el%20agua%20del%20rio%20Lerma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez J, Martínez L, Castellanos L, Mora A, Rocha Z. *Macroinvertebrate bioindicators of water quality in artificial hydrological systems in the department of boyacá, colombia*. *Prod y Limpia*. 2020;15(1):35–48.
- Posselt, E. L., Costa, A. B., Lobo, E. A. Software IQADData 2015. Registro no INPI BR 512015000890-0, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais (PPGSPI), Programa em Tecnologia Ambiental - Mestrado e Doutorado (PPGTA), UNISC, 2015. Disponível em: <http://www.unisc.br/ppgspi>. 2015.
- Roldán G. *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat*. 2016;40(155):254.

- RStudio Team. (2021). *RStudio*. <https://www.rstudio.com/>
- Sinche, F., Vaca, L., Segura, E., Carrera, P., & Manuel, C. (2022). Determinación de la calidad ecológica del agua en el arroyo Orienco utilizando macroinvertebrados bentónicos en la Amazonía Norte Ecuatoriana. *Society of environmental toxicology and chemistry*.
- Sucoshañay J. y Gutiérrez J. E. (2015). “Diagnóstico de la calidad de las aguas fluviales de la cuenca del río Puyo”. Encuentro de Geógrafos de América Latina EGAL 2015. *Palacio de las Convenciones*, La Habana, Cuba.
- Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., Rincón, A., & Pacheco. (2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando ION*.
- Torres, Patricia, Cruz, Camilo H, Patiño, Paola, Escobar, Juan Carlos, & Pérez, Andrea. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua -ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación* , 30 (3), 86-95. Recuperado el 03 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092010000300007&lng=en&tlng=es.
- TULSMA. (2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. 31/03/2003. Quito. Título y artículo agregados por Decreto Ejecutivo No. 1589, publicado en Registro Oficial 320 de 25 de Julio del 2006.
- Univalle y Emcali.,(2009). Fortalecimiento de las Capacidades analíticas para Identificación de Riesgos sanitarios en el Agua cruda del Río Cauca y Aplicación de Estrategias para la Minimización del Riesgo en los Procesos de Potabilización., *Proyecto de investigación*, Cali, 2009.
- Varela, GCN (2016). Orienco y sus consecuencias ambientales mediante la aplicación de un SIG, en el cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos (Tesis de pregrado de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente). Universidad Nacional de Loja. 176 págs.

- Valero-Mora, P. M. (2010). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. En Journal of Statistical Software (Vol. 35, Número Book Review 1). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.18637/jss.v035.b01>
- Villegas Jiménez, N. E. (2011). Determinación de índice de contaminación por materia orgánica *ICOMO*. CORMACARENA, 2-3.
- Zouiten , H. (2012). Análisis Mediante Modelado Avanzado de Procesos de Eutrofización en Lagunas Litorales: Aplicación a Masas de Agua Atlánticas y Mediterráneas. Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente , 40-41.

8. ANEXOS

Anexo 1. Tabla 2. Criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marina y estuarios.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuarios
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoníaco Total ⁽²⁾	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80	>60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05

Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6,5 - 9	6,5 - 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	max incremento del 10% de la condición natural.	-

(1) Aluminio: Si el Ph es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

(2) Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

(3) Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 µg/l

Anexo 2. Tabla 9. Los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceite y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkíl mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁺	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000

Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniaco	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3

Tensoactivos	Sustancia Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 3. Velocidad del flotador en los puntos de muestreo.



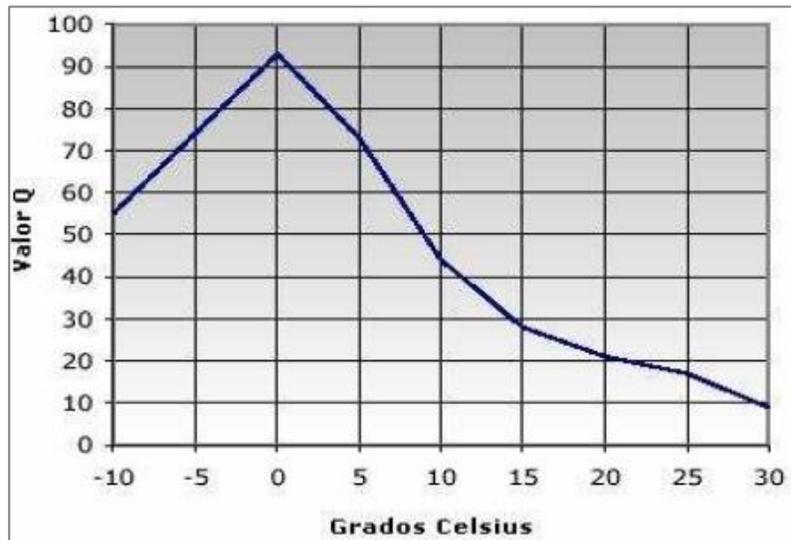
Anexo 4. Toma de muestras en el estero Orienco.



Anexo 5. Muestras etiquetadas.

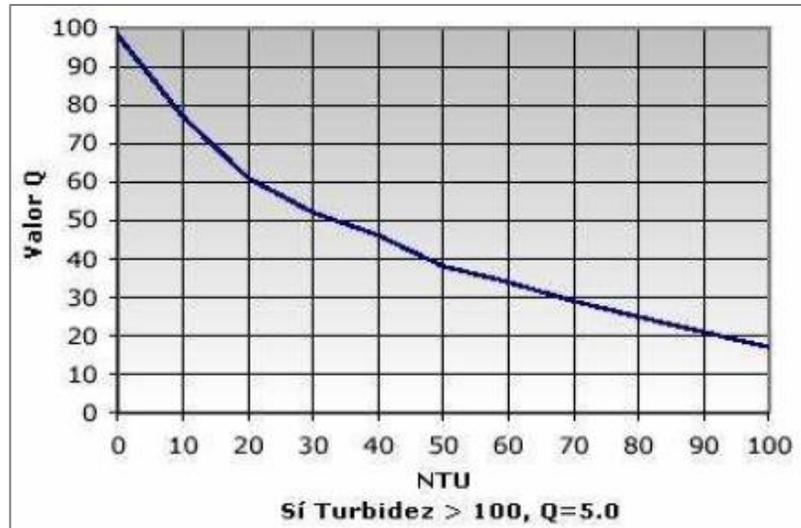


Anexo 6. Curvas Funcionales WQI-NSF (1970).



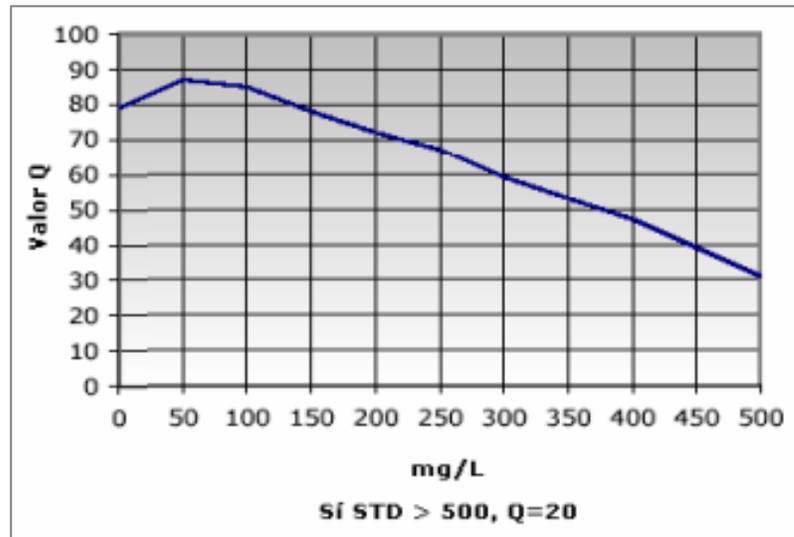
Anexo 6.1. Función de calidad NSF Temperatura °C.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



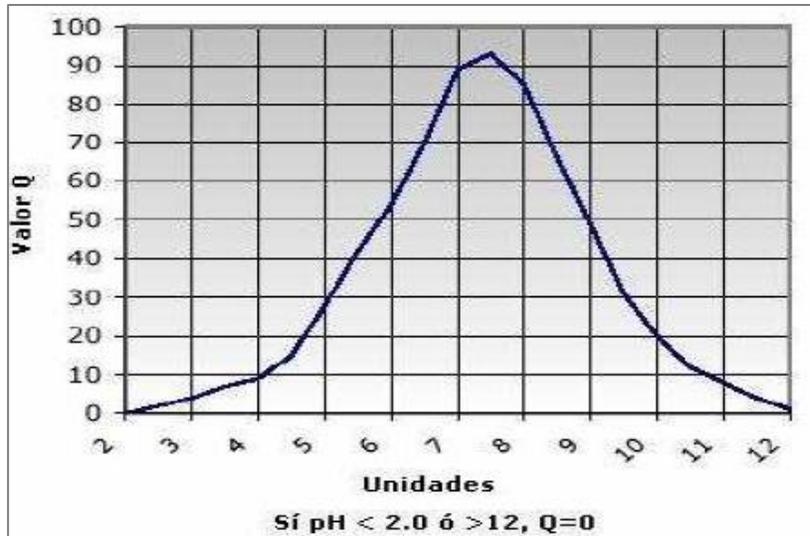
Anexo 6.2. Función de calidad NSF Turbidez.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



