

INFORME FINAL:

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES EN FUENTES HÍDRICAS AMAZONAS, EN LOS MUNICIPIOS DE LETICIA
Y PUERTO NARIÑO, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS**

PROGRAMA 3. Gestión Integral del Agua
Plan de Acción Institucional "AMAZONIAS VIVAS"



Subdirección de Administración Ambiental
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia-
CORPOAMAZONIA

Municipios de Leticia y Puerto Nariño
Departamento del Amazonas
Diciembre 2020

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONÍA -
CORPOAMAZONIA
MONITOREO CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL
PROYECTO FUENTES HÍDRICAS DEL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS



Equipo de trabajo:

Equipo de apoyo técnico

Subdirección de Administración Ambiental

CORPOAMAZONIA

Sol Yadira Torres Viveros

Alejandra Milena Carvajal Hernández

Julián Quiroga Buchelly

Juliana Caterine Sánchez Navisoy

Equipo ejecutor del contrato 507 del 2020

Laboratorio CIAN Ltda

EcoÁnalsis

San Miguel de Agreda de Mocoa,
Diciembre de 2020



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. MARCO CONCEPTUAL	3
4. MARCO NORMATIVO	7
5. METODOLOGÍA	13
5.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	13
5.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	34
5.3 MATERIAL TOMA DE MUESTRAS	34
5.4 EQUIPOS DE CAMPO	34
5.5 REACTIVOS Y MATERIALES DE CAMPO	34
5.6 PRESERVACIÓN	35
5.7 TÉCNICAS ANALÍTICAS EN LABORATORIO	35
5.8 INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN:	35
5.8.1 INCERTIDUMBRE SONDAS EQUIPO HACH HQ40D	37
5.9 DESVIACIONES, ADICIONES Y/O EXCLUSIONES A LOS MÉTODOS DE ENSAYO	38
5.10 CONDICIONES AMBIENTALES	38
5.11 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	38
6. RESULTADOS	40
6.1 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS IN SITU	40
6.2 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN LABORATORIO	42
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	45



7.1 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS IN SITU	45
7.1.1 PH Y TEMPERATURA	45
7.1.2 OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	49
7.1.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	53
7.2 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN LABORATORIO	55
7.2.1 ACEITES Y GRASAS	55
7.2.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5) – DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	55
7.2.3 FÓSFORO TOTAL	60
7.2.4 NITRÓGENO TOTAL KJENDAHL	62
7.2.5 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	64
7.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO	66
7.3.1 COLIFORMES TOTALES – COLIFORMES FECALES TERMOTOLERANTES	66
7.4 ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA	70
8. CONCLUSIONES	72
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76

FIGURAS

Figura 1. pH. Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	46
Figura 2. Temperatura de la muestra, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	48
Figura 3. Oxígeno Disuelto, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	50
Figura 4. Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	52
Figura 5. Conductividad eléctrica, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	54
Figura 6. Aceites y grasas, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	56
Figura 7. DBO5, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	57
Figura 8. DQO, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	59
Figura 9. Fosforo Total, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas.....	61



Figura 10. Nitrógeno Total Kjendahl, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas	63
Figura 11. Sólidos Suspendidos Totales, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas	65
Figura 12. Coliformes Totales, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas	68
Figura 13. Coliformes Fecales, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas	69

IMÁGENES

Imagen 1. Punto 1. Q. Yahuaraca A. Arriba.	19
Imagen 2. Punto 2. Q. Yahuaraca Intermedio.....	19
Imagen 3. Punto 3. Q. Yahuaraca A. Abajo	19
Imagen 4. Punto 4. Caño Calderón A. Arriba	20
Imagen 5. Punto 5. Caño Calderón Intermedio.	20
Imagen 6. Punto 6. Caño Calderón A. Abajo.....	21
Imagen 7. Punto 7. Quebrada Simón Bolívar A. Arriba	21
Imagen 8. Punto 8. Quebrada Simón Bolívar Intermedio	22
Imagen 9. Punto 9. Quebrada Simón Bolívar A. Abajo	22
Imagen 10. Punto 10. Q. Urumutu A. Arriba	23
Imagen 11. Punto 11. Q. Urumutu Intermedio	24
Imagen 12. Punto 12. Q. Urumutu A. Abajo.....	24
Imagen 13. Punto 13. Q. El Porvenir A. Arriba	25
Imagen 14. Punto 14. Q. El Porvenir Intermedio.....	25
Imagen 15. Punto 15. Q. El Porvenir A. Abajo	26
Imagen 16. Punto 16. Quebrada San Antonio A. Arriba	26
Imagen 17. Punto 17. Quebrada San Antonio Intermedio	27
Imagen 18. Punto 18. Quebrada San Antonio A. Abajo	27
Imagen 19. Punto 19. Caño Baos A. Arriba.....	28
Imagen 20. Punto 20. Caño Baos Intermedio	28
Imagen 21. Punto 21. Caño Baos A. Abajo	29
Imagen 22. Punto 22. Río Loretoyaco A. Arriba	29
Imagen 23. Punto 23. Río Loretoyaco Intermedio.....	30
Imagen 24. Punto 24. Río Loretoyaco A. Abajo.	30
Imagen 25. Punto 25. Q. El Salto A. Arriba	31
Imagen 26. Punto 26. Q. El Salto Intermedio	31
Imagen 27. Punto 27. Q. El Salto A. Abajo.....	31
Imagen 28. Punto 28. Río Amazonas A. Arriba	32
Imagen 29. Punto 29. Río Amazonas Intermedio	32
Imagen 30. Punto 29. Río Amazonas Intermedio	33



MAPAS

Mapa 1. Subzonas hidrográficas monitoreadas en el departamento del Amazonas.....	15
Mapa 2. Puntos monitoreados en el departamento de Amazonas	18

TABLAS

Tabla 1. Características Físicas.....	9
Tabla 2. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	10
Tabla 3. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	10
Tabla 4. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana	11
Tabla 5. Características microbiológicas.....	11
Tabla 6. Criterios de calidad admisibles para uso agrícola	12
Tabla 7. Criterios de calidad admisibles para uso pecuario	13
Tabla 8. Zonificación Hidrográfica Departamento del Amazonas	14
Tabla 9. Ubicación puntos de monitoreo en el departamento de Amazonas.....	16
Tabla 10. Técnicas analíticas en laboratorio.....	35
Tabla 11. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA	40
Tabla 12. Resultados parámetros Físico Químicos In Situ	41
Tabla 13. Resultados parámetros Físico Químicos en Laboratorio	42
Tabla 14. Calculo ICA sobre los puntos monitoreados en el departamento de Amazonas ...	71



1. INTRODUCCIÓN

En el marco del programa 3 “Gestión Integral del Recurso Hídrico” establecido por CORPOAMAZONIA en el Plan de Acción “Amazonas Vivas” 2020 – 2023 y en cumplimiento al Decreto 2667 de 2012 compilado en el Decreto 1076 de 2015, se desarrolló el presente informe de caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua, correspondiente al control y seguimiento de los recursos naturales a las principales fuentes hídricas receptoras de vertimientos domésticos ubicadas en los municipios de Leticia y Puerto Nariño, departamento del Amazonas, mediante el desarrollo de un muestreo realizado los días 16 y 17 de diciembre de 2020.

Con este análisis de agua superficial se evalúan las condiciones de la misma, a fin de determinar su estado actual y calidad en cuanto a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas; así como también para verificar la evaluación del cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Las actividades de campo se realizaron en compañía del personal de Corpoamazonia.

Las muestras de agua se tomaron en treinta (30) puntos sobre las fuentes hídricas denominadas: Quebrada Yahuaraca, Caño San Antonio, Caño Calderón, Quebrada Simón Bolívar, Quebrada El Porvenir, Quebrada Urumutu, Caño Baos, Quebrada El Salto, Río Loretoyaco y Río Amazonas.

Los análisis de laboratorio de las muestras tomadas fueron realizados por el Laboratorio CIAN Ltda y Ecoanálisis S.A.S (por medio del contrato 507 de 2020, supervisado por la entidad), el cual se encuentra acreditado mediante Resolución No. 2050 del 12 de septiembre de 2017 para producir información cuantitativa, física, química y microbiológica e hidrobiológica, para estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales. La caracterización de las muestras de agua superficial se relaciona con las disposiciones y límites máximos permisibles establecidos en la norma de vertimientos Resolución 631 de 2015 específicamente en lo relacionado al uso doméstico. De igual manera, en el caso de que los cuerpos de agua muestreados lleguen a ser utilizados como abastecedores domésticos se relaciona dichas caracterizaciones con los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en actividades agrícolas y pecuarias, y con los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 11 de la Resolución 2115 de 2007 para el agua de consumo humano.



2. OBJETIVOS

De conformidad con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 en materia de aguas, el seguimiento y control asociado al monitoreo tiene por objetivo ofrecer una visión general, coherente y completa del estado de los cuerpos de agua en términos de calidad, que incluye el seguimiento del estado ecológico y químico de los cuerpos de agua superficiales.

A lo largo de este periodo se programaron unos muestreos para cada uno de los elementos de calidad, con las frecuencias necesarias para la obtención de los datos suficientes y ajustados a los requerimientos normativos, de tal manera que una vez finalizado este periodo, sea posible la evaluación del estado de todos los cuerpos de agua que comprenden las subzonas hidrográficas del departamento del Amazonas.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar mediante análisis fisicoquímico y microbiológico el estado actual de la calidad de las aguas superficiales del departamento de Amazonas, en cumplimiento al plan de Acción Institucional 2020-2023 "Amazonias Vivas".

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la descripción de las metodologías de toma de muestras acreditadas para el agua superficial de los cuerpos hídricos del departamento de Amazonas y los análisis de laboratorio, de acuerdo con los procedimientos acreditados para la producción de la información.
- Realizar la interpretación y discusión de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y, compararlos con los valores permisibles de la Resolución 631 de 2015 específicamente en lo relacionado al uso doméstico, para evaluar su respectivo cumplimiento y las condiciones en que se encuentran las aguas del departamento de Amazonas.
- Realizar la interpretación de la caracterización de las muestras de agua realizadas en el departamento de Amazonas, en relación a los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en actividades agrícolas y pecuarias, y con los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 11 de la Resolución 2115 de 2007 para el agua de consumo humano, en el caso de que los cuerpos de



agua monitoreados sean utilizados como fuentes abastecedoras domesticas

- Generar una serie de conclusiones y recomendaciones con base a los resultados de laboratorio analizados, para establecer claramente la calidad del agua de las fuentes superficiales objeto de estudio.
- Evaluar el estado y calidad de las fuentes hídricas priorizadas en el departamento del Amazonas a través de la estimación del Índice de Calidad de Agua (ICA).

3. MARCO CONCEPTUAL

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno - (DBO₅):** Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días (DOF, 2001).

Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la DBO₅: No contaminada o Excelente ≤ 3 mg/L; buena calidad > 3 mg/L y ≤ 6 mg/L (aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable); aceptable > 6 mg/L y ≤ 30 mg/L (con indicios de contaminación, aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente); contaminada > 30 mg/L y ≤ 120 mg/L (aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal); y fuertemente contaminada > 120 mg/L (aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales (Conagua, 2011).

- **Demanda Química de Oxígeno - DQO.** Faña (2002) define este parámetro como la cantidad de Oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo; permite determinar las condiciones e biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite además calcular las descargas de los efectos de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores

- **Oxígeno disuelto.** El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003).



El oxígeno disuelto tiene incidencia directa en los valores de DBO₅ y DQO; por ejemplo, cuando la DBO₅ es máxima, el Oxígeno Disuelto es mínimo. La presencia de Oxígeno también previene la reducción química de algunos elementos como el Hierro y el Manganeseo y su posterior paso a la columna de agua. Por otro lado, la carencia de Oxígeno Disuelto en el agua ocasiona un alto nivel de CO₂ y que se inicien procesos de descomposición anaerobia del material de tipo orgánico presente en ella, lo cual favorece la formación de gases como el Disulfuro de Hidrógeno, Dióxido de Carbono y Metano.

- **pH.** Este parámetro es definido como el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones (H⁺); (Calderón Saenz, 2002). El intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción (Roldán, 2003).

El pH es un factor importante en las propiedades químicas y biológicas de las aguas naturales puesto que una variación en este valor puede desencadenar procesos que afecten su calidad. Por ejemplo, la toxicidad de muchos compuestos depende de su grado de disociación, de forma que el Nitrógeno amoniacal se incrementa si el pH se incrementa hasta llegar a niveles que pueden ser tóxicos, ahora, un decremento en el pH incrementa la toxicidad de compuestos como el Cianuro o el sulfuro de hidrógeno. De igual manera, el pH afecta la solubilidad de ciertos metales tóxicos.

- **Temperatura.** Para Faña (2002), la temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica (ondas del infrarrojo que es absorbida por un cuerpo de agua, es el promedio de la velocidad media del movimiento de átomos, iones o moléculas en una sustancia o combinación de sustancias en un momento determinado.

La radiación solar determina la calidad y cantidad de luz y además afecta la temperatura del agua. En las zonas templadas la temperatura varía ampliamente por el cambio de estaciones, en las zonas tropicales se mantiene más o menos constante, se conserva siempre fría en las altas montañas y cálida al nivel del mar. Es decir que los organismos sometidos a cambios estacionales soportan más los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están acoplados a estos cambios. Las descargas de aguas a altas temperaturas pueden causar daños a la fauna y flora de las aguas receptoras al intervenir con la reproducción de especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos no autóctonos.



La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa. Un cuerpo de agua puede aumentar la solubilidad en cerca de un 40% al bajar la temperatura de 25°C a 0°C; esto se debe a que el agua, las moléculas se unen más, reteniendo, por tanto, mayor cantidad de oxígeno. Un cuerpo de agua posee 14.6mg/L de oxígeno a 0°C puede bajar su concentración a 6.4mg/L a 40°C (Roldán, 2003).

- **Conductividad.** Es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y la temperatura de medición. La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, e igualmente contribuye a la detección de fuentes de contaminación, a la evaluación de la actitud del agua para riego y a la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno (Faña, 2002).

- **Coliformes Totales y Fecales.** El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto, en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliformes se constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia y la purificación y potabilidad del agua (Roldán, 2003).

- **Los Sólidos Suspendidos Totales (SST).** Hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST), se consideran como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual (CAN, 2005).

- **El nitrógeno total.** Es una medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra de agua. El nitrógeno es un nutriente necesario para el crecimiento de plantas acuáticas y algas. No todas las formas de nitrógeno pueden ser utilizadas fácilmente por las plantas acuáticas y las algas, especialmente el nitrógeno vinculado con materia orgánica disuelta o partículas. El símbolo químico para el nitrógeno es N, y el símbolo para el nitrógeno total es TN. El nitrógeno total consiste en formas inorgánicas y orgánicas. Las formas inorgánicas incluyen el nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), el amoníaco (NH_4^+) ionizado, no incluye el amoníaco no ionizado (NH_3), y gas del nitrógeno (N_2). El contenido de nitrógeno orgánico en un agua incluye el



nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno.

Todas las formas de nitrógeno son inofensivas a los organismos acuáticos excepto el amoníaco no ionizado y el nitrito, que puede ser tóxico para los peces. El nitrito no es generalmente un problema en los cuerpos de agua, sin embargo, si hay bastante oxígeno disponible en el agua para que se oxide, el nitrito puede ser convertido fácilmente a nitrato. Por otro lado, los nitratos son una forma de nitrógeno que todas las plantas necesitan para crecer. Desafortunadamente, los nitratos pueden contaminar los acuíferos de las aguas subterráneas y superficiales (Universidad de Florida, 2005).

- **El fósforo total (P):** se determina en una muestra sin filtrar y en ella están presentes todas las formas de fósforo. Debido a que el fósforo puede estar presente en combinación con la materia orgánica, es necesario para determinar el fósforo total, preparar la muestra mediante un método de digestión capaz de oxidar la materia orgánica efectivamente, para liberar el fósforo como ortofosfato, para su posterior determinación por el Método del Ácido Ascórbico. La concentración de fósforo total se registra como mg P total /L.