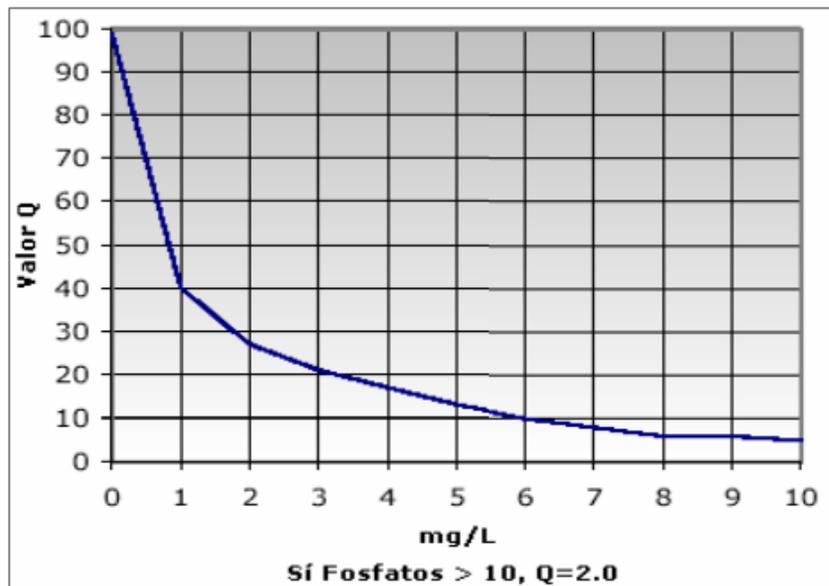
Anexo 6.3. Función de calidad NSF Sólidos Disueltos.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



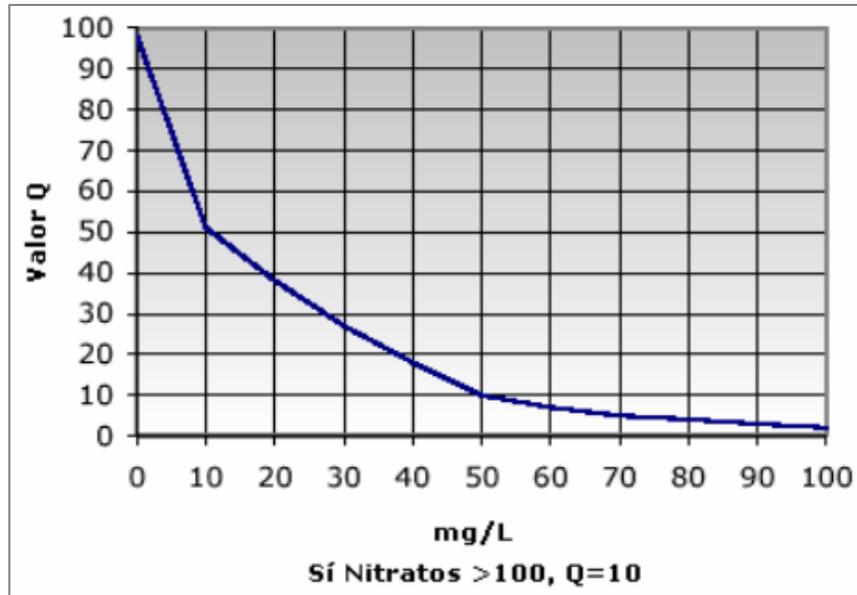
Anexo 6.4. Función de calidad NSF Potencial de hidrógeno.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



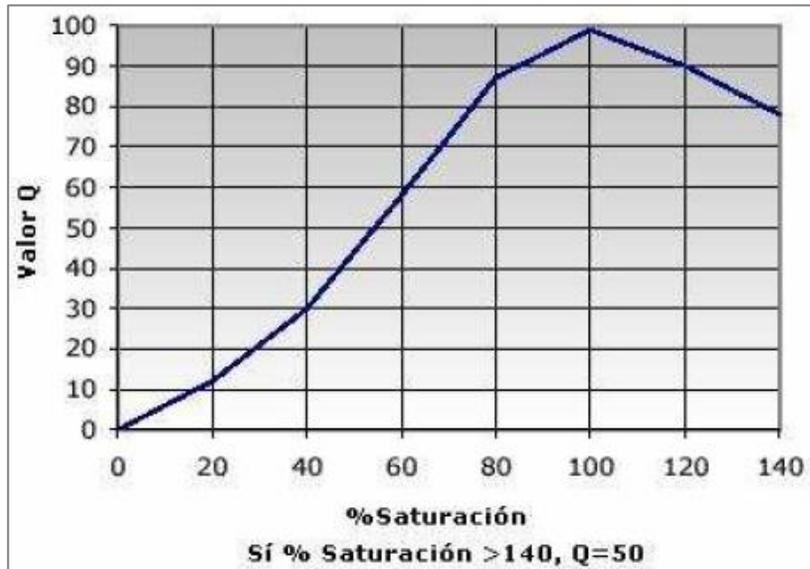
Anexo 6.5. Función de calidad NSF Fosfatos.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



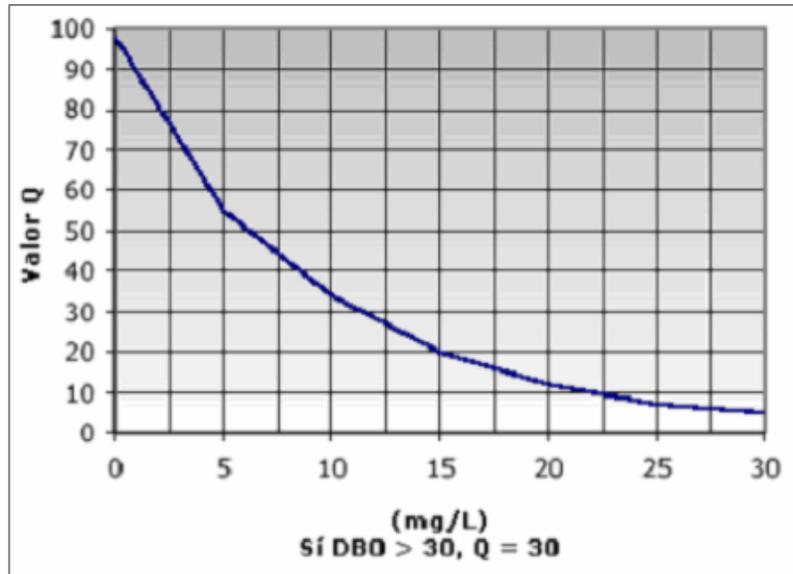
Anexo 6.6. Función de calidad NSF Nitratos.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



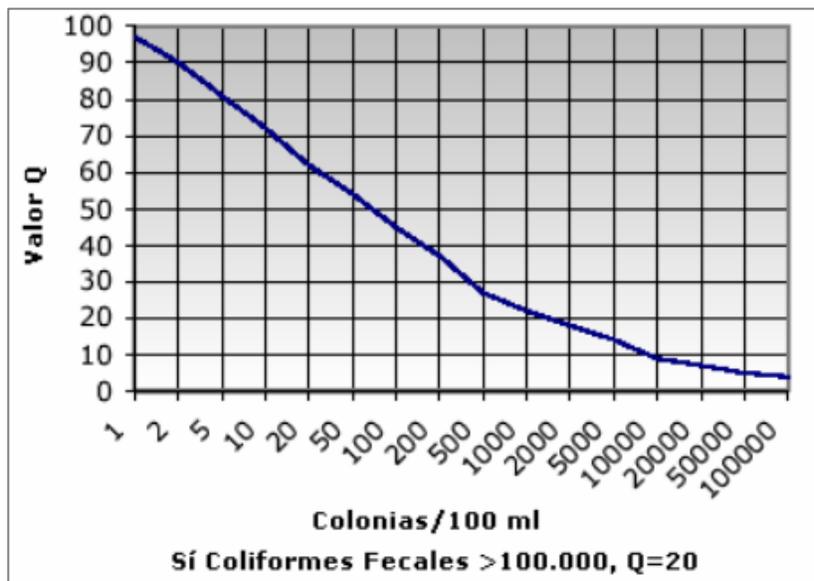
Anexo 6.7. Función de calidad NSF Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



Anexo 6.8. Función de calidad NSF Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Fuente: (Brown R. M., 1970).



Anexo 6.9. Función de calidad NSF Coliformes fecales.

Fuente: (Brown R. M., 1970).

Anexo 8. Resultados del laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del estero Orienco.

Anexo 8.1.- Resultados del laboratorio del punto 1.

	ANÁLISIS DE AGUA	
	Informe de Ensayo	
	Nº: 147 092	

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Coca, 16 de agosto de 2022

Solicitado por: Sr. Jorge León

Dirección: Lago Agrio

Fecha de toma de muestra: 2 022/07/29 Hora: 11:00

Responsable: Sr. Jorge León

Identificación de la muestra: Agua tomada en el estero Orienco.

Coordenadas: x: 287782.00 E y: 9266.00 N

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha ingreso al Laboratorio: 2 022/07/29 Hora: 17:30

Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C

Fecha del análisis: 2 022/07/29 a 2 022/08/16

T. Mín: 21,5°C

Código de LabSu: a 25 464 SPS: 22 - 2 154

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado / PEE - LABSU	Unidad	Código a 25 464	Incertidumbre (k=2) ⁽²⁾
1	Coliformes fecales	HACH 8023 / PEE-LABSU-53	ufc/100 mL	2,4x10 ⁴ 5	± 5 %
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B / PEE-LABSU-09	mg/L	2,07	~
3	Fosfato	HACH 8048 / PEE-LABSU-19	mg/L	< 1,00	± 13 %
4	Nitratos	SM 4500-NO3 B/ PEE-LABSU-18	mg/L	1,0	± 26 %
5	*Oxígeno disuelto	SM 4500 O B/ PEE-LABSU-35	mg/L	2,85	~
6	Potencial hidrógeno	SM 9222 D / PEE-LABSU-43	~	6,71	± 0,02
7	Sólidos totales disueltos	SM 2510 B/ PEE-LABSU-50	mg/L	68,9	± 8 %
8	Turbidez	SM 2130 B/ PEE-LABSU-81	NTU	20,9	± 16 %

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- › (2) La incertidumbre declarada se basa en la incertidumbre expandida; multiplicada por un factor de cobertura k=2, que garantiza un nivel de confianza aproximada del 95%
- › Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- › El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- › El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo conforme lo solicitado por el cliente.

3.- RESPONSABLE DEL INFORME:



Firmado electrónicamente por:
**VIVIANA
PATRICIA LARA
VILLEGAS**

Ing. Viviana Lara Villegas
**DIRECCIÓN GENERAL
AUTORIZADO**

Anexo 8.2. Resultados del laboratorio del punto 2.