Para la determinación del fósforo total en laboratorio se realiza por el método del ácido ascórbico, 4500-E, (APHA-AWWA-WPCF.1992.2005. Methods for Examination of Water and Wastewater).

- **Aceites y grasas** Los aceites y grasas en los vertidos líquidos generan dos tipos de problemas a la hora de la depuración de las aguas residuales, disminución de la mojabilidad de los sólidos en suspensión impidiendo, con ello su sedimentación, y formación de una película que recubre los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo con ello la captación de oxígeno por los mismos y disminuyendo su poder depurador. El contenido de grasas y aceites es generalmente pequeño en vertidos urbanos, siendo su presencia un indicio de vertido industrial, y causando graves problemas a los sistemas de depuración.

La determinación de grasas y aceites de efluentes acuosos se efectúa por extracción en caliente o con un disolvente orgánico no miscible con el agua, a partir de un volumen conocido del agua a analizar acidulada a $\text{pH} \leq 2$, evaluando la cantidad presente por pesada, una vez eliminado el disolvente de la fase orgánica, o mediante espectroscopía infrarroja, por comparación con curvas de calibrado. (UNE 77037:1983, UNE 77038:1983).



4. MARCO NORMATIVO

La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico enmarca todas las normativas técnicas relacionadas al monitoreo del recurso hídrico. Esta normativa fue emitida en el año 2010 por el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible – MADS y establece un marco de actuación de acuerdo con la política de este recurso, obligando a las Autoridades Ambientales a la adopción de una serie de medidas dirigidas a que los cuerpos de agua alcancen los objetivos de calidad de agua deseados. La manera de alcanzar dichos objetivos es la planificación hidrológica, la que se ha de elaborar a partir de un diagnóstico del estado de cada una de las masas de agua.

Dentro de la política se encuentra la estrategia 3.3 relacionada al *monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua* que permite articular y optimizar las redes y articular los programas institucionales de monitoreo del agua mediante acciones como los protocolos de monitoreo. En relación de la cantidad del agua se encuentra la estrategia 1.1 relacionada al conocimiento para tener balances hídricos confiables y estrategia 2.1 es la *caracterización y cuantificación de la demanda del agua en cuencas priorizadas*

Uno de los instrumentos de la política para poder obtener los datos necesarios para la elaboración del diagnóstico de la problemática de los cuerpos de agua en cada subzona hidrográfica, abordada por la planificación hidrológica, son los programas de seguimiento y control del estado de los cuerpos de agua que permitan conocer el estado ecológico o el potenciaecológico y el estado químico de las aguas superficiales.

De acuerdo con el artículo 27 del Decreto 2667 de 2012 compilado en el artículo 2.2.9.7.6.2. del Decreto 1076 de 2015 las autoridades ambientales competentes deberán realizar Programas de Monitoreo de las fuentes hídricas en por lo menos, los siguientes parámetros de calidad: Temperatura ambiente y del agua in situ, DBO5, SST, DQO, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y pH.

Adicionalmente, según el artículo 2.2.9.7.5.3 del Decreto 1076 de 2015 los recaudos de la tasa retributiva por vertimientos al agua se destinarán a proyectos de inversión en descontaminación hídrica y monitoreo de la calidad del agua.

Dando cumplimiento a esta normatividad, la entidad contrató a los laboratorios CIAN Ltda y Ecoanálisis S.A.S con el objetivo de que presten el servicio de muestreo y análisis de laboratorio de recurso hídrico, como de la logística de transporte, con el fin de establecer objetivos de calidad y metas de cargas contaminantes, conforme a los



parámetros y protocolos establecidos por Ley. Así mismo, suministraron todos los informes correspondientes para cada una de las fuentes hídricas priorizadas en el departamento de Amazonas.

A nivel nacional se cuenta con los siguientes documentos soportes que permiten tener información adicional para determinar las variables químicas a realizar, las frecuencias de muestreo, la metodología y resultados principales de monitoreo de aguas realizado en el departamento de Amazonas durante el periodo muestreado. Estos documentos son:

- Protocolo de Monitoreo del agua del IDEAM realizado en el año 2007 por el IDEAM. (IDEAM, 2007)
- Evaluaciones Regionales del Agua (ERA) en el año 2013 las cuales establecen lineamientos para el levantamiento de información del recurso hídrico (IDEAM, 2013).
- El Ministerio de Ambiente publicó en el año 2014 la guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas-POMCAS establece la caracterización y estimación de la oferta, demanda, balances hídricos, evaluación de la calidad de agua existente y el cálculo de diferentes índices, que, aunque no necesariamente establece protocolos de monitoreo si es importante una línea base de la información para la cual debe existir información de monitoreo.
- Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico.
- Estudio Nacional del agua (ENA) en el año 2018 el cual establece lineamientos sobre el monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional (IDEAM, 2018).
- Guía de Modelación del recurso hídrico en el año 2018 que establece la necesidad de un levantamiento de información para la calibración y validación del modelo conceptual lo cual requiere una caracterización fisicoquímica e hidrológica del cuerpo de agua, así como análisis de cargas contaminantes.
- El Ministerio de Ambiente publicó en el año 2018 la guía técnica para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial donde se prioriza para los cuerpos de agua el análisis de 60 parámetros de sistemas lóticos, lénticos y de vertimientos. Además, da una línea base para caracterizar las cuencas hidrográficas.
- Guía de caudal ambiental en el año 2019 adoptada mediante resolución MADS 2130 de 2019 establece la metodología para la estimación del régimen hidrológico natural y monitoreo de calidad y cantidad de aguas superficiales, especialmente para el río Bogotá, pero aplicable a otras fuentes hídricas.
- Guía de monitoreo de Recurso hídrico en ecosistemas de páramos del IAvH.



- Por otra parte, para el análisis de la calidad del agua superficial de los cuerpos hídricos del Amazonas, se tienen en cuenta la Resolución 631 de 2015 *“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”* y los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 11 de la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social y MAVDT por medio de la cual se señalan características, para la calidad del agua para consumo humano y los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, por el cual se establecen parámetros óptimos del agua para usos agrícolas y pecuarios, en el caso de que los cuerpos de agua monitoreados sean utilizados como fuentes abastecedoras domésticas, tal y como se detalla a continuación:

✓ **RESOLUCIÓN 2115 DEL 22 DE JUNIO DE 2007 MIN. PROTECCIÓN SOCIAL- MAVDT**

➤ **Artículo 2:** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 1. Características Físicas

Art. 2. Características físicas		
Referencia	Expresada Como	Valor
Color aparente	Unidades platino Cobalto	15
Olor y sabor	Aceptable o No Aceptable	Aceptable
Turbiedad	NTU	2

➤ **Artículo 3:** CONDUCTIVIDAD. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

➤ **Artículo 4:** POTENCIAL DE HIDRÓGENO. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

➤ **Artículo 5:** CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN RECONOCIDO EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA. Las características químicas



del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Tabla 2. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Art. 5. Características químicas con reconocido efecto adverso sobre la salud humana		
Referencia	Expresada Como	Valor
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN	0,05
Cobre	Cu	1
Cromo	Cr + 6	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	N	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,20
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	HAP	0,01

➤ **Artículo 6:** CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Art. 6. Características químicas con implicaciones sobre la salud humana		
Referencia	Expresada Como	Valor
Carbono Orgánico Total	COT	5,00
Nitritos	NO2	0,1
Nitratos	NO3	10
Fluoruros	F	1

➤ **Artículo 7:** CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS E INDIRECTAS SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación:



Tabla 4. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

Art. 7. Características químicas con mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana		
Referencia	Expresada Como	Valor
Calcio	Ca	60,00
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl	250
Aluminio	Al	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄	0,5

➤ **Artículo 11:** CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) o 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

- PARÁGRAFO 1. Como prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm³.
- PARÁGRAFO 2. Ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener E. Coli en 100 cm³ de agua, independientemente del método de análisis utilizado.
- PARÁGRAFO 3. El valor aceptable para Giardia es de cero (0) Quistes y para Cryptosporidium debe ser de cero (0) Ooquistes por volumen fijado según la metodología aplicada.

Tabla 5. Características microbiológicas

Art. 11: Características microbiológicas		
Técnica utilizada	Coliformes Totales	Escherischia Coli
Filtración por membrana	Cero (0) UFC/100 ml	Cero (0) UFC/100 ml
Enzima sustrato	< 1 microorganismo en 100 ml	< 1 microorganismo en 100 ml
Sustrato definido	0 microorganismos en 100 ml	0 microorganismos en 100 ml
Presencia - Ausencia	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml



- ✓ **DECRETO 1594 DE 1984 DEL MINISTERIO DE SALUD**
- **Artículo 40:** Los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola son los siguientes:

Tabla 6. Criterios de calidad admisibles para uso agrícola

Referencia	Expresada Como	Valor
Aluminio	N	5.0
Arsénico	As	0.1
Berilio	Be	0.1
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	2.0
Cobalto	Cl-	0.05
Cobre	Cu	0.2
Cromo	Cr + 6	0.1
Flúor	F	1.0
Hierro	Fe	5.0
Litio	Li	2.5
Manganeso	Mn	0.2
Molibdeno	Mo	0.01
Níquel	Ni	0.2
pH	Unidades	4.5-9.0 Unidades
Plomo	Pb	5.0
Selenio	Se	0.02
Vanadio	V	0.1

- **PARAGRAFO 1:** Además de los criterios establecidos en el presente artículo se adoptan los siguientes:
 - a) El Boro expresado como B deberá estar entre 0,3 y 4,0 mg/L dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.
 - b) El NMP de Coliformes totales no deberá exceder 5000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.
 - c) El NMP de Coliformes fecales no deberá exceder de 1000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.
- **PARAGRAFO 2:** Deberán hacerse mediciones sobre las siguientes características:
 - a) Conductividad
 - b) Relación de absorción de sodio (RAS)
 - c) Porcentaje de Sodio posible (PSP)
 - d) Salinidad efectiva y potencial
 - e) Carbonato de sodio residual



f) Radionucleídos

➤ **Artículo 41:** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario, son los siguientes:

Tabla 7. Criterios de calidad admisibles para uso pecuario

Referencia	Expresada Como	Valor
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.2
Boro	B	5.0
Cadmio	Cd	0.05
Cinc	Zn	25.0
Cobre	Cu	0.5
Cromo	Cr + 6	1.0
Mercurio	Hg	0.01
Nitratos + Nitritos	N	100.0
Nitrito	N	10.0
Plomo	Pb	0.1
Contenido de Sales	Peso Total	3.000

5. METODOLOGÍA

5.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Departamento de Amazonas está situado a 00° 07' 08" de latitud norte y a 04° 13' 19" latitud sur, y a 69° 39' 41" y a 74° 23' 21" de longitud oeste. Ocupa un área de 109.665 km² siendo el departamento de mayor extensión territorial. Los límites departamentales están basados en tratados fronterizos que estableció Colombia con Perú en 1922 y con Brasil en 1907 y 1928.

Limita: por el norte con el Departamento del Caquetá y el Departamento del Vaupés, así; con el departamento del Caquetá desde las bocas del río Nasaya en el río Caquetá, aguas abajo de este hasta el río Yará en sus bocas; de este punto siguiendo la Escarpa del Araracuara hasta encontrar el punto limítrofe de los departamentos de Amazonas, Caquetá, Vaupés sobre el río Apaporis. y con el Departamento del Vaupés a partir de dicho punto limítrofe aguas abajo del Apaporis hasta las bocas del río Traira o Taraira, en dicho río Apaporis; por el occidente con el Departamento del Putumayo, desde las bocas del río Nasaya, sobre el río Caquetá siguiendo una línea recta hasta la localidad Amazonense de Puerto Palestina, sobre el río Putumayo. Por el sur con la República del Perú desde el sitio Puerto Palestina siguiendo aguas abajo del río Putumayo, hasta las bocas del río Yaguas, y luego por una línea recta (Línea menor del Trapecio Amazónico) hasta el hito internacional de Atacuari, o sea la línea Yaguas- Atacuari.



Desde este Hito internacional siguiendo aguas abajo hasta las bocas del Atacuari en el Amazonas, y aguas abajo por éste hasta las bocas de la quebrada San Antonio, hito de la frontera Colombo-brasileña. Y por el oriente limita con los Estados Unidos del Brasil a través de la línea mayor del Trapecio Amazónico, desde las bocas de la quebrada San Antonio hasta el punto Apaporis, sobre el río Caquetá y siguiendo éste aguas arriba hasta las bocas del río Traira o Taraira.

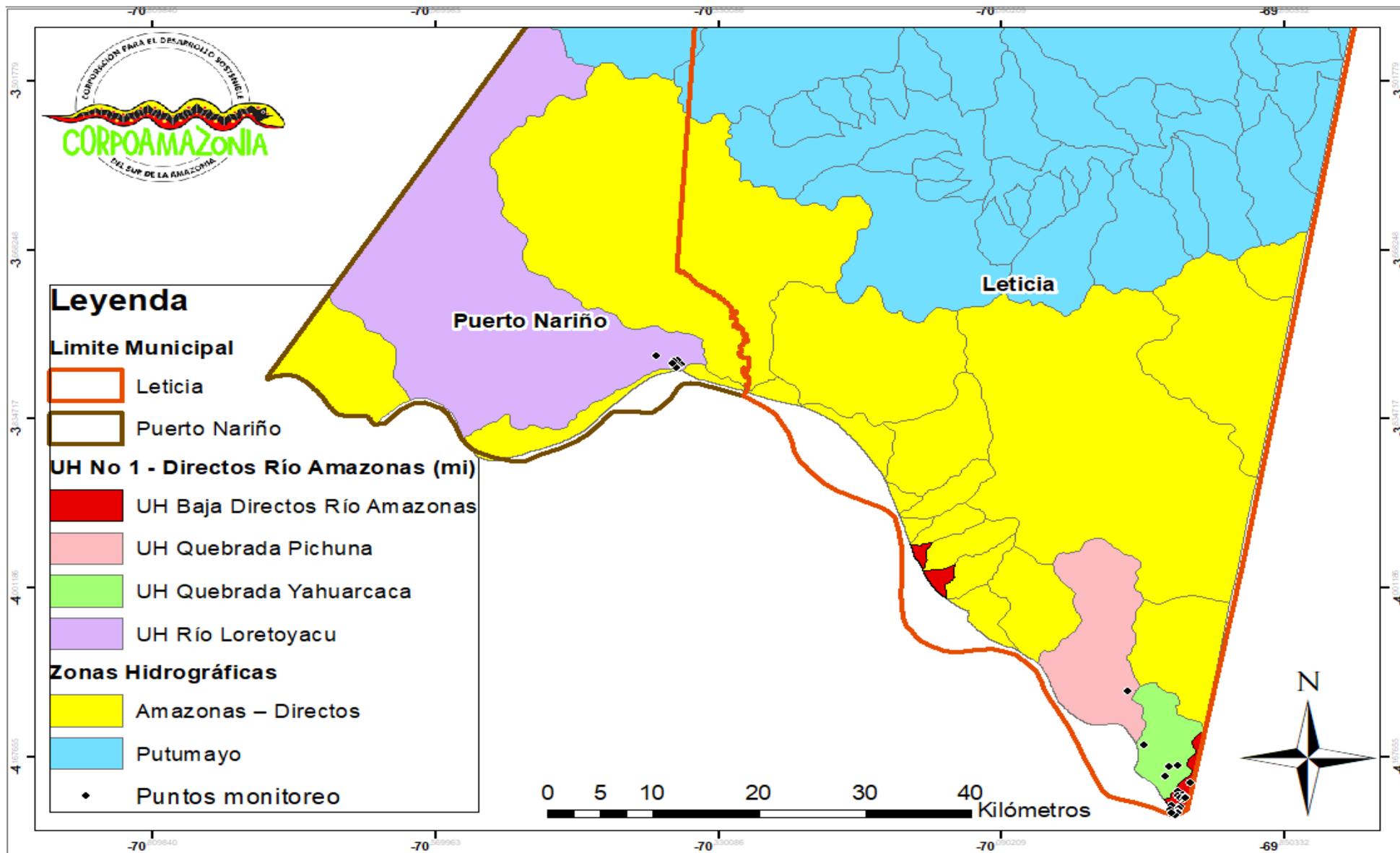
Los límites departamentales comprenden, como puede verse, límites que posee el país con Perú (1.626 Kms.) y unos 320 Km. con Brasil, cuyo total con el país es de 1.645 Km. La superficie es plana con algunas ondulaciones que presentan alturas que van desde los 80 msnm en cercanías de Leticia, hasta los 320 msnm al norte del territorio en proximidades del Departamento del Caquetá.