	ANÁLISIS DE AGUA	 Acreditación N° SAE LEN 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	Informe de Ensayo	
	N°: 147 093	

Coca, 16 de agosto de 2022

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Solicitado por: Sr. Jorge León

Dirección: Lago Agrio

Fecha de toma de muestra: 2 022/07/29 Hora: 11:00

Responsable: Sr. Jorge León

Identificación de la muestra: Agua tomada en el estero Orienco.

Coordenadas: x: 289137.00 E y: 9217.00 N

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha ingreso al Laboratorio: 2 022/07/29 Hora: 17:30

Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C

Fecha del análisis: 2 022/07/29 a 2 022/08/16

T. Mín: 21,5°C

Código de LabSu: a 25 465 SPS: 22 - 2 154

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado / PEE - LABSU	Unidad	Código a 25 465	Incertidumbre (k=2) ⁽²⁾
1	Coliformes fecales	HACH 8023 / PEE-LABSU-53	ufc/100 mL	2,5x10 ⁴ 5	± 5 %
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B / PEE-LABSU-09	mg/L	< 1,00	~
3	Fosfato	HACH 8048 / PEE-LABSU-19	mg/L	< 1,00	± 13 %
4	Nitratos	SM 4500-NO3 B / PEE-LABSU-18	mg/L	1,0	± 26 %
5	*Oxígeno disuelto	SM 4500 O B / PEE-LABSU-35	mg/L	1,73	~
6	Potencial hidrógeno	SM 9222 D / PEE-LABSU-43	~	6,79	± 0,02
7	Sólidos totales disueltos	SM 2510 B / PEE-LABSU-50	mg/L	148,6	± 8 %
8	Turbidez	SM 2130 B / PEE-LABSU-81	NTU	15,5	± 16 %

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- › (2) La incertidumbre declarada se basa en la incertidumbre expandida; multiplicada por un factor de cobertura k=2, que garantiza un nivel de confianza aproximada del 95%
- › Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- › El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- › El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo conforme lo solicitado por el cliente.

3.- RESPONSABLE DEL INFORME:



Firmado electrónicamente por:
**VIVIANA
 PATRICIA LARA
 VILLEGAS**

Ing. Viviana Lara Villegas
**DIRECCIÓN GENERAL
 AUTORIZADO**

Anexo 8.3. Resultados del laboratorio del punto 3.

	ANÁLISIS DE AGUA	 Acreditación N° SAE LEN 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	Informe de Ensayo	
	N°: 147 094	

Coca, 16 de agosto de 2022

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Solicitado por: Sr. Jorge León
 Dirección: Lago Agrio
 Fecha de toma de muestra: 2 022/07/29 Hora: 11:00 Responsable: Sr. Jorge León
 Identificación de la muestra: Agua tomada en el estero Orienco.
 Coordenadas: x: 290767.00 E y: 9791.00 N

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha ingreso al Laboratorio: 2 022/07/29 Hora: 17:30 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C
 Fecha del análisis: 2 022/07/29 a 2 022/08/16 T. Mín: 21,5°C
 Código de LabSu: a 25 466 SPS: 22 - 2 154

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado / PEE - LABSU	Unidad	Código a 25 466	Incertidumbre (k=2) ⁽²⁾
1	Coliformes fecales	HACH 8023 / PEE-LABSU-53	ufc/100 mL	4,0x10 ⁴	± 5 %
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B / PEE-LABSU-09	mg/L	1,54	~
3	Fosfato	HACH 8048 / PEE-LABSU-19	mg/L	< 1,00	± 13 %
4	Nitratos	SM 4500-NO3 B / PEE-LABSU-18	mg/L	1,4	± 26 %
5	*Oxígeno disuelto	SM 4500 O B / PEE-LABSU-35	mg/L	2,47	~
6	Potencial hidrógeno	SM 9222 D / PEE-LABSU-43	~	6,97	± 0,02
7	Sólidos totales disueltos	SM 2510 B / PEE-LABSU-50	mg/L	174,1	± 8 %
8	Turbidez	SM 2130 B / PEE-LABSU-81	NTU	16,7	± 16 %

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- › (2) La incertidumbre declarada se basa en la incertidumbre expandida; multiplicada por un factor de cobertura k=2, que garantiza un nivel de confianza aproximada del 95%
- › Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- › El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- › El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo conforme lo solicitado por el cliente.

3.- RESPONSABLE DEL INFORME:



Elmundo digitalizado por:
**VIVIANA
 PATRICIA LARA
 VILLEGAS**

Ing. Viviana Lara Villegas
**DIRECCIÓN GENERAL
 AUTORIZADO**

Anexo 8.4. Resultados del laboratorio del punto 4.

	ANÁLISIS DE AGUA	
	Informe de Ensayo	
	Nº: 147 095	

Coca, 16 de agosto de 2022

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Solicitado por: Sr. Jorge León

Dirección: Lago Agrio

Fecha de toma de muestra: 2 022/07/29 Hora: 11:00

Responsable: Sr. Jorge León

Identificación de la muestra: Agua tomada en el estero Orienco.

Coordenadas: x: 292845.00 E y: 11220.00 N

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha ingreso al Laboratorio: 2 022/07/29 Hora: 17:30

Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C

Fecha del análisis: 2 022/07/29 a 2 022/08/16

T. Mín: 21,5°C

Código de LabSu: a 25 467 SPS: 22 - 2 154

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado / PEE - LABSU	Unidad	Código a 25 467	Incertidumbre (k=2) ⁽²⁾
1	Coliformes fecales	HACH 8023 / PEE-LABSU-53	ufc/100 mL	3,0x10 ⁴	± 5 %
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B / PEE-LABSU-09	mg/L	1,80	~
3	Fosfato	HACH 8048 / PEE-LABSU-19	mg/L	< 1,00	± 13 %
4	Nitratos	SM 4500-NO3 B / PEE-LABSU-18	mg/L	1,1	± 26 %
5	*Oxígeno disuelto	SM 4500 O B / PEE-LABSU-35	mg/L	2,44	~
6	Potencial hidrógeno	SM 9222 D / PEE-LABSU-43	~	7,00	± 0,02
7	Sólidos totales disueltos	SM 2510 B / PEE-LABSU-50	mg/L	165,5	± 8 %
8	Turbidez	SM 2130 B / PEE-LABSU-81	NTU	17,0	± 16 %

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- › (2) La incertidumbre declarada se basa en la incertidumbre expandida; multiplicada por un factor de cobertura k=2, que garantiza un nivel de confianza aproximada del 95%
- › Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- › El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- › El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo conforme lo solicitado por el cliente.

3.- RESPONSABLE DEL INFORME:



Firmado electrónicamente por:
**VIVIANA
 PATRICIA LARA
 VILLEGAS**

Ing. Viviana Lara Villegas
**DIRECCIÓN GENERAL
 AUTORIZADO**

Anexo 9. Determinación del Índice de calidad de agua NSF.

Análisis de calidad del agua del estero Orienco PUNTO 1 - MUESTREO N°1 (2022/07/29)							
N°	Parámetros	Unidades	Valores	Peso relativo	I	IW	
1	Coliformes fecales	ufc/100 ml	2,4x10 ⁵	0.16	20	3.2	
2	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	2,07	0.11	80	8.8	
3	Fosfato	mg/l	0.87	0.1	70	7	
4	Nitratos	mg/l	1,0	0.1	95	9.5	
5	Oxígeno disuelto	mg/l	2,85	0.17	1.7	0.289	
6	Potencial hidrógeno	-	6,71	0.11	78	8.58	
7	Solidos totales disueltos	mg/l	68,9	0.07	88	6.16	
8	Turbidez	NTU	20,9	0.08	60	4.8	
9	Temperatura	°C	22	0.1	20	2	
TOTAL				1		50.329	Mala

Análisis de calidad del agua del estero Orienco PUNTO 2 - MUESTREO N°2 (2022/07/29)							
N°	Parámetros	Unidades	Valores	Peso relativo	I	IW	
1	Coliformes fecales	ufc/100 ml	2,5x10 ⁵	0.16	20	3.2	
2	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	0.5	0.11	95	10.45	
3	Fosfato	mg/l	0.87	0.1	70	7	
4	Nitratos	mg/l	1,0	0.1	95	9.5	
5	Oxígeno disuelto	mg/l	1.73	0.17	0.4	0.068	
6	Potencial hidrógeno	-	6,79	0.11	78	8.58	
7	Solidos totales disueltos	mg/l	148.6	0.07	79	5.53	
8	Turbidez	NTU	15.5	0.08	68	5.44	
9	Temperatura	°C	25	0.1	16	1.6	
TOTAL				1		51.368	Media

Análisis de calidad del agua del estero Orienco							
PUNTO 3 - MUESTREO N°3 (2022/07/29)							
N°	Parámetros	Unidades	Valores	Peso relativo	I	IW	
1	Coliformes fecales	ufc/100 ml	4,0x10 ⁴	0.16	7	1.12	
2	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	1.54	0.11	86	9.46	
3	Fosfato	mg/l	0.87	0.1	70	7	
4	Nitratos	mg/l	1,4	0.1	98	9.8	
5	Oxígeno disuelto	mg/l	2,47	0.17	1.4	0.238	
6	Potencial hidrógeno	-	6,97	0.11	89	9.79	
7	Solidos totales disueltos	mg/l	174.1	0.07	75	5.25	
8	Turbidez	NTU	16.7	0.08	65	5.2	
9	Temperatura	°C	24	0.1	18	1.8	
TOTAL				1		49.658	Mala

Análisis de calidad del agua del estero Orienco							
PUNTO 4 - MUESTREO N°4 (2022/07/29)							
N°	Parámetros	Unidades	Valores	Peso relativo	I	IW	
1	Coliformes fecales	ufc/100 ml	3,0x10 ⁴	0.16	8	1.28	
2	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	1.8	0.11	83	9.13	
3	Fosfato	mg/l	< 1,00	0.1	70	7	
4	Nitratos	mg/l	1,1	0.1	96	9.6	
5	Oxígeno disuelto	mg/l	2,44	0.17	1.4	0.238	
6	Potencial hidrógeno	-	7	0.11	90	9.9	
7	Solidos totales disueltos	mg/l	165.5	0.07	77	5.39	
8	Turbidez	NTU	17	0.08	64	5.12	
9	Temperatura	°C	24	0.1	18	1.8	
TOTAL				1		49.458	Mala

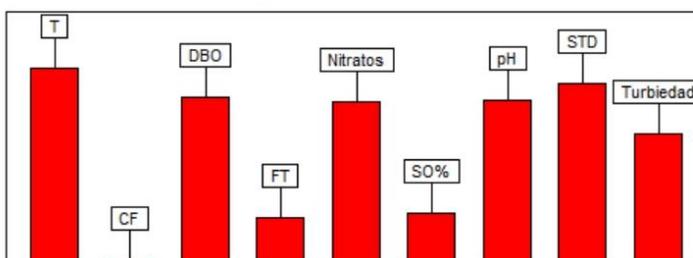
Anexo 10. Determinación del Índice de calidad de agua calibrado por Moretto et al., (2012).
Anexo 10. 1. Determinación del Punto 1.