En términos de zonificación hidrográfica para el departamento se identifica a la zona hidrográfica "Amazonas – Directos", en donde los puntos de monitoreo seleccionados se encuentran en las subzona hidrográfica "Directos Río Amazonas (mi)" (ver mapa 1), los cuales presentan las siguientes unidades hidrográficas nivel 1 realizadas por la entidad según lo establecido por el IDEAM en la Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas, 2013:

Tabla 8. Zonificación Hidrográfica Departamento del Amazonas

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Código	Sub zona hidrográfica	Área (km ²)*	UH Nivel 1	Código
Amazonas 4	Amazonas – Directos 48	4801	Directos Río Amazonas (mi)	5637	UH Baja Directos Río Amazonas	480118
					UH Quebrada Yahuaraca	480120
					UH Quebrada Pichuna	480109
					UH Río Loretoyacu	480106

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2020



Para evaluar el estado actual de la calidad de las aguas superficiales del Amazonas en los municipios de Leticia y Puerto Nariño, se realizó la toma de muestras los días 16 y 17 de diciembre de 2020. Este monitoreo fue llevado a cabo mediante muestreo puntual y las actividades de campo se realizaron en presencia del personal de Corpoamazonia. A continuación, se presentan los puntos de muestreo seleccionados, con su respectivo mapa (ver mapa 2).

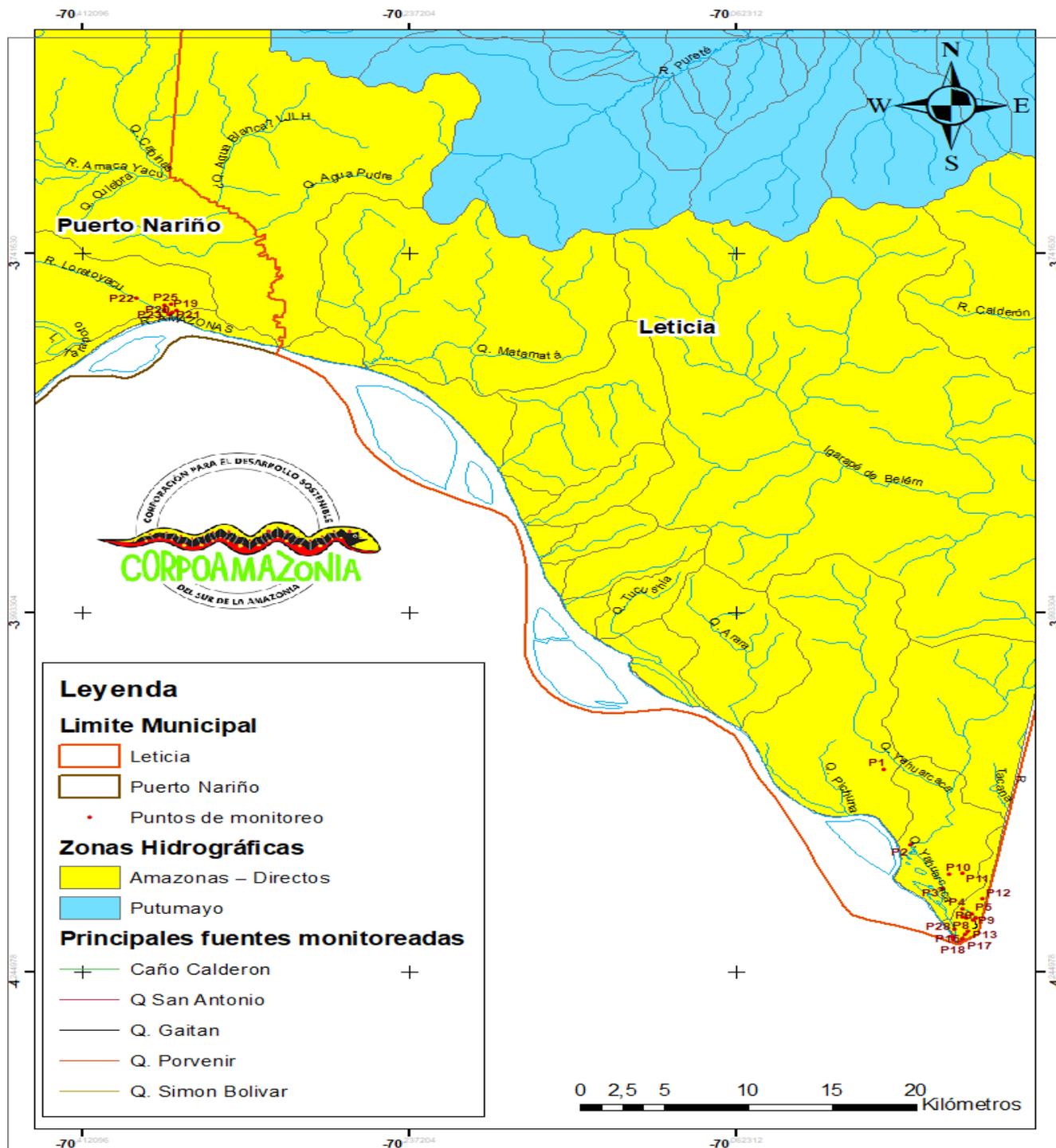
Tabla 9. Ubicación puntos de monitoreo en el departamento de Amazonas

AGUA SUPERFICIAL			
PUNTO No.	SITIO MUESTREO	COORDENADAS*	
		W	S
1	Q. Yahuaraca A. Arriba	69°59'0,33"	4°6'11,96"
2	Q. Yahuaraca Intermedio	69°58'09,1"	4°9'21,3"
3	Q. Yahuaraca A. Abajo	69°57'05,5"	4°11'13,6"
4	Caño Calderón A. Arriba	69°56'26,4"	4°12'04,5"
5	Caño Calderón Intermedio	69°56'10,1"	4°12'17,2"
6	Caño Calderón A. Abajo	69°56'01,7"	4°12'27,16"
7	Quebrada Simón Bolívar A. Arriba	69°56'27,2"	4°12'23,6"
8	Quebrada Simón Bolívar Intermedio	69°56'19,7"	4°12'28,1"
9	Quebrada Simón Bolívar A. Abajo	69°56'07,1"	4°12'31,3"
10	Q. Urumutu A. Arriba	69°56'52,8"	4°10'37"
11	Q. Urumutu Intermedio	69°56'28,1"	4°10'33,2"
12	Q. Urumutu A. Abajo	69°55'49,3"	4°11'37,5"
13	Q. El Porvenir A. Arriba	69°56'17,2"	4°13'0,6"
14	Q. El Porvenir Intermedio	69°56'23,4"	4°13'8"
15	Q. El Porvenir A. Abajo	69°56'27,3"	4°13'18,7"
16	Caño San Antonio A. Arriba	69°56'01,6"	4°12'27,7"
17	Caño San Antonio Intermedio	69°56'26,4"	4°13'21,8"
18	Caño San Antonio A. Abajo	69°56'32,8"	4°13'29,8"
19	Caño Baos A. Arriba	70°21'41,2"	3°46'52,5"
20	Caño Baos Intermedio	70°21'49,3"	3°46'58,2"
21	Caño Baos A. Abajo	70°21'51,4"	3°47'2"
22	Río Loretoyaco A. Arriba	70°22'58,4"	3°46'22,9"
23	Río Loretoyaco Intermedio	70°22'3,2"	3°46'55,9"
24	Río Loretoyaco A. Abajo	70°21'57,3"	3°47'2,3"
25	Q. El Salto A. Arriba	70°21'50,9"	3°46'37,7"
26	Q. El Salto Intermedio	70°22'03,9"	3°46'40,1"
27	Q. El Salto A. Abajo	70°22'5,7"	3°46'49,4"



AGUA SUPERFICIAL			
PUNTO No.	SITIO MUESTREO	COORDENADAS*	
		W	S
28	Río Amazonas A. Arriba	69°56'44,2"	4°12'56,15"
29	Río Amazonas Intermedio	69°56'48,7"	4°13'12,7"
30	Río Amazonas A. Abajo	69°56'46,1"	4°13'21,06"

* *Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste.*



Mapa 2. Puntos monitoreados en el departamento de Amazonas

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2020

Con relación a lo anterior, a continuación, se evidencia las visitas de campos realizadas a cada uno de los puntos muestreados sobre el departamento de Amazonas:

Imagen 1. Punto 1. Q. Yahuaraca A. Arriba.



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 2. Punto 2. Q. Yahuaraca Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 3. Punto 3. Q. Yahuaraca A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 4. Punto 4. Caño Calderón A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 5. Punto 5. Caño Calderón Intermedio.



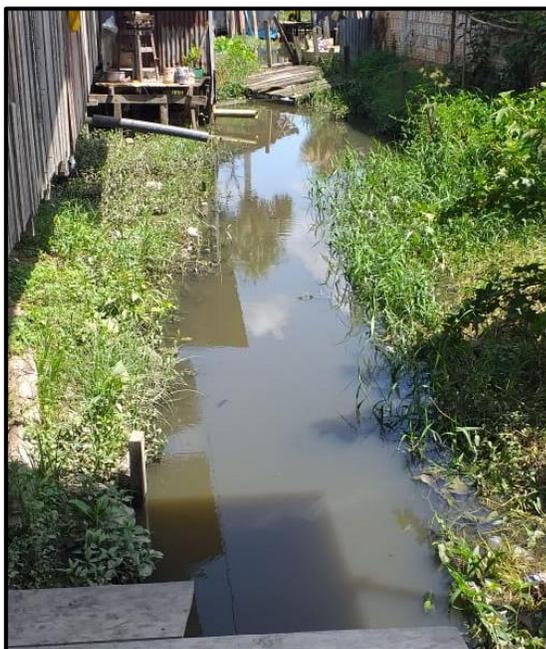
Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 6. Punto 6. Caño Calderón A. Abajo.



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 7. Punto 7. Quebrada Simón Bolívar A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 8. Punto 8. Quebrada Simón Bolívar Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 9. Punto 9. Quebrada Simón Bolívar A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 10. Punto 10. Q. Urumutu A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 11. Punto 11. Q. Urumutu Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 12. Punto 12. Q. Urumutu A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 13. Punto 13. Q. El Porvenir A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 14. Punto 14. Q. El Porvenir Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 15. Punto 15. Q. El Porvenir A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 16. Punto 16. Quebrada San Antonio A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 17. Punto 17. Quebrada San Antonio Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 18. Punto 18. Quebrada San Antonio A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 19. Punto 19. Caño Baos A. Arriba.



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 20. Punto 20. Caño Baos Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 21. Punto 21. Caño Baos A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 22. Punto 22. Río Loretoyaco A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 23. Punto 23. Río Loretoyaco Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 24. Punto 24. Río Loretoyaco A. Abajo.



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 25.Punto 25.Q. El Salto A. Arriba



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 26.Punto 26. Q. El Salto Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 27.Punto 27. Q. El Salto A. Abajo



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 28.Punto 28. Río Amazonas A. Arriba



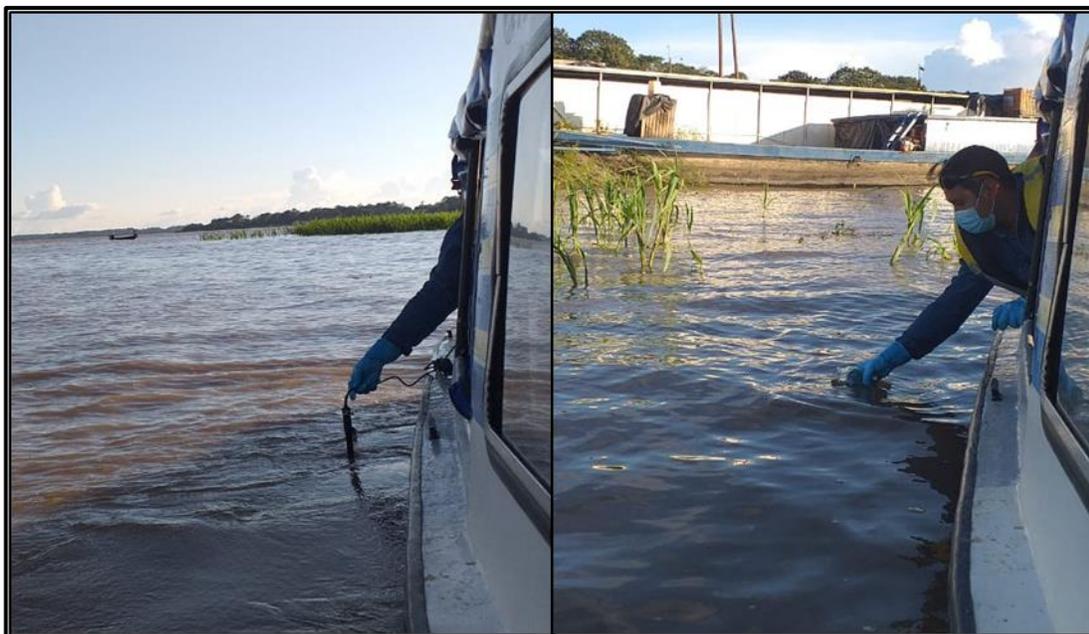
Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 29.Punto 29. Río Amazonas Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020

Imagen 30. Punto 29. Río Amazonas Intermedio



Fuente: EcoAnálisis S.A.S, 2020



5.2 Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos

Fisicoquímicos: Aceites y grasas, DBO5, DQO, Fósforo Total, Nitrógeno Total Kjendahl, Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura de la muestra, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica y pH.

Microbiológicos: Coliformes Fecales Termotolerantes y Coliformes Totales.

5.3 Material toma de muestras

Las muestras se recolectaron en frascos debidamente rotulados y de acuerdo a las metodologías propuestas en el programa de acreditación del IDEAM y continuado por la Superintendencia de Sociedades aplicando la Norma ISO- NTC 17025. Según lo indicado en el Standard Methods 23th (2017), se prepararon recipientes nuevos con las siguientes características:

- Vidrio transparente, frascos con capacidad de 0.25 litros, boca ancha, marca Peldar, con subtapas y tapas en polietileno virgen.

Todos los recipientes se lavaron previamente de la siguiente manera:

- Tres veces con agua filtrada de la llave.
- Una vez con una solución de Ácido Nítrico 50/50 en agua destilada.
- Tres veces con agua filtrada de la llave.
- Tres veces con agua destilada desionizada.

5.4 Equipos de Campo

Los equipos para toma de muestras y para análisis en campo fueron alistados y calibrados según las instrucciones del fabricante.

Para el análisis de parámetros in situ se utilizó un equipo Multiparámetro para trabajo en campo marca Hach con tres sondas independientes para determinar Oxígeno disuelto, Conductividad y pH, las tres tienen incluida la medición de temperatura.

Se realizó la comprobación del equipo, midiendo una solución patrón con un valor conocido antes de realizar las mediciones in situ.

5.5 Reactivos y Materiales de Campo

- Agua destilada: Se transportó en un tanque de un litro.
- Recipientes de toma de muestras.
- Material Volumétrico.
- Formatos para reportes de análisis de campo
- Patrones de referencia.



5.6 Preservación

Las muestras se preservaron inmediatamente después de haber completado la totalidad del muestreo, utilizando reactivos de calidad analítica, según las indicaciones del Standard Methods 23th (2017), protegiéndolas del sol, de la luz y de las fuentes de contaminación para luego ser almacenadas en neveras de icopor a la menor temperatura posible sin que llegaran a congelarse, aproximadamente (4°C), igualmente fue transportada al laboratorio certificado en la ciudad de Bogotá y se tuvieron las siguientes consideraciones para el transporte:

- Para el transporte vía terrestre hacia Bogotá se acomodaron los recipientes dentro de la nevera con espuma y papel periódico con el fin de evitar algún daño.
- Los recipientes se cubrieron con hielo común.
- La nevera se selló muy bien con cinta aislante para evitar que se derramara en caso de algún accidente.

5.7 Técnicas Analíticas en Laboratorio

En el laboratorio se tomarán las lecturas de las concentraciones de los parámetros para el tipo de agua, estas lecturas se realizarán con los distintos métodos y los resultados se emitirán en las unidades exigidas los Standard Methods 23th (2017).

Tabla 10. Técnicas analíticas en laboratorio

PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDADES
Aceites y Grasas	S.M 5520 B	mg/L
DBO5	S.M.5210 B-ASTM D888-09 MET.C	mg/L
DQO	S.M. 5220 C	mg/L
Fósforo Total	S.M 4500-P B,E	mg/L
Nitrógeno Total KJELDAHL	SM 4500 NOrg C-NH3 B,C	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	S.M 2540 D	mg/L
Coliformes Fecales Termotolerantes	SM 9223 B MODF	NMP/100mL
Coliformes Totales	S.M 9223 B	NMP/100 mL

Fuente: CIAN Ltda., 2020.

5.8 Incertidumbre de la medición:

La incertidumbre de una medición es la forma de expresar el hecho de que, para un mensurando y su resultado de medición de datos, no existe un solo valor, sino un número infinito de valores dispersos alrededor del resultado, que son consistentes con todas las observaciones datos y conocimientos que se tengan del mundo físico, y que con distintos grados de credibilidad pueden ser atribuidos al mensurado.

De otro modo, la incertidumbre es un parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser



razonablemente atribuidos al mensurando. La definición de incertidumbre dada anteriormente se enfoca en el rango de valores que el observador cree que podría ser razonablemente atribuido al mensurando.

En general, el uso de la palabra incertidumbre se relaciona con el concepto de duda. La palabra incertidumbre sin adjetivos se refiere a un parámetro asociado con la definición anterior o al conocimiento limitado acerca de un valor particular. La incertidumbre de la medición no implica duda acerca de la validez de un mensurando; por el contrario, el conocimiento de la incertidumbre implica el incremento de la confianza en la validez del resultado de una medición. En la práctica la incertidumbre del resultado puede originarse de muchas fuentes posibles, entre ellas se pueden mencionar:

- Definición incompleta del mensurando.
- Realización imperfecta de la definición del mensurando.
- Muestreo no representativo en donde la muestra medida puede no representar el mensurando definido.
- Conocimiento inadecuado de los efectos de las condiciones ambientales sobre las mediciones, o mediciones imperfectas de dichas condiciones ambientales.
- Errores de apreciación del operador en la lectura de instrumentos analógicos.
- Resolución finita del instrumento o umbral de discriminación finito.
- Valores inexactos de patrones de medición y materiales de referencia.
- Aproximaciones y suposiciones incorporadas en los métodos y procedimientos de medición.
- Variaciones en observaciones repetidas del mensurando bajo condiciones aparentemente iguales.

La incertidumbre que se tiene en cuenta para el caso de las presentes mediciones se basa en la generada en la toma de muestras de los equipos, en donde se tiene como referencia el valor de incertidumbre reportado por el patrón de referencia empleado para la verificación del calibrador de flujo de los equipos de alto volumen, el cual arroja los siguientes datos.



5.8.1 Incertidumbre sondas Equipo HACH HQ40d

- **Sonda de Conductividad Eléctrica**

La incertidumbre estimada en el proceso de calibración se ha evaluado teniendo en cuenta la incertidumbre estándar combinada con las siguientes contribuciones: Desviación estándar, patrones, MRC (material de referencia certificado) usados y temperatura. Esta incertidumbre fue expandida por un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%; siguiendo los lineamientos de la guía GUM y del procedimiento interno del laboratorio.

Valor del MRC	997	1412	12,83
Unidad de medida	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$
Lecturas promedio del instrumento	1024	1417	12,21
Incertidumbre	11	5	0,07

- **Sonda de pH**

Valor del MRC	4,004	6,865	9,177	12,462
Promedio lecturas instrumento (pH)	3,98	6,87	9,19	12,38
Incertidumbre expandida	0,02	0,02	0,02	0,06

- **Sonda de Oxígeno Disuelto**

La incertidumbre estimada en el proceso de calibración se ha evaluado teniendo en cuenta la incertidumbre estándar combinada con las siguientes contribuciones: Desviación estándar, y MRC (material de referencia certificado). Esta incertidumbre fue expandida por un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%; siguiendo los lineamientos de la guía GUM y del procedimiento interno del laboratorio.

Patrón	Lectura del equipo (%)	Error Promedio (%)	Incertidumbre +/- (%)
	103,2		
	103,2		



100	103,2	3,2	1,5
	103,1		
	103,1		

5.9 Desviaciones, adiciones y/o exclusiones a los métodos de ensayo

Para la presentación del análisis de calidad del agua en este estudio, en que los métodos de referencia acreditados para el muestreo presenten alguna modificación o se haga una desviación de su procedimiento debido a condiciones ambientales o del propio muestreo, el técnico de muestreo debe asegurarse de que dicha desviación o adición no afecte en grado sustancial el muestreo, siguiendo los instructivos del laboratorio para garantizar la adecuada toma de muestras.

En caso de presentarse alguna de estas situaciones, el técnico de campo la relaciona y la describe clara y resumidamente en el formato de campo de cada parámetro o en una casilla de observaciones; como en el caso presente no se realizaron estos ajustes, cambios, adiciones o desviaciones en ninguno de los métodos de monitoreo acreditados, no se realizaron este tipo de aclaraciones.

5.10 Condiciones ambientales

Cuando se realizan actividades de muestreos ambientales en cuerpos de agua en zonas naturales es importante conocer las características o condiciones climáticas o ambientales del sitio de muestreo, con el fin de indicar una anomalía o situación extraordinaria que pueda llegar a alterar o afectar directa o indirectamente los resultados.

En el presente estudio, el clima durante los días de muestreo presentó condiciones normales, con algunas precipitaciones que no representaron alteración del sitio de muestreo, en el día se tuvieron condiciones de cielo despejado con poca presencia de nubes (2 octas 2/8 aprox.) y una presencia alta de luz solar, con temperaturas atmosféricas entre 25°C y 34°C. En resumen, las condiciones ambientales presentadas en el área de muestreo durante el periodo en que se desarrolló el mismo, estuvieron demarcadas por la climatología normal de la zona y no presentó eventos de magnitud que pudieran alterar las condiciones y los resultados del muestreo.

5.11 Índice de Calidad de Agua (ICA)

La calidad del agua, se analiza como el conjunto de grupos de parámetros y parámetros específicos como representativos del estado de un cuerpo de agua, que



puede evaluarse con relativa facilidad utilizando los métodos establecidos anteriormente.

Por ejemplo, la medición de la conductividad permite analizar el aporte de sales, mientras que el nitrógeno y el fósforo constituyen una medida de indicador de las aportaciones de nutrientes al agua y como subproducto de la descomposición de la materia orgánica y para valorar el grado de eutrofia en el medio. Por su parte, el oxígeno disuelto tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas y el pH es un elemento clave para entender procesos de oxidación y reducción.

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. La demanda química de oxígeno refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica.

La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así a mayor temperatura menos solubilidad y viceversa. De esta manera, es posible evaluar el Índice de calidad del agua (ICA). Este índice tiene como resultado un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de seis o siete variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t .

El indicador refleja las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de una corriente de agua, y en alguna medida permite reconocer problemas de contaminación de manera ágil en un punto determinado en un intervalo de tiempo específico. El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta. En la siguiente tabla se registra la relación entre valores y calificación:



Tabla 11. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0-0.25	MUY MALA	ROJO
0.26-0.50	MALA	NARANJA
0.51-0.70	REGULAR	AMARILLO
0.71-0.90	ACEPTABLE	VERDE
0.91-1.0	BUENA	AZUL

Fuente: IDEAM, 2014

Para este ejercicio de monitoreo y en especial para el cálculo del Índice de Calidad de Agua – ICA se tuvo en cuenta el formato del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, en el que se puede calcular el ICA de dos maneras, con 6 y 7 variables o parámetros.

6. RESULTADOS

A continuación, se presenta la caracterización fisicoquímica y microbiológica realizada sobre los puntos de monitoreo de las fuentes hídricas priorizadas en el departamento de Amazonas.

Los resultados obtenidos se comparan con los valores establecidos por:

- Resolución 631 de 2015 específicamente en lo relacionado al uso doméstico, para evaluar su respectivo cumplimiento y las condiciones en que se encuentran las aguas del departamento de Amazonas.
- Los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en actividades agrícolas y pecuarias, y con los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 11 de la Resolución 2115 de 2007 para el agua de consumo humano, en el caso de que los cuerpos de agua monitoreados sean utilizados como fuentes abastecedoras domesticas

6.1 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS IN SITU

En la Tabla 12, se observan los parámetros medidos en campo (In Situ) y sus límites permisibles según la normatividad vigente.

Tabla 12. Resultados parámetros Físico Químicos In Situ

PARÁMETRO	UNIDAD	Q.	Q.	Q.	Caño	Caño	Caño	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Decreto	Resolución
		Yahuaraca A. Arriba	Yahuaraca Intermedio	Yahuaraca A. Abajo	Calderón A. Arriba	Calderón Intermedio	Calderón A. Abajo	Simón Bolívar A. Arriba	Simón Bolívar Intermedio	Simón Bolívar A. Abajo	1594/1984 Art. 40 y 41	2115/2007 Art. 2,3,4, 5,6,7,11
pH	Unidades	6,41	7,1	6,81	6,58	6,85	6,97	6,82	6,9	6,49	4,5-9,0	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	462	310	460	325	348	183	1,45	1,97	2,41	NE	1000
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,81	3,3	3,28	0,43	0,45	0,15	0,75	0,69	0,13	NE	NE
Temperatura de la muestra	°C	24,13	25,04	25,03	24,8	28,05	29,4	26,31	29,5	28,01	NE	NE

PARÁMETRO	UNIDAD	Q.	Q.	Q.	Q. El	Q. El	Q. El	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Decreto	Resolución
		Urumutu A. Arriba	Urumutu Intermedio	Urumutu A. Abajo	Q. El Porvenir A. Arriba	Q. El Porvenir Intermedio	Q. El Porvenir A. Abajo	San Antonio A. Arriba	San Antonio Intermedio	San Antonio A. Abajo	1594/1984 Art. 40 y 41	2115/2007 Art. 2,3,4, 5,6,7,11
pH	Unidades	7,64	6,8	6,8	6	6	6	7,31	6,69	6,67	4,5-9,0	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	11,98	342	342	748	744	828	145	512	424	NE	1000
Oxígeno Disuelto	mg/L	2,07	1,56	1,56	3,5	12,9	1,69	1,3	0,18	1,25	NE	NE
Temperatura de la muestra	°C	25,35	25,35	25,63	27,03	26,23	28,16	27,15	28,1	26,24	NE	NE

PARÁMETRO	UNIDAD	Caño	Caño	Caño	Río	Río	Río	Q. El	Q. El	Q. El	Decreto	Resolución
		Baos A. Arriba	Baos Intermedio	Baos A. Abajo	Loretoyaco A. Arriba	Loretoyaco Intermedio	Loretoyaco A. Abajo	Q. El Salto A. Arriba	Q. El Salto Intermedio	Q. El Salto A. Abajo	1594/1984 Art. 40 y 41	2115/2007 Art. 2,3,4,5,6,7,11
pH	Unidades	8,5	8,26	6,7	8	7,68	7,81	11,16	8,95	7,8	4,5-9,0	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	75	86	505	258	524	481	20	20	201	NE	1000
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,25	4,3	4,12	5,09	4,61	4,52	5,9	4,9	5,2	NE	NE
Temperatura de la muestra	°C	29,02	28,25	27,04	28,32	27,12	26,02	29,33	32,15	29,65	NE	NE



PARÁMETRO	UNIDAD	Río Amazonas A. Arriba	Río Amazonas Intermedio	Río Amazonas A. Abajo	Decreto 1594/1984	Resolución 2115/2007
					Art. 40 y 41	Art. 2,3,4,5,6,7,11
pH	Unidades	8,12	7,92	8,02	4,5-9,0	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica	μS/cm	219	222	222	NE	1000
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,46	5,36	5,58	NE	NE
Temperatura de la muestra	°C	27,12	26,67	24,13	NE	NE

FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020.

6.2 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN LABORATORIO

En la Tabla 13, se observan los parámetros que requieren análisis en laboratorio y sus límites permisibles según la normatividad vigente.

Tabla 13. Resultados parámetros Físico Químicos en Laboratorio

PARÁMETRO	UNIDAD	Q. Yahuaraca A. Arriba	Q. Yahuaraca Intermedio	Q. Yahuaraca A. Abajo	Caño Calderón A. Arriba	Caño Calderón Intermedio	Caño Calderón A. Abajo	Resolución 2115/2007	Decreto 1594/1984	
								Art. 2,3,4,5,6,7,11	Art. 40	Art. 41
Aceites y Grasas	mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	NE	NE	NE
DBO5	mg/L	4	3	<2	24	67	19	NE	NE	NE
DQO	mg/L	<30	<30	<30	60	117	49	NE	NE	NE
Fósforo Total	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	4	2	NE	NE	NE
Nitrógeno Total KJELDAHL	mg/L	<5	<5	<5	<5	14,8	8,15	NE	NE	NE
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<20	<20	<20	25	48	<20	NE	NE	NE
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100mL	101,9	129,9	101,8	474	1044	2000	0	1000	NE
Coliformes Totales	NMP/100mL	410,6	816,4	727	1542	3169	5100	0	5000	NE



PARÁMETRO	UNIDAD	Quebrada Simón Bolívar A. Arriba	Quebrada Bolívar Intermedio	Quebrada Simón Bolívar A. Abajo	Q. Urumutu A. Arriba	Q. Urumutu Intermedio	Q. Urumutu A. Abajo	Resolución 2115/2007	Decreto 1594/1984	
								Art. 2,3,4,5, 6,7,11	Art. 40	Art. 41
Aceites y Grasas	mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	NE	NE	NE
DBO5	mg/L	22	13	5	20	27	33	NE	NE	NE
DQO	mg/L	54	33	<30	51	57	57	NE	NE	NE
Fósforo Total	mg/L	0,91	1,30	1,45	1,18	1,97	<0,08	NE	NE	NE
Nitrógeno Total KJELDAHL	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	NE	NE	NE
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	<20	<20	<20	64	<20	54	NE	NE	NE
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100mL	1070	725	108,5	393	121,3	393	0	1000	NE
Coliformes Totales	NMP/100mL	2900	1811	629,4	1017	478,6	985	0	5000	NE