IQADATA...: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA					
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul					
Dirección: Av. Independência, 2293					
Barrio: Universitario					
Ciudad: Santa Cruz do Sul			Código postal: 96815-900		
Sitio: www.unisc.br			Teléfono: (51) 3717-7300		
Departamento: Enq. Produção			E-mail: adilson@unisc.br		
Contacto: Adilson					
Identificación de la muestra					
Local: P1			Fecha: 29/07/2021 Hora: 11:00:00		
Bacia Hidrográfica: Atlântico Sul			Ciudad: VENÂNCIO AIRES		
Condiciones climáticas: Seco			Corpo Hídrico: ESTERO ORIENCO		
Altitud (m): 306			Coordenadas GPS (arados): 287782 E 9266.00 N		
Nota: NACIMIENTO DEL ESTERO					
ICA: ESTERO ORIENCO P1					
Variable	Unidad	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referencia (Tr)	° C		22.00		
Temperatura (Ti)	° C		22.00		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,030	0,00	93,00	1,15
Oxígeno disuelto	mg / L, O2		2,87		
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,230	240000,00	2,00	1,17
Demanda bioquímica de oxígeno	mg / L, O2	0,080	2,07	79,14	1,42
Fósforo total	mg / L, P	0,160	0,87	22,54	1,65
Nitratos	mg / L de NO3 - N	0,070	1,00	77,19	1,36
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	mg / L, N		1,00	77,19	
Saturación de oxígeno	%	0,200	34,03	24,28	1,89
pH	-	0,050	6,71	78,03	1,24
Sólidos totales disueltos	mg / L	0,060	68,90	85,44	1,31
Turbiedad	NTU	0,120	20,90	62,33	1,64

Clasificación Muy malo

21,46

Clasificación	Valor de ICA
Muy malo	0-25
Malo	26 a 50
Regular	51 a 70
Buena	71 a 90
Excelente	91 a 100



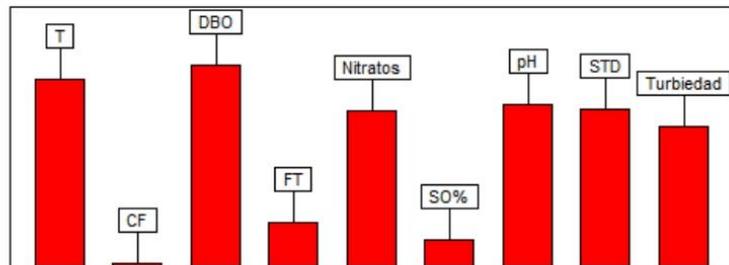
Anexo 10. 2. Determinación del Punto 2.

IQAData...: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA					
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul					
Dirección: Av. Independência, 2293					
Barrio: Universitário					
Ciudad: Santa Cruz do Sul			Código postal: 96815-900		
Sitio: www.unisc.br			Teléfono: (51) 3717-7300		
Departamento: Ena. Produção			E-mail: adilson@unisc.br		
Contacto: Adilson					
Identificación de la muestra					
Local: P2		Fecha: 29/07/202; Hora: 11:00:00			
Bacia Hidrográfica: Atlântico Sul		Ciudad: VENÂNCIO AIRES			
Condiciones climáticas: Seco		Corpo Hídrico: ESTERO ORIENCO			
Altitud (m): 303		Coordenadas GPS (grados): 289137 E. 9217 N			
Nota: INICIO DE LA ZONA COMERCIAL					
ICA: ESTERO ORIENCO P2					
Variable	Unidad	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referencia (Tr)	° C		25,00		
Temperatura (Ti)	° C		25,00		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,030	0,00	93,00	1,15
Oxígeno disuelto	mg / L. O2		1,73		
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,230	250000,00	2,00	1,17
Demanda bioquímica de oxígeno	mg / L. O2	0,080	0,50	100,00	1,45
Fósforo total	mg / L. P	0,160	0,87	22,54	1,65
Nitratos	mg / L de NO3 - N	0,070	1,00	77,19	1,36
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	mg / L. N		1,00	77,19	
Saturación de oxígeno	%	0,200	21,72	13,85	1,69
pH	-	0,050	6,79	80,95	1,25
Sólidos totales disueltos	mg / L	0,060	148,60	77,96	1,30
Turbiedad	NTU	0,120	15,50	69,55	1,66

Clasificación Muy malo

19,73

Clasificación	Valor de ICA
Muy malo	0-25
Malo	26 a 50
Regular	51 a 70
Buena	71 a 90
Excelente	91 a 100



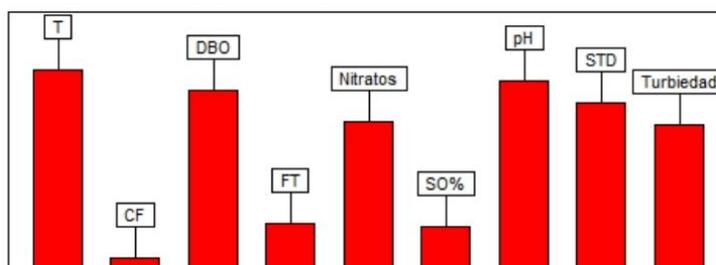
Anexo 10.3. Determinación del punto 3.

IQADATA... ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA					
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul					
Dirección: Av. Independência. 2293					
Barrio: Universitario					
Ciudad: Santa Cruz do Sul			Código postal: 96815-900		
Sitio: www.unisc.br			Teléfono: (51) 3717-7300		
Departamento: Ena. Produção					
Contacto: Adilson			E-mail: adilson@unisc.br		
Identificación de la muestra					
Local: P3		Fecha: 29/07/2021 Hora: 11:00:00			
Bacia Hidrográfica: Atlântico Sul		Ciudad: VENÂNCIO AIRES			
Condiciones climáticas: Seco		Corpo Hídrico: ESTERO ORIENTCO			
Altitud (m): 295		Coordenadas GPS (arados): 290767 E. 9791.00 N			
Nota: FIN DE LA ZONA COMERCIAL					
ICA: ESTERO ORIENTCO P3					
Variable	Unidad	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referencia (Tr)	° C		24,00		
Temperatura (Ti)	° C		24,00		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,030	0,00	93,00	1,15
Oxígeno disuelto	mg / L, O2		2,47		
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,230	40000,00	6,37	1,53
Demanda bioquímica de oxígeno	mg / L, O2	0,080	1,54	83,87	1,43
Fósforo total	mg / L, P	0,160	0,87	22,54	1,65
Nitratos	mg / L de NO3 - N	0,070	1,40	68,86	1,34
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	mg / L, N		1,40	68,86	
Saturación de oxígeno	%	0,200	30,40	20,80	1,83
pH	-	0,050	6,97	87,68	1,25
Sólidos totales disueltos	mg / L	0,060	147,10	78,13	1,30
Turbiedad	NTU	0,120	16,70	67,86	1,66

Clasificación Malo

27,36

Clasificación	Valor de ICA
Muy malo	0-25
Malo	26 a 50
Regular	51 a 70
Buena	71 a 90
Excelente	91 a 100



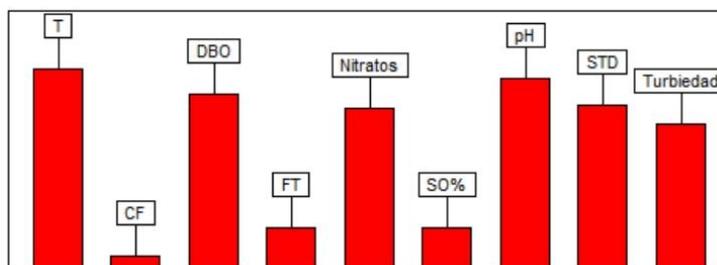
Anexo 10.4. Determinación del punto 4.

IQADATA...: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA					
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul					
Dirección: Av. Independência. 2293					
Barrio: Universitario					
Ciudad: Santa Cruz do Sul			Código postal: 96815-900		
Sitio: www.unisc.br			Teléfono: (51) 3717-7300		
Departamento: Ena. Produção					
Contacto: Adilson			E-mail: adilson@unisc.br		
Identificación de la muestra					
Local: P4		Fecha: 29/07/2021		Hora: 11:00:00	
Bacia Hidrográfica: Atlântico Sul		Ciudad: VENÂNCIO AIRES			
Condiciones climáticas: Seco		Corpo Hídrico: ESTERO ORIENCO			
Altitud (m): 295		Coordenadas GPS (arados): 292845 E 1122.00E			
Nota: DESEMBOCADURA TETEYE					
ICA: ESTERO ORIENCO P4					
Variable	Unidad	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referencia (Tr)	° C		24,00		
Temperatura (Ti)	° C		24,00		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,030	0,00	93,00	1,15
Oxígeno disuelto	mg / L. O2		2,44		
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,230	30000,00	7,20	1,57
Demanda bioquímica de oxígeno	mg / L. O2	0,080	1,80	81,51	1,42
Fósforo total	mg / L. P	0,160	1,00	20,52	1,62
Nitratos	mg / L de NO3 - N	0,070	1,10	75,10	1,35
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	mg / L. N		1,10	75,10	
Saturación de oxígeno	%	0,200	30,03	20,46	1,83
pH	-	0,050	7,00	88,82	1,25
Sólidos totales disueltos	mg / L	0,060	165,50	76,08	1,30
Turbiedad	NTU	0,120	17,00	67,44	1,66

Clasificación Malo

27,69

Clasificación	Valor de ICA
Muy malo	0-25
Malo	26 a 50
Regular	51 a 70
Buena	71 a 90
Excelente	91 a 100



Anexo 11. Codificación en Rstudio.