PARÁMETRO	UNIDAD	Q. El Porvenir A. Arriba	Q. El Porvenir Intermedio	Q. El Porvenir A. Abajo	Quebrada San Antonio A. Arriba	Quebrada San Antonio Intermedio	Quebrada San Antonio A. Abajo	Resolución 2115/2007	Decreto 1594/1984	
								Art. 2,3,4,5, 6,7,11	Art. 40	Art. 41
Aceites y Grasas	mg/L	7,9	<4	<4	<4	<4	<4	NE	NE	NE
DBO5	mg/L	140	100	137	25	111	61	NE	NE	NE
DQO	mg/L	219	171	205	59	177	99	NE	NE	NE
Fósforo Total	mg/L	3,04	2,43	3,90	0,79	3,69	3,83	NE	NE	NE
Nitrógeno Total KJELDAHL	mg/L	18,2	14,9	18,9	<5	17,3	11,6	NE	NE	NE
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	30	<20	21	<20	<20	<20	NE	NE	NE
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100mL	1200	1118	1690	850	710	464	0	1000	NE
Coliformes Totales	NMP/100mL	3090	3500	3730	3130	2430	1274	0	5000	NE



PARÁMETRO	UNIDAD	Caño Baos A. Arriba	Caño Baos Intermedio	Caño Baos A. Abajo	Río Loretoyaco A. Arriba	Río Loretoyaco Intermedio	Río Loretoyaco A. Abajo	Resolución 2115/2007	Decreto 1594/1984	
								Art. 2,3,4,5, 6,7,11	Art. 40	Art. 41
Aceites y Grasas	mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	NE	NE	NE
DBO5	mg/L	<2	<2	4	3	6	6	NE	NE	NE
DQO	mg/L	<30	<30	<30	<30	<30	<30	NE	NE	NE
Fósforo Total	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	NE	NE	NE
Nitrógeno Total KJELDAHL	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	NE	NE	NE
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	<20	<20	93	82	160	246	NE	NE	NE
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100mL	384	327	624	504	414	512	0	1000	NE
Coliformes Totales	NMP/100mL	809	707	1274	1063	988	1224	0	5000	NE

PARÁMETRO	UNIDAD	Q. El Salto A. Arriba	Q. El Salto Intermedio	Q. El Salto A. Abajo	Río Amazonas A. Arriba	Río Amazonas Intermedio	Río Amazonas A. Abajo	Resolución 2115/2007	Decreto 1594/1984	
								Art. 2,3,4,5, 6,7,11	Art. 40	Art. 41
Aceites y Grasas	mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	NE	NE	NE
DBO5	mg/L	<2	2	2	3	2	<2	NE	NE	NE
DQO	mg/L	<30	<30	<30	<30	<30	<30	NE	NE	NE
Fósforo Total	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	NE	NE	NE
Nitrógeno Total KJELDAHL	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	NE	NE	NE
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	30	28	104	196	206	239	NE	NE	NE
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100mL	548	521	479	382,6	293,8	368,1	0	1000	NE
Coliformes Totales	NMP/100mL	1860	1464	993	960,6	866,4	980,4	0	5000	NE

FUENTE: CIAN Ltda., 2020; Informe 002450 y 002489; muestra 22900 a la 22917 y muestra 23197 a la 23208.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se analizan los parámetros de mayor interés sanitario y ambiental al realizar una comparación de los resultados de cada una de las fuentes monitoreadas, tanto con los límites que establece la Resolución 631 de 2015 específicamente en lo relacionado al uso doméstico, como los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984 para el uso del agua en actividades agrícolas y pecuarias, y con los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 11 de la Resolución 2115 de 2007 para el agua de consumo humano, en el caso de que los cuerpos de agua monitoreados sean utilizados como fuentes abastecedoras domésticas.

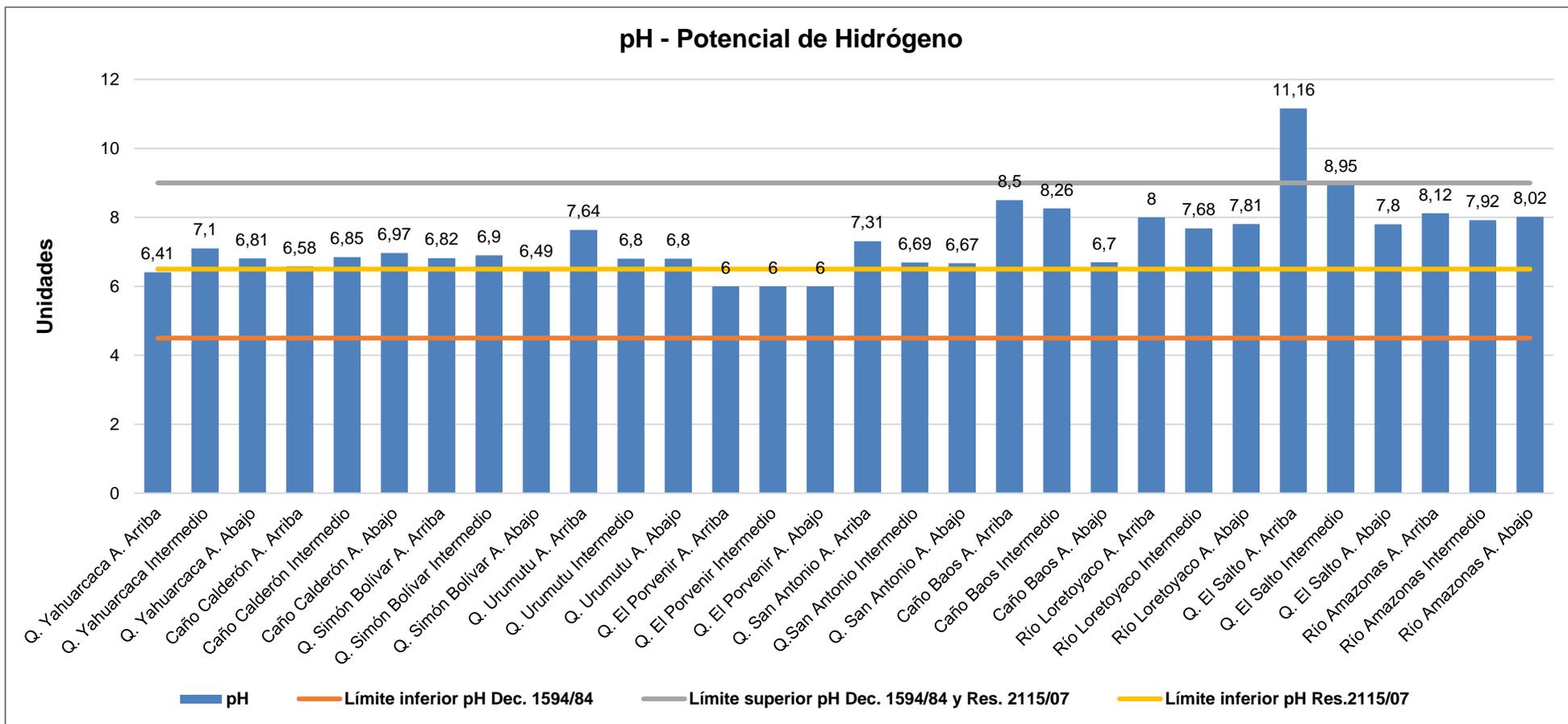
7.1 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS IN SITU

7.1.1 pH y Temperatura

Los niveles de pH encontrados en los puntos de monitoreo presentan valores entre (6 a 11,16 con un promedio de 7 unidades), es decir que las condiciones de pH se encuentran dentro del límite establecido por la norma para: usos del agua en actividades agrícolas (Ph entre 4.5 unidades – 9 unidades), actividades pecuarias (Ph entre 5 unidades – 9 unidades), actividades de consumo humano y usos doméstico (Ph entre 6-9 unidades) y para el desarrollo óptimo de la vida acuática valores de pH entre 6 unidades y 8,95 unidades (ver grafica 1), indicando que las aguas presentan un carácter ligeramente ácido y ligeramente alcalino con tendencia a la neutralidad, excepto en el punto denominado Quebrada El Salto aguas arriba cuyo valor de pH se encuentra por encima del límite máximo permisible (11,16 unidades) establecido en la Resolución 2115 de 2007 y el Decreto 1594 de 1984, indicando aguas moderadamente alcalinas, sin embargo, en la parte media de dicha quebrada presenta un Ph de 8,95, encontrándose al límite establecido para el desarrollo óptimo de la vida acuática.

Adicionalmente en la parte alta, media y baja de la quebrada El Porvenir presenta un valor de Ph de 6 unidades, es decir que son aguas neutras

Figura 1. pH. Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas

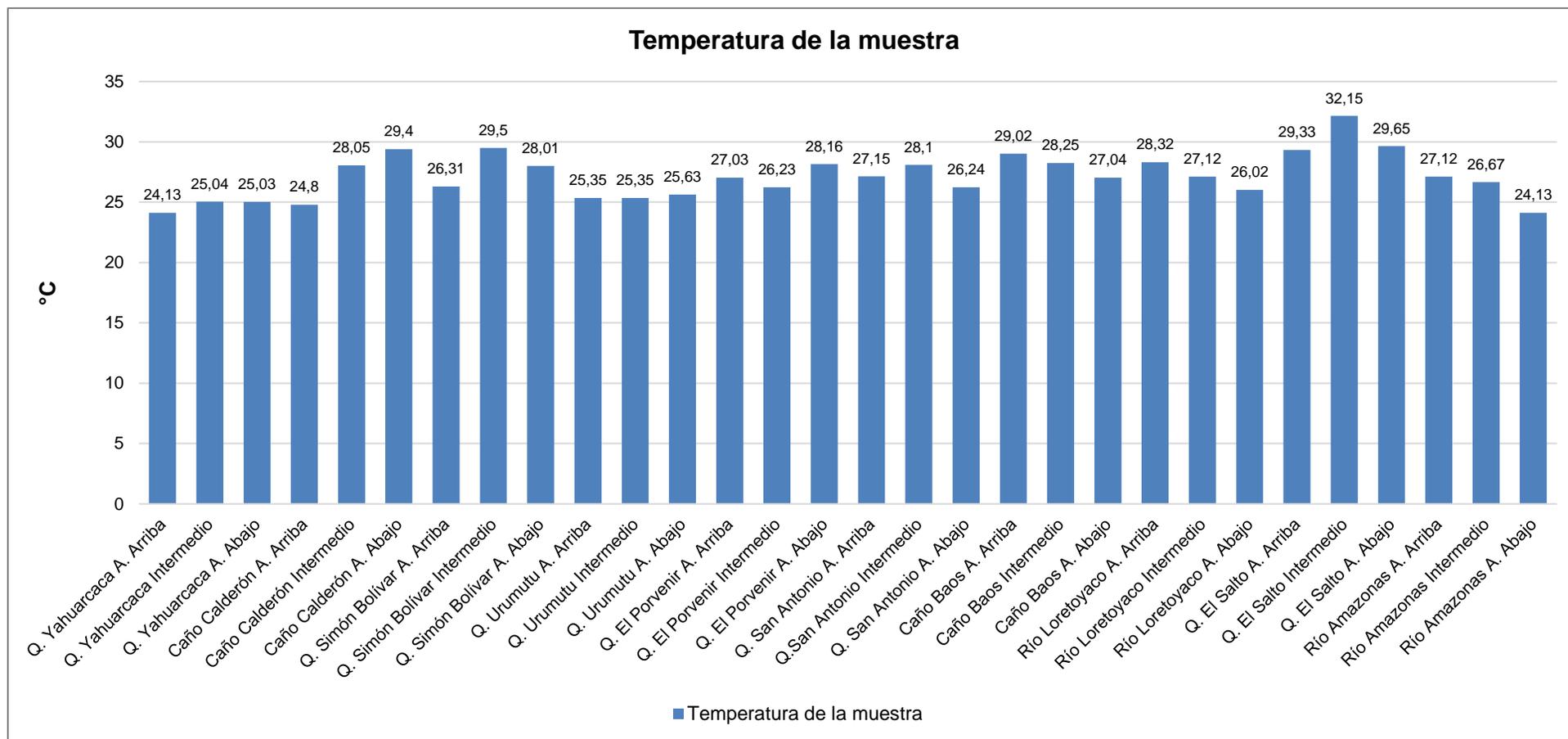


FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020



En cuanto a la temperatura, se registraron valores entre 24,13°C y 32,15°C con un promedio de 27,06 °C (ver grafica 2). Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática. El valor más bajo se presentó en la parte baja del río Amazonas (municipio de Leticia) con 24,13°C, probablemente influenciado por la hora del muestreo la cual se realizó finalizando la tarde, mientras que la temperatura más alta se reportó en la parte media de la quebrada El Salto (municipio de Puerto Nariño) con 32,15°C debido a que el muestreo se realizó cercano al medio día donde la radiación solar es mayor.

Figura 2. Temperatura de la muestra, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

Por lo anterior se determina que las características del Ph y temperatura del agua son aceptables y no son nocivas, presentando un pH con tendencia neutra, lo que indica aguas con iones hidronio en tendencia nula por su completa reacción con los iones del medio acuoso, es normal la temperatura baja en proporción a la de la atmósfera, ya que los cuerpos de agua mantienen un transporte de energía constante en donde la temperatura juega un papel indispensable.

7.1.2 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

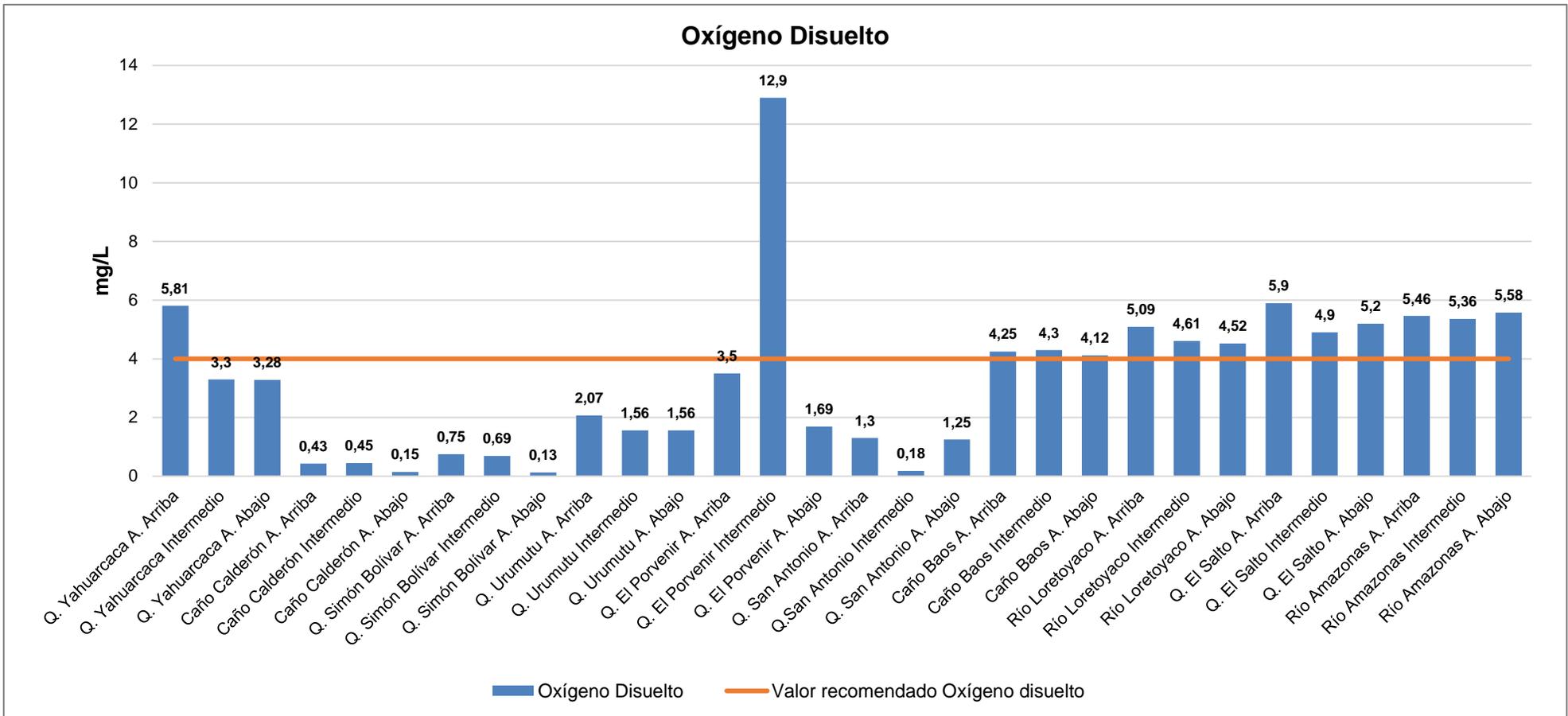
- Oxígeno Disuelto (mg/l)

La normatividad ambiental no establece un límite permisible para este parámetro, sin embargo, para que pueda vivir un organismo en el agua lo ideal es que presente una concentración mayor a 4 mg/L. Para garantizar la vida acuática (aerobia), el oxígeno disuelto debe ser mayor de cero; peces de la familia de los salmónidos (salmón, trucha) requieren de temperaturas bajas y concentraciones altas de oxígeno disuelto (6 a 7 mg/L); mientras que para los ciprínidos (carpa, barbo) las condiciones de OD son menores (4 a 5 mg/L). (Leonardo, 2013).

Por lo tanto, el Oxígeno disuelto en los puntos monitoreados varían entre 0,13 a 12,9 mg/l, con un promedio de 3,343 mg/l cuyo valor más alto se registró en la media de la quebrada El Porvenir (municipio de Leticia) y el valor más bajo en la parte baja de la quebrada Simón Bolívar (municipio de Leticia) (ver grafica 3). Es decir que la presencia del Oxígeno Disuelto resulta favorable en catorce puntos monitoreados ya que se encuentra por encima de 4 mg/L, sin embargo, en los dieciséis puntos restantes los niveles de OD son bajos, principalmente en los caños y quebradas frente a la demanda biológica y química de oxígeno, evidenciando cambios en la dinámica del ecosistema, debido a la creación natural de aguas estancadas, lo que permite indicar que las condiciones de flujo, geomorfológicas y las dinámicas de los cuerpos de agua tienen una gran influencia sobre los niveles de oxígeno disuelto, debido a los resaltes hidráulicos que generan turbulencia y permiten la aireación y la incorporación del oxígeno a la columna de agua.



Figura 3. Oxígeno Disuelto, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas

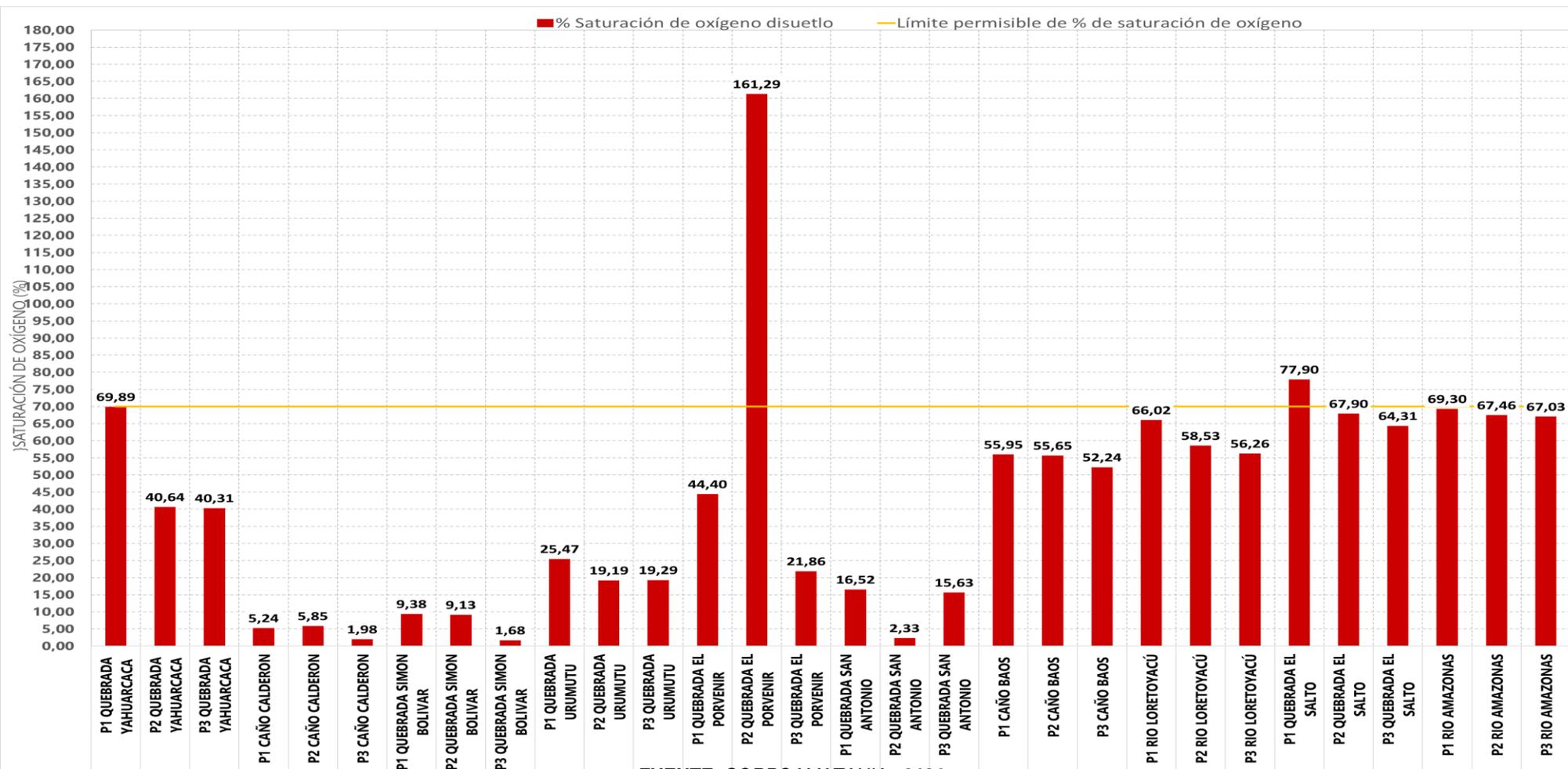


FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

- Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El porcentaje de saturación de OD (%), se define como el porcentaje de oxígeno disuelto en 1 litro de agua, respecto la cantidad máxima de oxígeno disuelto que puede contener 1 litro de agua, resultando que, para los puntos monitoreados en el departamento de Amazonas, se encuentra valores entre un 1, 68 % a 161,29 % con un promedio de 42 % de saturación de OD, donde el valor mínimo reportado se encuentra sobre la parte baja de la quebrada Simón Bolívar (municipio de Leticia) y el valor más alto en la parte media de la quebrada El Porvenir (municipio de Leticia) (ver grafica 4). Por lo tanto, se puede determinar que en 28 fuentes hídricas monitoreadas presentan el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) con valores inferiores al 70% indicando algún grado de contaminación, mientras que en la Parte alta de la quebrada El Salto (Mpio. Puerto Nariño) presentan valores dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 86,7 a 105%. Particularmente el % de Saturación de OD de la parte media de la quebrada El Porvenir (municipio de Leticia) es de 161,29 %, lo que indica que sobre esta parte del cuerpo de agua hay supersaturación de oxígeno disuelto, probablemente debido a que en este punto de muestreo la muestra de agua contenía gran cantidad de espuma, lo cual aumenta el porcentaje medido.

Figura 4. Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



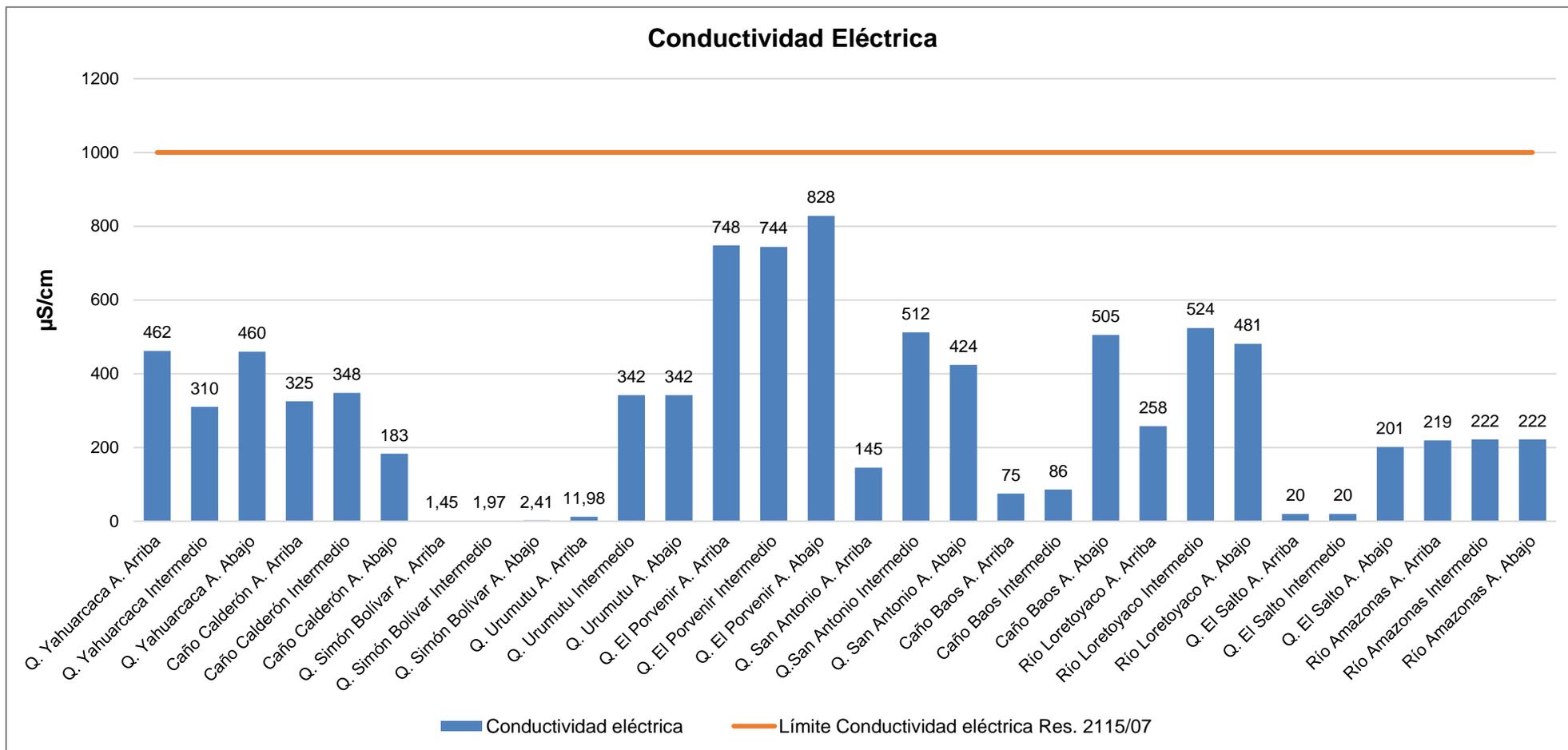
FUENTE: CORPOAMAZANIA., 2020

7.1.3 Conductividad Eléctrica

Como consecuencia de su contenido iónico, el agua se hace conductora de la electricidad, a medida que la concentración iónica aumenta, aumenta también hasta cierto límite la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, en los puntos monitoreados se registra valores con un promedio de 300, 79 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un valor mínimo para este parámetro de 1,45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto denominado Quebrada Simón Bolívar aguas arriba y un valor máximo de 828 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la Quebrada El Porvenir aguas abajo (ver grafica 5), lo que permite dar cumpliendo a la Resolución 2115 de 2007 que establece un límite máximo permisible para conductividad de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figura 5. Conductividad eléctrica, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

7.2 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN LABORATORIO

7.2.1 Aceites y Grasas

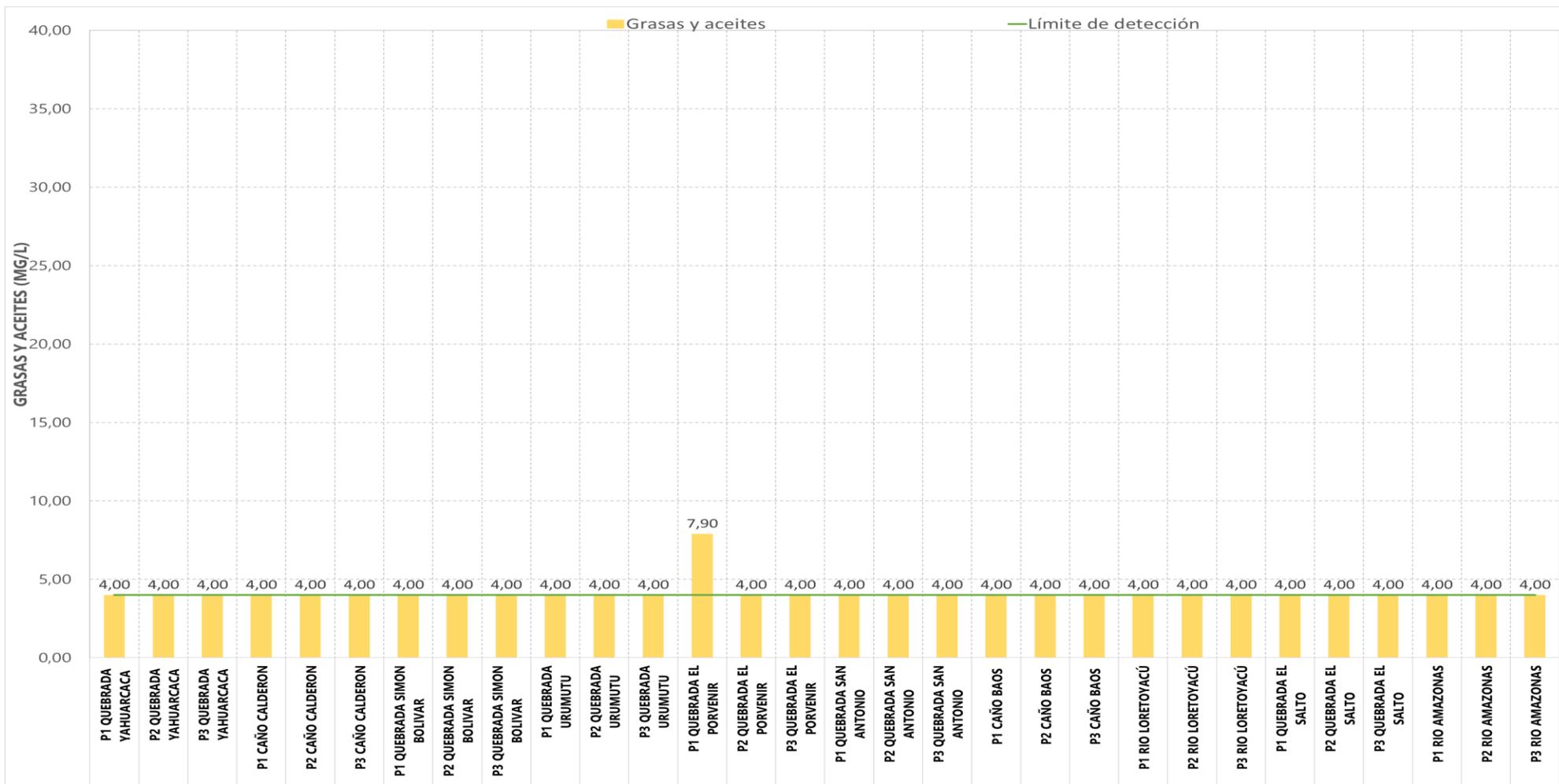
Las concentraciones reportadas en el análisis de aguas superficiales para aceites y grasas se encuentran por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio con valores de <4 mg/L para los puntos muestreados, excepto en la Quebrada El Porvenir aguas arriba para la cual se registra un valor de 7,9 mg/L para este parámetro. Este contaminante puede generar efectos negativos ya que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el cuerpo de agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar. Por tanto, de acuerdo con los resultados, los cuerpos de agua superficiales monitoreados no presentan contaminación por aceites y grasas (ver grafica 6).