Tabla 2

Jorge León Arcos

2022-10-02

2022-10-02

```
## Loading required package: splines
## Loading required package: RcmdrMisc
## Loading required package: car
## Loading required package: carData
## Loading required package: sandwich
## Loading required package: effects
## lattice theme set by effectsTheme()
## See ?effectsTheme for details.
## La interfaz R-Commander sólo funciona en sesiones interactivas
##
## Attaching package: 'Rcmdr'
## The following object is masked from 'package:base':
##
##   errorCondition
> Dataset <-
+ read.table("C:/Users/HP/Desktop/TESIS UEA/R/COMPARATIVAS NORMA/TABLA2/Libro1.csv",
+   header=TRUE, stringsAsFactors=TRUE, sep=";", na.strings="NA", dec=".",
+   strip.white=TRUE)
```

Test de Wilcoxon: Nitratos ~ Estudio

```
> Tapply(Nitratos ~ Estudio, median, na.action=na.omit, data=Dataset)
      a      b
1.05 13.00
> # medians by group
> wilcox.test(Nitratos ~ Estudio, alternative="two.sided", data=Dataset)
Warning in wilcox.test.default(x = DATA[[1L]], y = DATA[[2L]], ...): cannot
compute exact p-value with ties
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Nitratos by Estudio

W = 0, p-value = 0.2765

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Test de Wilcoxon: Oxigeno.disuelto ~ Estudio

```
> Tapply(Oxigeno.disuelto ~ Estudio, median, na.action=na.omit, data=Dataset)
```

```
      a      b  
2.455 8.000
```

```
> # medians by group
```

```
> wilcox.test(Oxigeno.disuelto ~ Estudio, alternative="two.sided",  
+ data=Dataset)
```

Wilcoxon rank sum exact test

data: Oxigeno.disuelto by Estudio

W = 0, p-value = 0.4

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Test de Wilcoxon: Potencial.hidrogeno ~ Estudio

```
> Tapply(Potencial.hidrogeno ~ Estudio, median, na.action=na.omit,  
+ data=Dataset) # medians by group
```

```
      a      b  
6.88 6.50
```

```
> wilcox.test(Potencial.hidrogeno ~ Estudio, alternative="two.sided",  
+ data=Dataset)
```

Wilcoxon rank sum exact test

data: Potencial.hidrogeno by Estudio

W = 4, p-value = 0.4

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

TESIS UEA AM097A T9

Jorge León Arcos

2022-10-02

```
## Loading required package: splines
```

```
## Loading required package: RcmdrMisc
```

```

## Loading required package: car
## Loading required package: carData
## Loading required package: sandwich
## Loading required package: effects
## lattice theme set by effectsTheme()
## See ?effectsTheme for details.

## La interfaz R-Commander sólo funciona en sesiones interactivas

##
## Attaching package: 'Rcmdr'

## The following object is masked from 'package:base':
##
##      errorCondition

> Dataset <-
+   read.table("C:/Users/HP/Desktop/TESIS UEA/R/COMPARATIVAS NORMA/TABLA 9/
+   TABLA9.csv",
+   header=TRUE, stringsAsFactors=TRUE, sep=";", na.strings="NA", dec=".",
+   strip.white=TRUE)

```

Test de Wilcoxon: Coliformes.fecales ~ Estudio

```

> Tapply(Coliformes.fecales ~ Estudio, median, na.action=na.omit,
+   data=Dataset) # medians by group

      a      b
140000  2000

> wilcox.test(Coliformes.fecales ~ Estudio, alternative="two.sided",
+   data=Dataset)

      Wilcoxon rank sum exact test

data: Coliformes.fecales by Estudio
W = 4, p-value = 0.4
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```

Test de Wilcoxon: Potencial.hidrogeno ~ Estudio

```

> Tapply(Potencial.hidrogeno ~ Estudio, median, na.action=na.omit,
+   data=Dataset) # medians by group

      a      b
6.88 6.00

> wilcox.test(Potencial.hidrogeno ~ Estudio, alternative="two.sided",
+   data=Dataset)

```

```

Wilcoxon rank sum exact test

data:  Potencial.hidrogeno by Estudio
W = 4, p-value = 0.4
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Test de Wilcoxon: Temperatura ~ Estudio

> Tapply(Temperatura ~ Estudio, median, na.action=na.omit, data=Dataset)

 a  b
24 24

> # medians by group
> wilcox.test(Temperatura ~ Estudio, alternative="two.sided", data=Dataset)

Warning in wilcox.test.default(x = DATA[[1L]], y = DATA[[2L]], ...): cannot
compute exact p-value with ties

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  Temperatura by Estudio
W = 2, p-value = 1
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```

TESIS_UEA_2019-2022

Jorge León Arcos

2022-10-02

2022-10-02

```

## Loading required package: splines
## Loading required package: RcmdrMisc
## Loading required package: car
## Loading required package: carData
## Loading required package: sandwich
## Loading required package: effects
## lattice theme set by effectsTheme()
## See ?effectsTheme for details.

## La interfaz R-Commander sólo funciona en sesiones interactivas

```

```
##
## Attaching package: 'Rcmdr'

## The following object is masked from 'package:base':
##
##      errorCondition

> Dataset <-
+ read.table("C:/Users/HP/Desktop/TESIS UEA/R/COMPARATIVAS 2019_2022/Libr
01.csv",
+ header=TRUE, stringsAsFactors=TRUE, sep=";", na.strings="NA", dec=".",
+ strip.white=TRUE)
```

Test t para muestras independientes: DBO~Estudio

```
> t.test(DBO~Estudio, alternative='two.sided', conf.level=.95,
+ var.equal=FALSE, data=Dataset)
```

Welch Two Sample t-test

```
data: DBO by Estudio
t = -7.8373, df = 3.229, p-value = 0.00331
alternative hypothesis: true difference in means between group a and group
b is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -19.494702 -8.550298
sample estimates:
mean in group a mean in group b
      1.4775      15.5000
```

Test t para muestras independientes: Nitratos~Estudio

```
> t.test(Nitratos~Estudio, alternative='two.sided', conf.level=.95,
+ var.equal=FALSE, data=Dataset)
```

Welch Two Sample t-test

```
data: Nitratos by Estudio
t = -3.2048, df = 3.1611, p-value = 0.04568
alternative hypothesis: true difference in means between group a and group
b is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -3.6843557 -0.0656443
sample estimates:
mean in group a mean in group b
      1.125      3.000
```

Test t para muestras independientes: OD~Estudio

```
> t.test(OD~Estudio, alternative='two.sided', conf.level=.95, var.equal=FALSE,
+ data=Dataset)
```

Welch Two Sample t-test

```
data: OD by Estudio
t = -8.4013, df = 3.3265, p-value = 0.002372
alternative hypothesis: true difference in means between group a and group
b is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -11.721465 -5.533535
sample estimates:
mean in group a mean in group b
      2.3725      11.0000
```

Test t para muestras independientes: Ph~Estudio

```
> t.test(Ph~Estudio, alternative='two.sided', conf.level=.95, var.equal=FALSE,
+ data=Dataset)
```

Welch Two Sample t-test

```
data: Ph by Estudio
t = -0.28589, df = 5.6714, p-value = 0.7851
alternative hypothesis: true difference in means between group a and group
b is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.3146158 0.2496158
sample estimates:
mean in group a mean in group b
      6.8675      6.9000
```

Test t para muestras independientes: Temperatura~Estudio

```
> t.test(Temperatura~Estudio, alternative='two.sided', conf.level=.95,
+ var.equal=FALSE, data=Dataset)
```

Welch Two Sample t-test

```
data: Temperatura by Estudio
t = -2.043, df = 5.8239, p-value = 0.0885
alternative hypothesis: true difference in means between group a and group
b is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -4.4130644 0.4130644
sample estimates:
```

mean in group a	mean in group b
23.75	25.75

Diagrama de caja: DBO ~ Estudio

```
> Boxplot(DBO ~ Estudio, data=Dataset, id=list(method="y"))
```

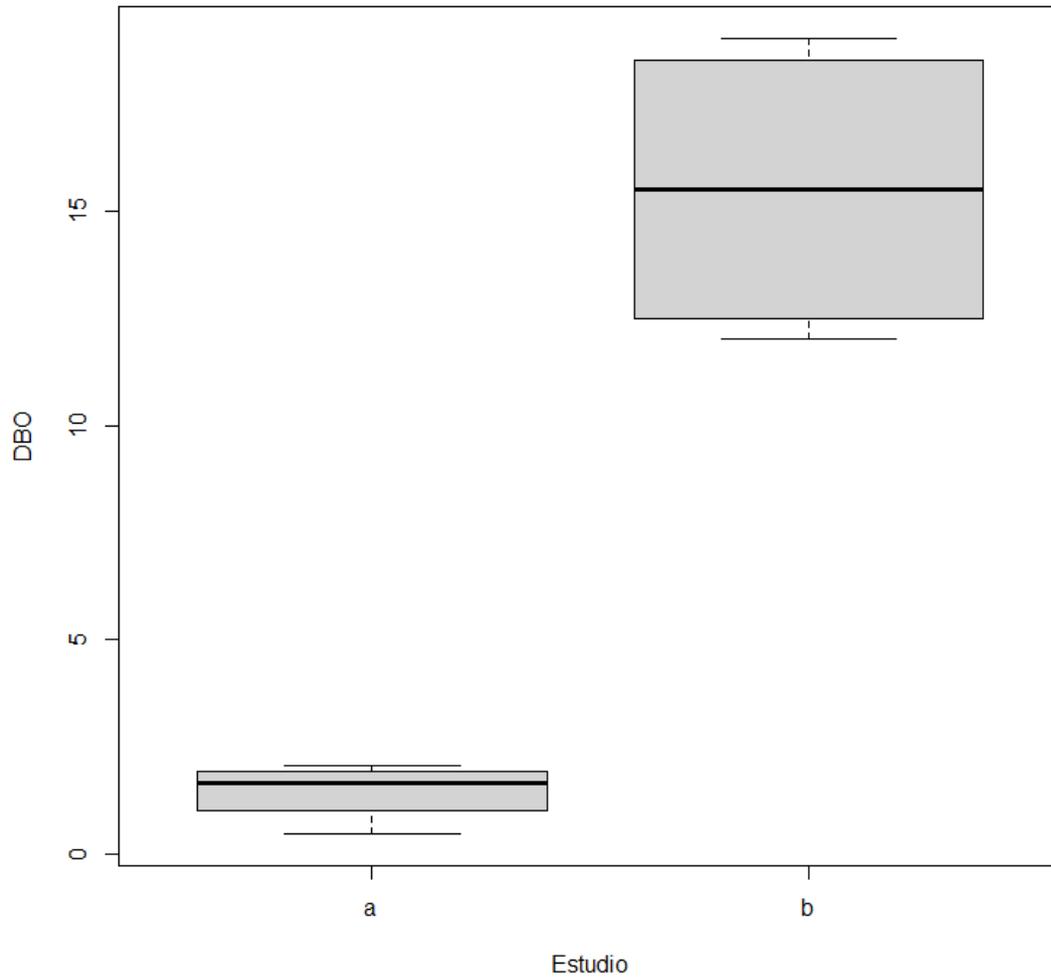


Diagrama de caja: Nitratos ~ Estudio