7.2.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) – Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La normatividad no establece valores permisibles para estos parámetros, sin embargo, los niveles de DBO5 en los puntos monitoreados se encuentran entre 2 mg/L y 140 mg/L, con un promedio de 29 mg/L (ver grafica 7) y en ocho puntos estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica analítica correspondiente a ≤ 2 mg/L, estos valores son propios de sistemas oligotróficos, que generalmente indican aguas con bajo contenido de materia orgánica disponible para su síntesis y biodegradabilidad por parte de los microorganismos, debido principalmente a la dinámica del movimiento y las propiedades de flujo continuo de los sistemas lóticos del litoral, esto determina periodos de recuperación de los cuerpos de agua.

Teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, donde se estable los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas de las actividades industriales, comerciales o de servicios y de las aguas residuales de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día es para el parámetro DBO5 de 90 mg/L, se determina que en cuatro puntos de monitoreo (parte alta, media y baja de la quebrada el porvenir y parte media de la quebrada San Antonio) se encuentran por encima de este límite permisible establecido .

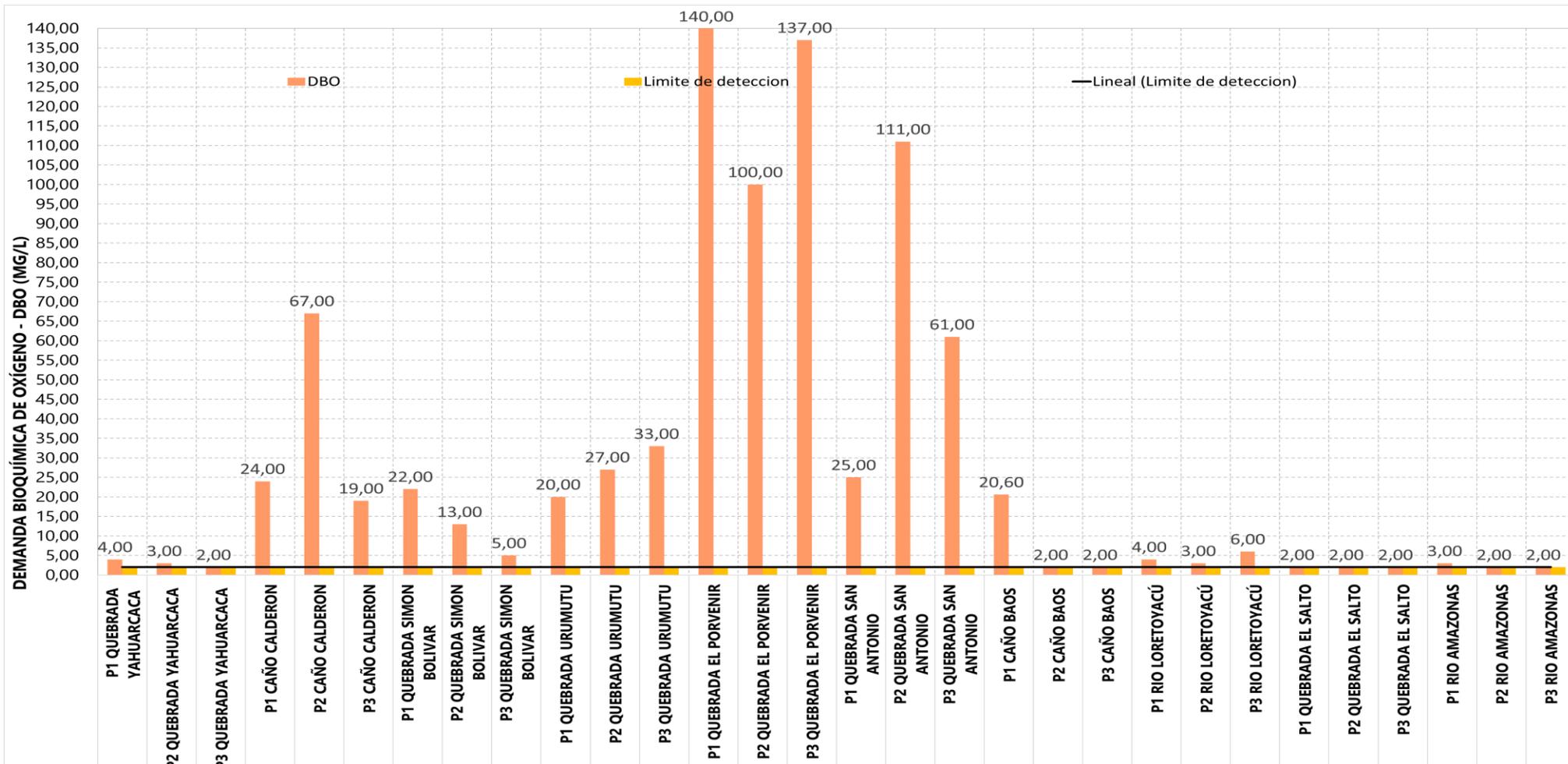
Figura 6. Aceites y grasas, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020



Figura 7.DBO5, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



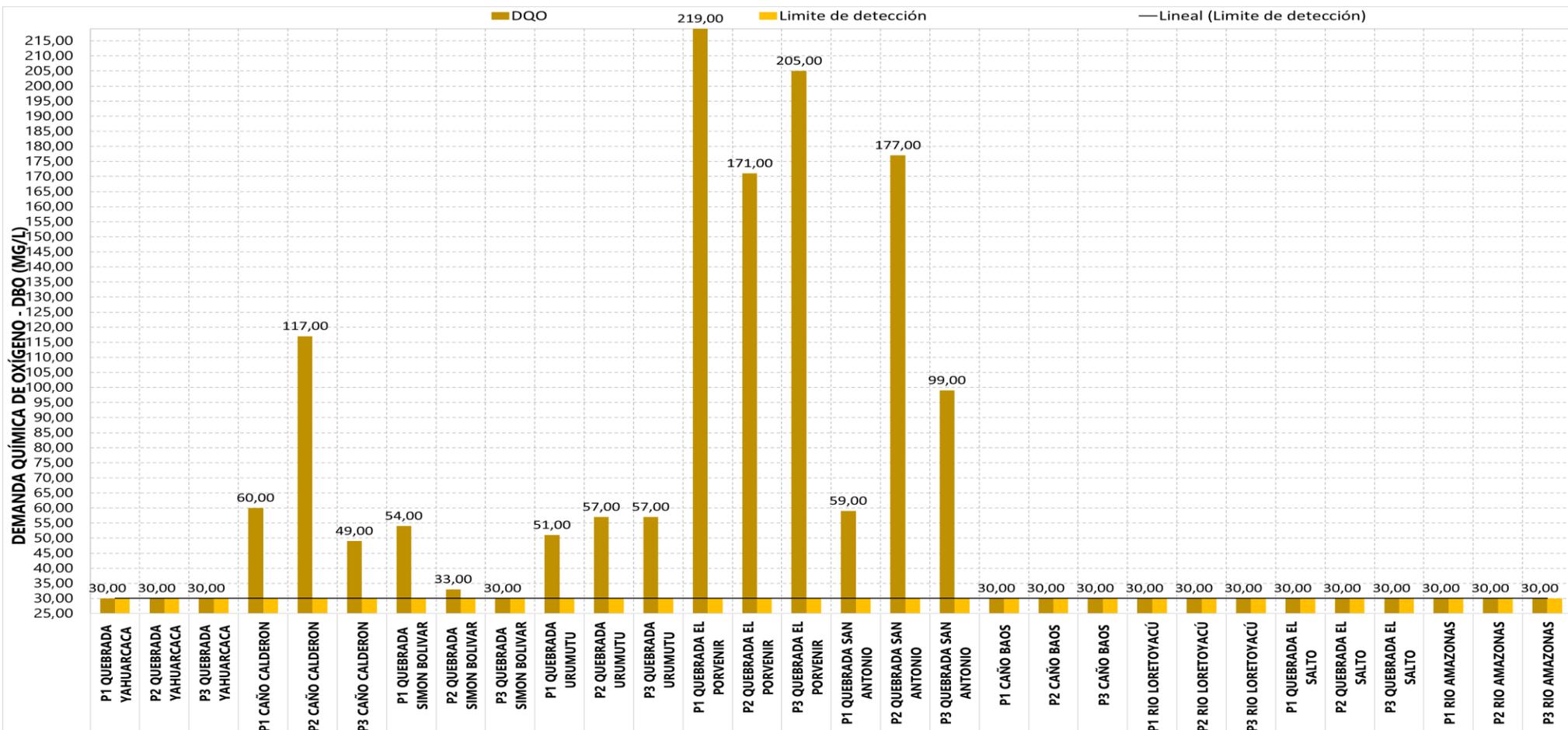
FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

Así mismo, para la DQO se registra valores entre 30 mg/L y 219 mg/L, con un promedio de 63 mg/L, donde los valores más altos corresponden a la Quebrada El Porvenir y por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<30 mg/L) en dieciséis puntos, evidenciando un bajo grado de contaminación por cargas químicamente degradables y aportes de microorganismos o residuos de carácter inorgánico como sales y nutrientes minerales, lo cual contrasta con los valores de la DBO5 reportados (ver grafica 8).

Teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, donde se estable los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas de las actividades industriales, comerciales o de servicios y de las aguas residuales de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día es para el parámetro DQO de 180 mg/L, se determina que en 2 puntos de monitoreo (Parte alta y baja de la quebrada El Porvenir) se encuentran por encima de este límite permisible establecido



Figura 8. DQO, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

7.2.3 Fósforo Total

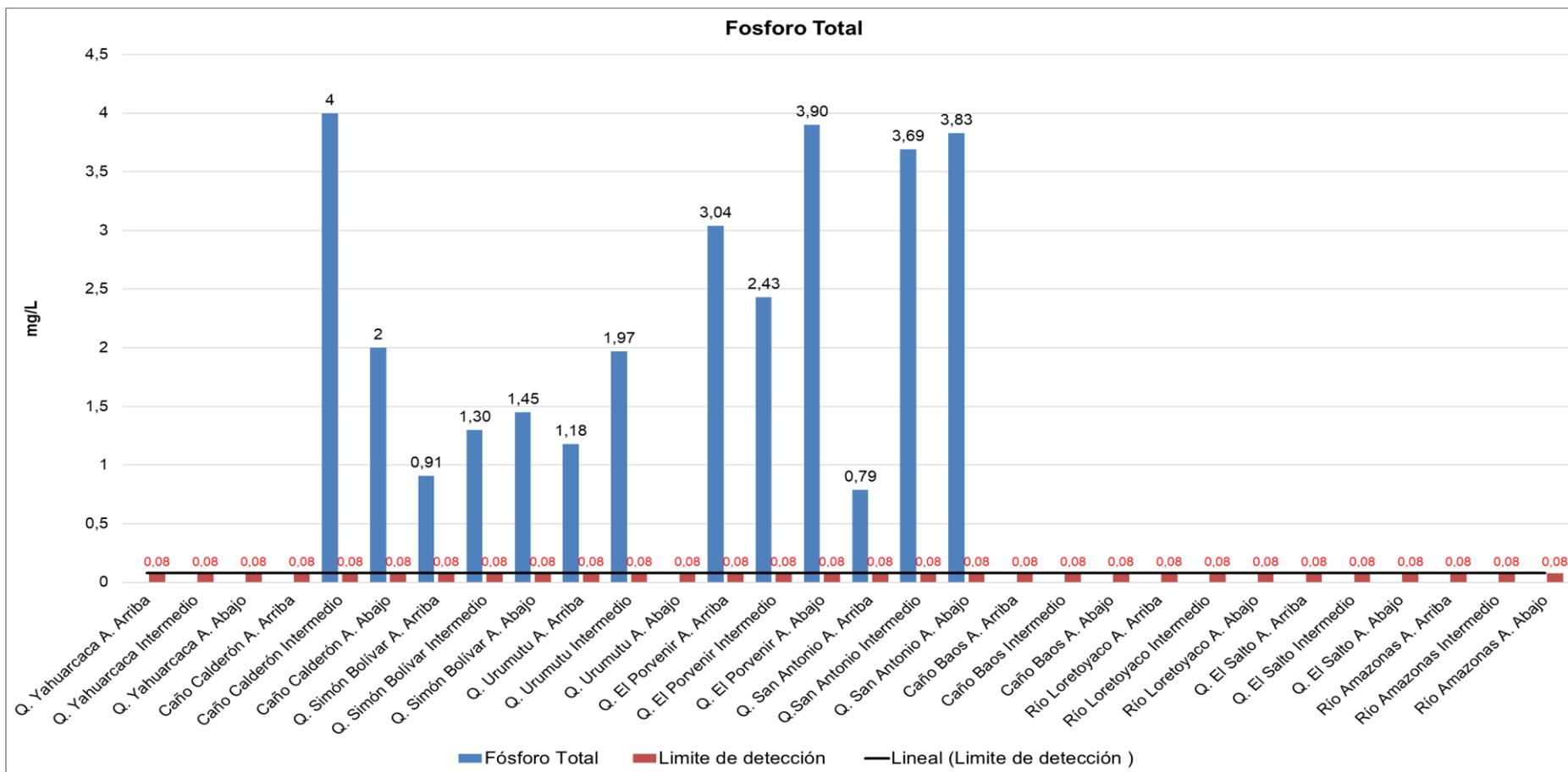
El fósforo constituye en muchos sistemas acuáticos el nutriente limitante de la producción primaria, siendo determinante del estado trófico de los mismos. El aumento de este elemento en el medio acuático está relacionado con diversas actividades humanas, principalmente con el uso de fertilizantes y detergentes (Arocena 2015).

El aporte de materia orgánica proveniente de vertidos domésticos, agrícolas e industriales, constituye una de las perturbaciones más comunes de los ambientes acuáticos. La descomposición de la materia orgánica provoca la reducción de la concentración de oxígeno en el agua y aporta nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. Este fenómeno da origen a un proceso que se denomina eutrofización. La proliferación excesiva de plantas acuáticas, microalgas y cianobacterias constituye uno de los efectos más notorios de este fenómeno. Una de las principales consecuencias es el desarrollo de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, las cuales afectan la calidad del agua para ser utilizada por el hombre y la conservación de la biodiversidad. La eutrofización se ha convertido en la problemática más extendida tanto a nivel nacional (Scasso & Mazzeo 2000) como mundial (Hosper 1998) de los sistemas acuáticos.

Para fósforo total se registran concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<0,08 mg/L) en diecisiete puntos muestreados y para trece puntos valores entre 0,8 mg/L y 4 mg/L, con un promedio de 1 mg/L (ver gráfico 9), donde el valor más alto por encima del límite de detección se registra en la parte media del Caño Calderón (municipio de Leticia) y el valor menor en la parte alta de la quebrada San Antonio (municipio de Leticia). Aunque la normatividad asociada no establece un límite máximo permisible para este parámetro, los mencionados valores no representan riesgo para las fuentes de agua superficial objeto de estudio.