```
> Boxplot(Nitratos ~ Estudio, data=Dataset, id=list(method="y"))
```

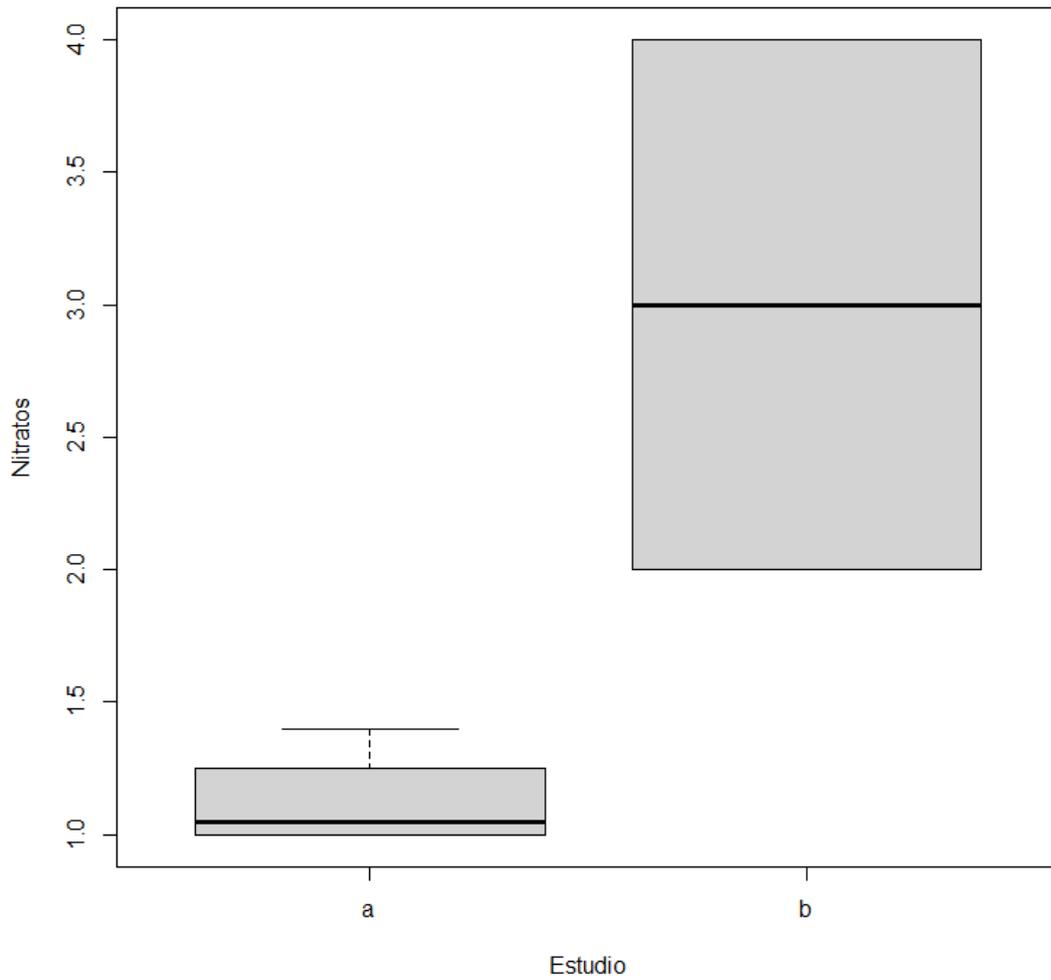


Diagrama de caja: OD ~ Estudio

```
> Boxplot(OD ~ Estudio, data=Dataset, id=list(method="y"))
```

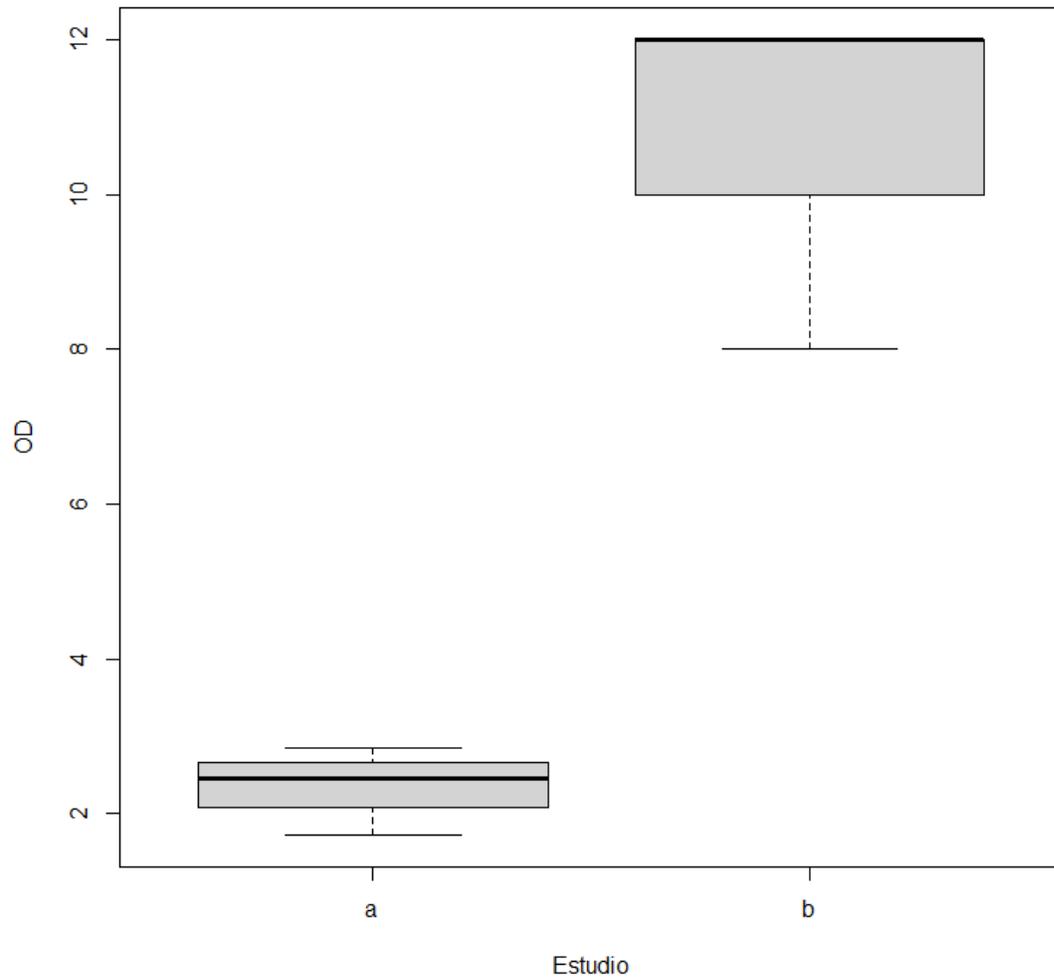


Diagrama de caja: Ph ~ Estudio

```
> Boxplot(Ph ~ Estudio, data=Dataset, id=list(method="y"))
```

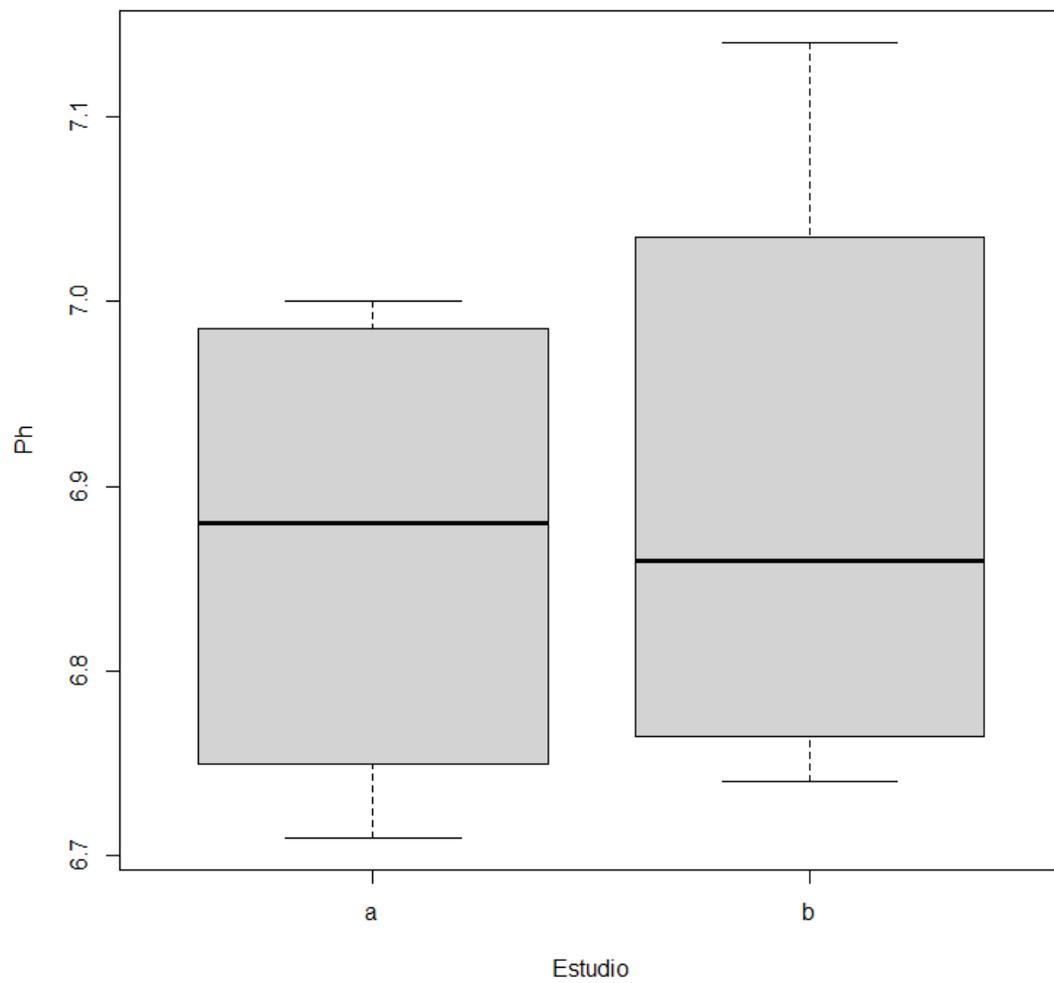
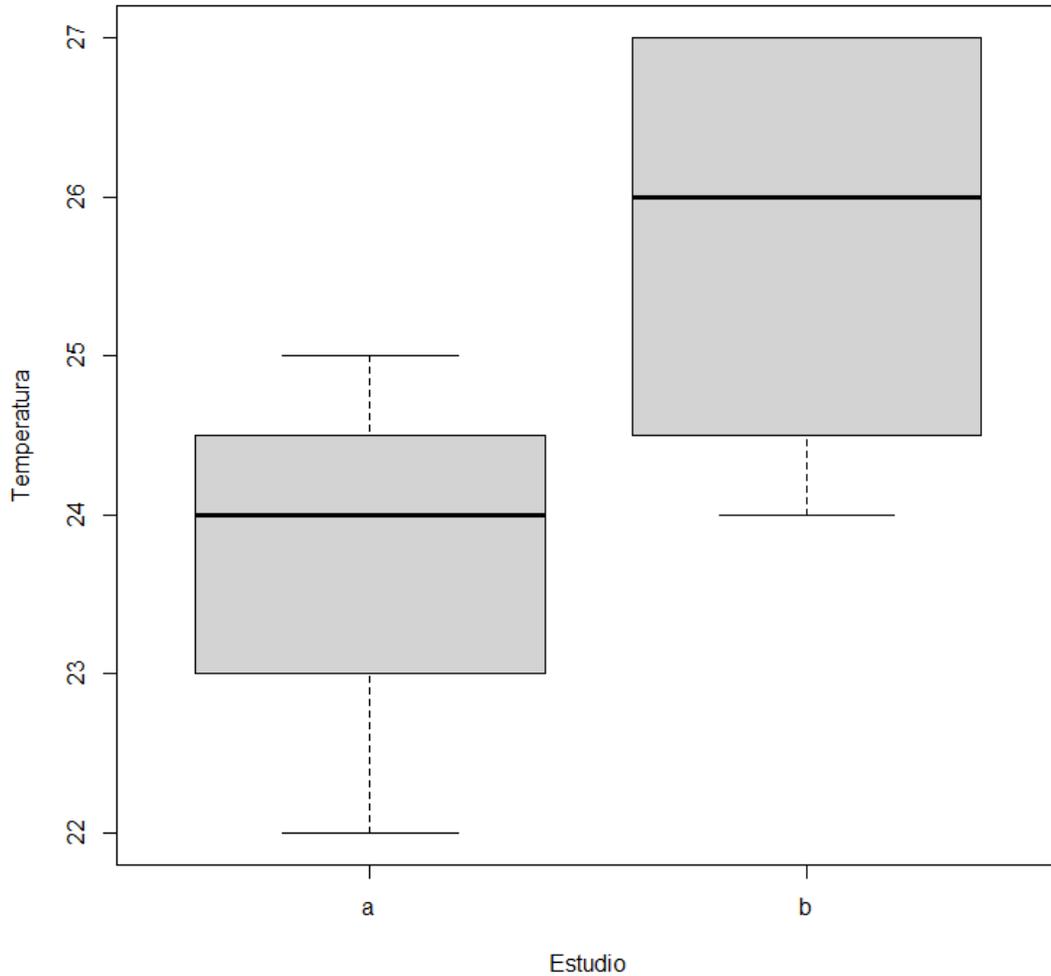


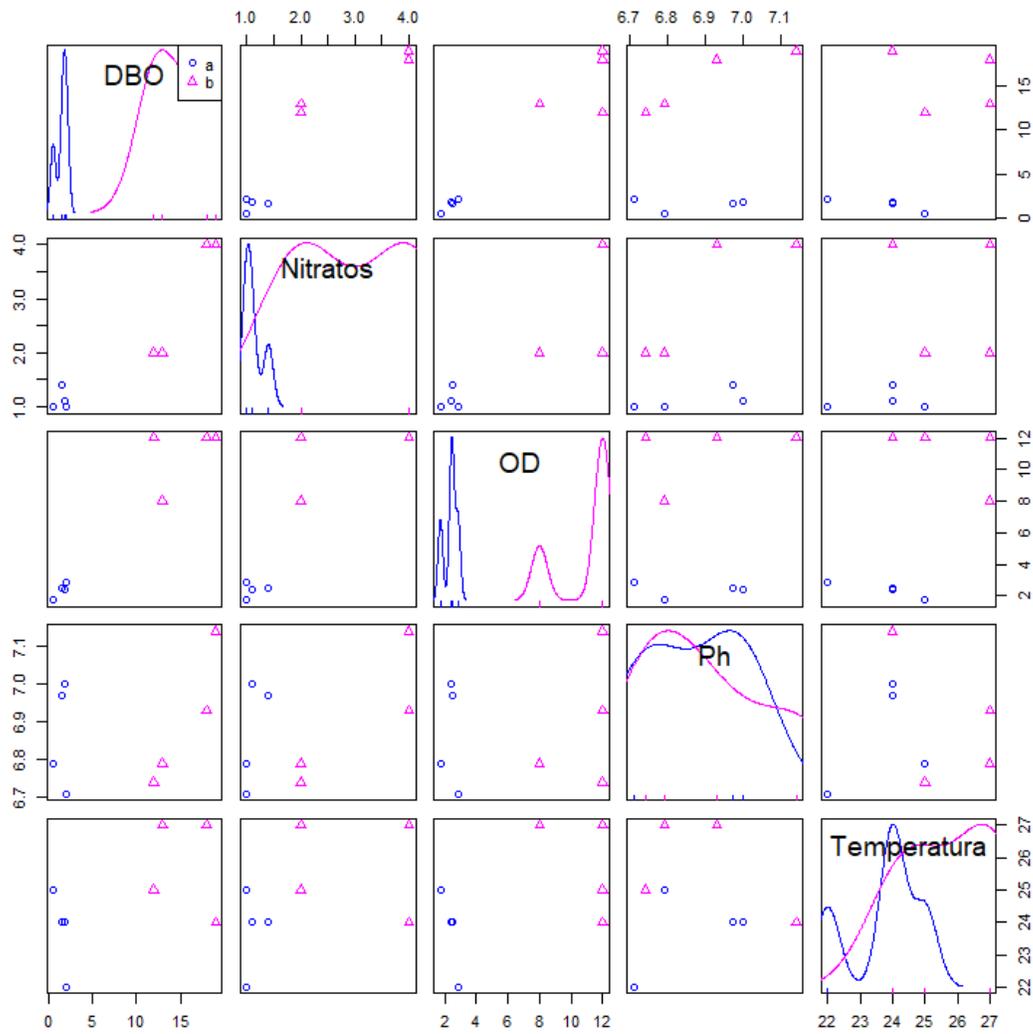
Diagrama de caja: Temperatura ~ Estudio

```
> Boxplot(Temperatura ~ Estudio, data=Dataset, id=list(method="y"))
```



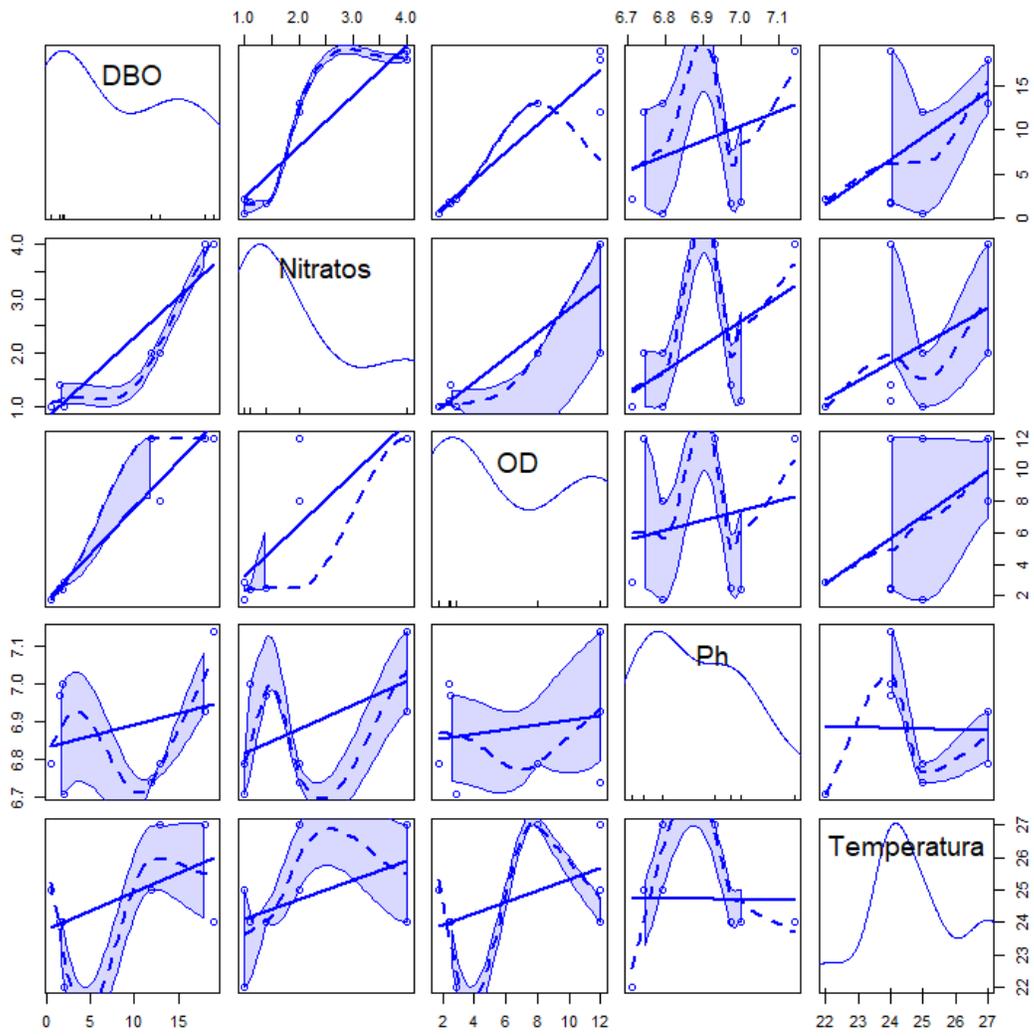
Matriz de diagramas de dispersión: ~DBO+Nitratos+OD+Ph+Temperatura | Estudio

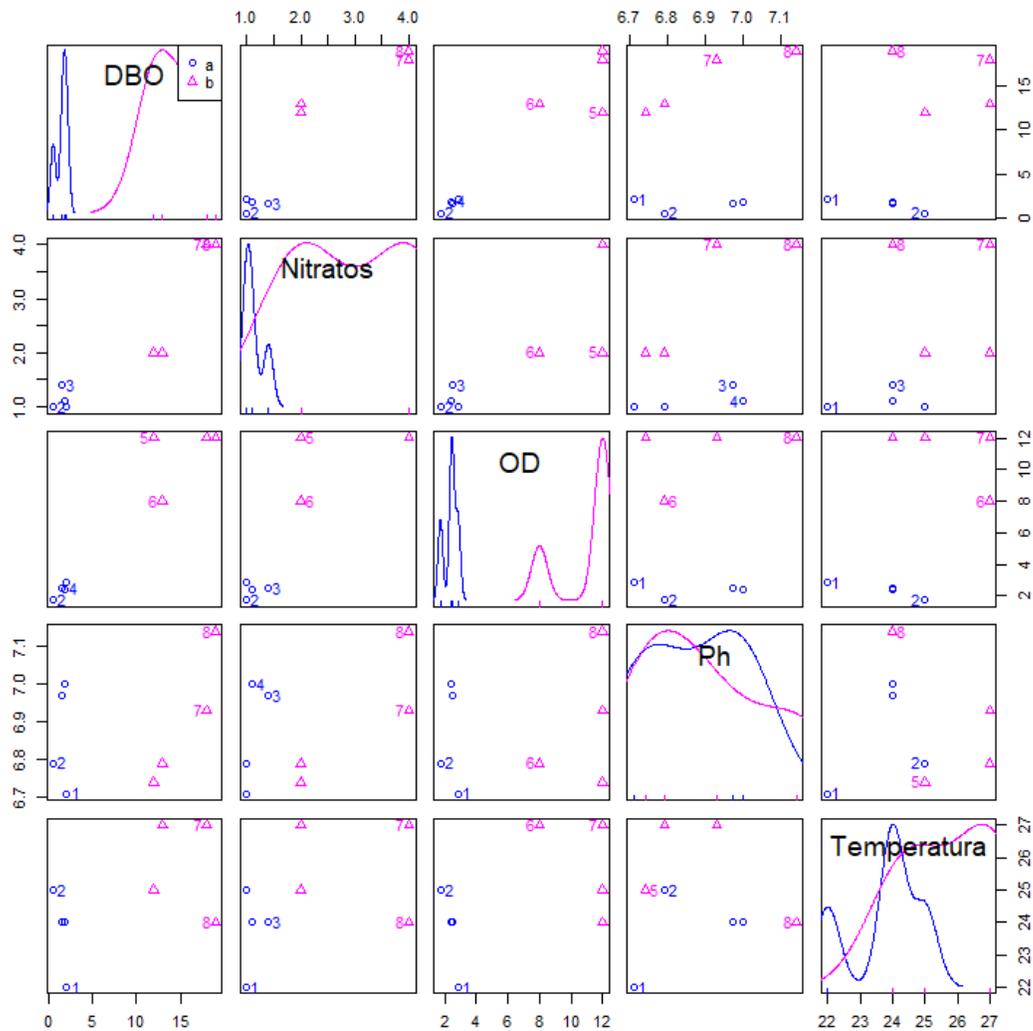
```
> scatterplotMatrix(~DBO+Nitratos+OD+Ph+Temperatura | Estudio,  
+                   regLine=FALSE, smooth=FALSE,  
+                   diagonal=list(method="density"), by.groups=TRUE, data=Dataset)
```



Matriz de diagramas de dispersión: ~DBO+Nitratos+OD+Ph+Temperatura | Estudio

```
> scatterplotMatrix(~DBO+Nitratos+OD+Ph+Temperatura | Estudio,
+                   regLine=FALSE, smooth=FALSE,
+                   diagonal=list(method="density"), by.groups=TRUE, data=Dataset , scatter
plotMatrix(~DBO+Nitratos+OD+Ph+Temperatura , data = Dataset))
```





R Markdown

This is an R Markdown document. Markdown is a simple formatting syntax for authoring HTML, PDF, and MS Word documents. For more details on using R Markdown see <http://rmarkdown.rstudio.com>.

When you click the **Knit** button a document will be generated that includes both content as well as the output of any embedded R code chunks within the document. You can embed an R code chunk like this:

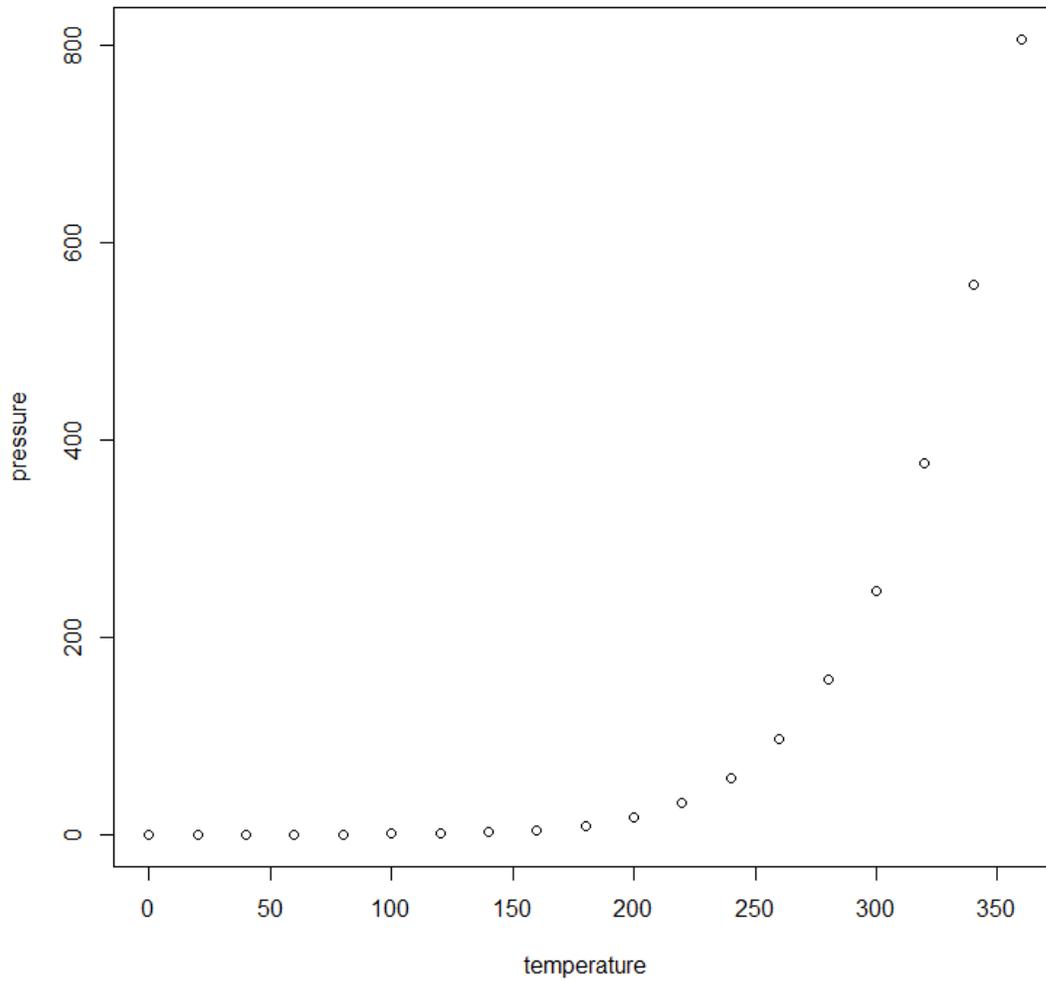
```
> summary(cars)
```

speed	dist
Min. : 4.0	Min. : 2.00
1st Qu.: 12.0	1st Qu.: 26.00
Median : 15.0	Median : 36.00
Mean : 15.4	Mean : 42.98

```
3rd Qu.:19.0  3rd Qu.: 56.00  
Max.    :25.0  Max.    :120.00
```

Including Plots

You can also embed plots, for example:



Note that the `echo = FALSE` parameter was added to the code chunk to prevent printing of the R code that generated the plot.