Figura 9. Fosforo Total, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

7.2.4 Nitrógeno Total KJENDAHL

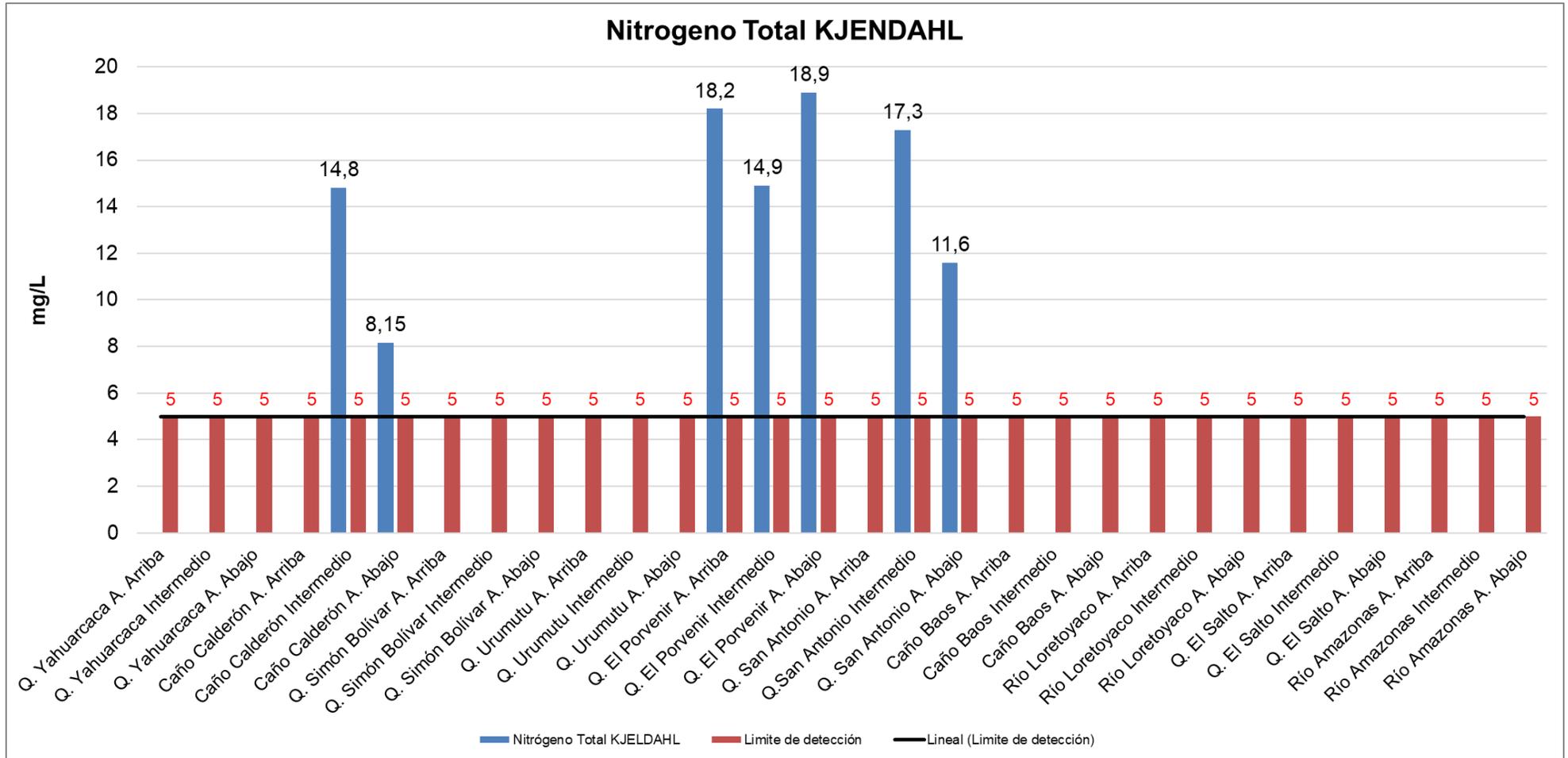
Los compuestos nitrogenados evidencian muchas veces procesos bioquímicos incompletos o que por el contrario se han prolongado más de lo suficiente en el tiempo y han dado lugar a acumulaciones de materia orgánica y nutrientes que desencadenan una serie de problemas en las dinámicas biológicas y químicas del cuerpo de agua.

El Nitrógeno Total Kjendahl, es un indicador que refleja la cantidad total de nitrógeno en el agua analizada, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas y el ion amonio.

Para las fuentes hídricas receptoras de vertimientos de los municipios de Amazonas y Puerto Nariño, se registraron valores de Nitrógeno Total por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<5 mg/L) en 23 puntos muestreados evidenciando aguas con escasa acumulación de nutrientes, propio de ecosistemas oligotróficos. Por otro lado, en el Caño Calderón, Quebrada El Porvenir y Quebrada San Antonio los resultados se encuentran entre 8,15 mg/L y 18,9 mg/L y para los 30 puntos muestreados el promedio es de 7 mg/L (ver gráfico 10). Por ende, aunque la normatividad no establece un límite máximo permisible para este parámetro, estos valores denotan concentraciones de amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados probablemente derivados de actividades agrícolas aledañas a las zonas de muestreo.



Figura 10. Nitrógeno Total Kjendahl, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

7.2.5 Sólidos Suspendidos Totales

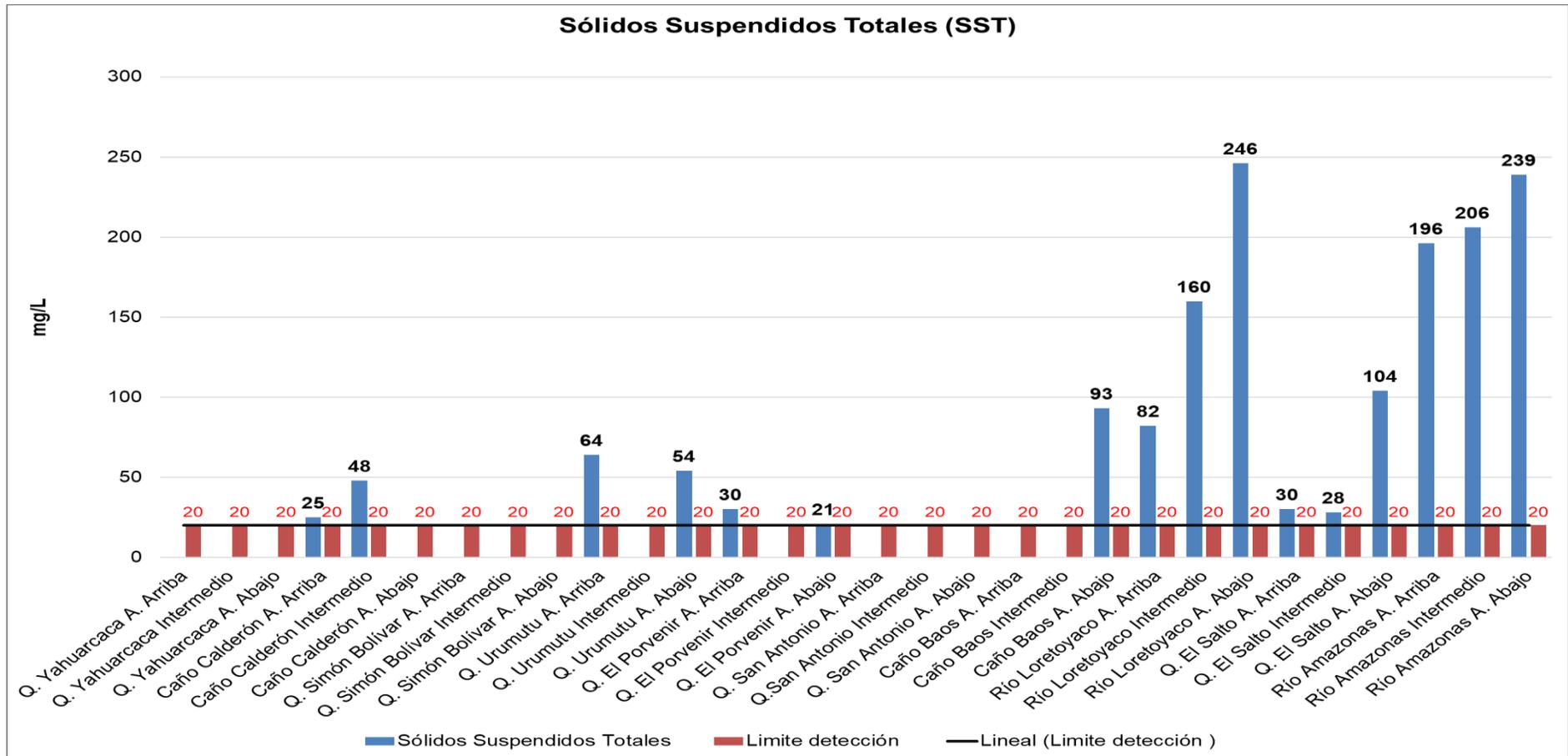
En lo que hace relación a los sólidos suspendidos totales, se obtuvo para catorce puntos valores por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<20 mg/L), y en los puntos Caño Calderón, Quebrada Urumutu, Quebrada El Porvenir, Caño Baos, Río Loretoyacú, Quebrada El Salto y Río Amazonas se registran valores entre 21 mg/L y 246 mg/L, siendo los Ríos Loretoyacú y Amazonas los puntos con las concentraciones más altas de sólidos suspendidos totales. Adicionalmente para los 30 puntos muestreados se reporta un promedio de 64 mg/L (ver grafica 11).

El Decreto 1594 de 1984 y la Resolución 2115 de 2007 no establecen límites máximos aceptables para este parámetro, sin embargo, los resultados se encuentran dentro de las condiciones normales para las aguas superficiales en mención y es importante su control a fin de que no se generen afectaciones en cuanto a la calidad de las aguas.

Teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, donde se estable los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas de las actividades industriales, comerciales o de servicios y de las aguas residuales de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625 kg/día es para el parámetro SST de 90 mg/L, se determina que en 7 puntos monitoreados se encuentran por encima de este límite permisible establecido , de los cuales la fuente que reporta la mayor cantidad de SST es la parte baja del rio Loretoyacú.



Figura 11. Sólidos Suspendidos Totales, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

7.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO

7.3.1 Coliformes Totales – Coliformes Fecales Termotolerantes

En el monitoreo de las fuentes hídricas del Amazonas, se realizó la cuantificación de los microorganismos coliformes que corresponden al grupo de especies bacterianas con ciertas características bioquímicas en común y similares a la *Escherischia Coli*, las cuales representan una importancia relevante como indicadores de contaminación del agua superficial, cuyos resultados de coliformes totales como se observa en la **Gráfica 12**, se encuentran entre 410,6 NMP/100mL y 5100 NMP/100mL, con un promedio de 1664 NMP/100mL, estas concentraciones no sobrepasan los niveles promedio de aguas ligeramente contaminadas del litoral, con cantidades de coliformes relacionadas a la degradación de materia orgánica del subsuelo, así como aportes por microorganismos y animales hacia los cauces de estos cuerpos hídricos, por lo tanto, en 29 puntos de muestreo se cumple con el Decreto 1594 de 1984 cuyo límite máximo permisible corresponde a 5000 NMP/100mL para aguas con destinación agrícola y pecuaria, excepto en el punto denominado Caño Calderón aguas abajo para el cual se registra una concentración de 5100 NMP/100mL sobrepasando ligeramente el límite máximo permisible.

Por lo anterior, al presentar los coliformes totales un promedio de 1664 NMP/100 ml, se determina un valor superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico según el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

Con relación a los Coliformes Fecales Termotolerantes, quienes son un grupo donde se encuentran inmersas las bacterias de coliformes propiamente generadas por las heces de animales y demás organismos que se consideran como aquellas especies más potencialmente patógenas, es decir, las más delicadas para la salud humana, en donde los resultados registran concentraciones entre 101,8 NMP/100mL y 2000 NMP/100mL, con un promedio de 602 NMP/100mL, por ende, los mencionados valores se encuentran por debajo del límite permisible establecido en el Decreto 1594 de 1984 (1000 NMP/100mL) para aguas con destinación agrícola y pecuaria, excepto en los puntos denominados Caño Calderón intermedio y aguas abajo, Quebrada Simón Bolívar aguas arriba y Quebrada El Porvenir aguas arriba, intermedio y aguas abajo ya que los resultados se encuentran por encima de 1000 NMP/100mL, siendo la

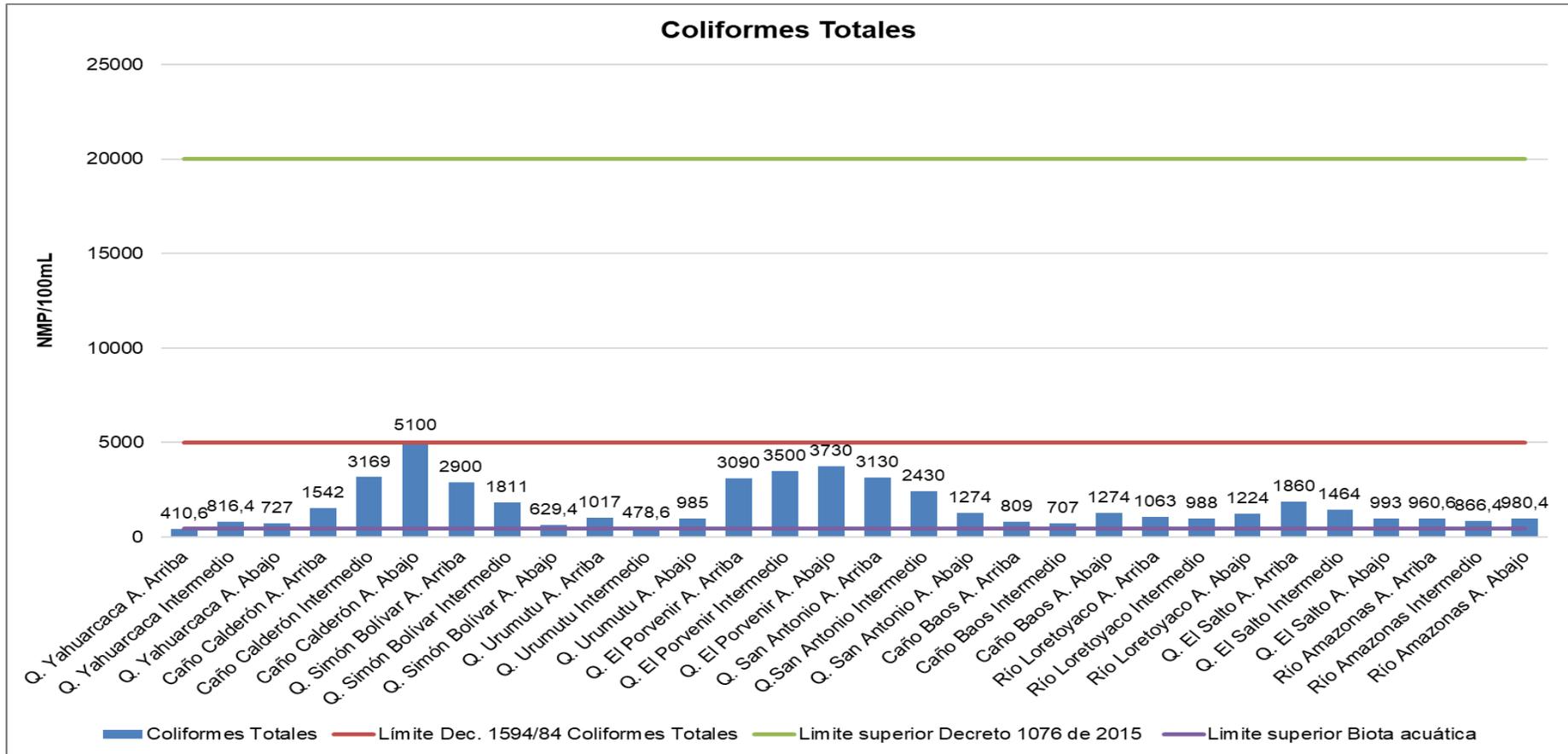


parte baja del caño Calderon la de mayor concentración en relación a los restantes 29 puntos de monitoreo, como se puede evidenciar en la **Gráfica 13**, por tanto, se presenta contaminación por coliformes fecales en estos puntos. Así mismo, las aguas deben someterse a un sistema de tratamiento efectivo si van a ser destinadas para consumo humano ya que no se da cumplimiento con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

Por lo anterior, al presentar los coliformes Fecales Termotolerantes un promedio de 602 NMP/100mL, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.



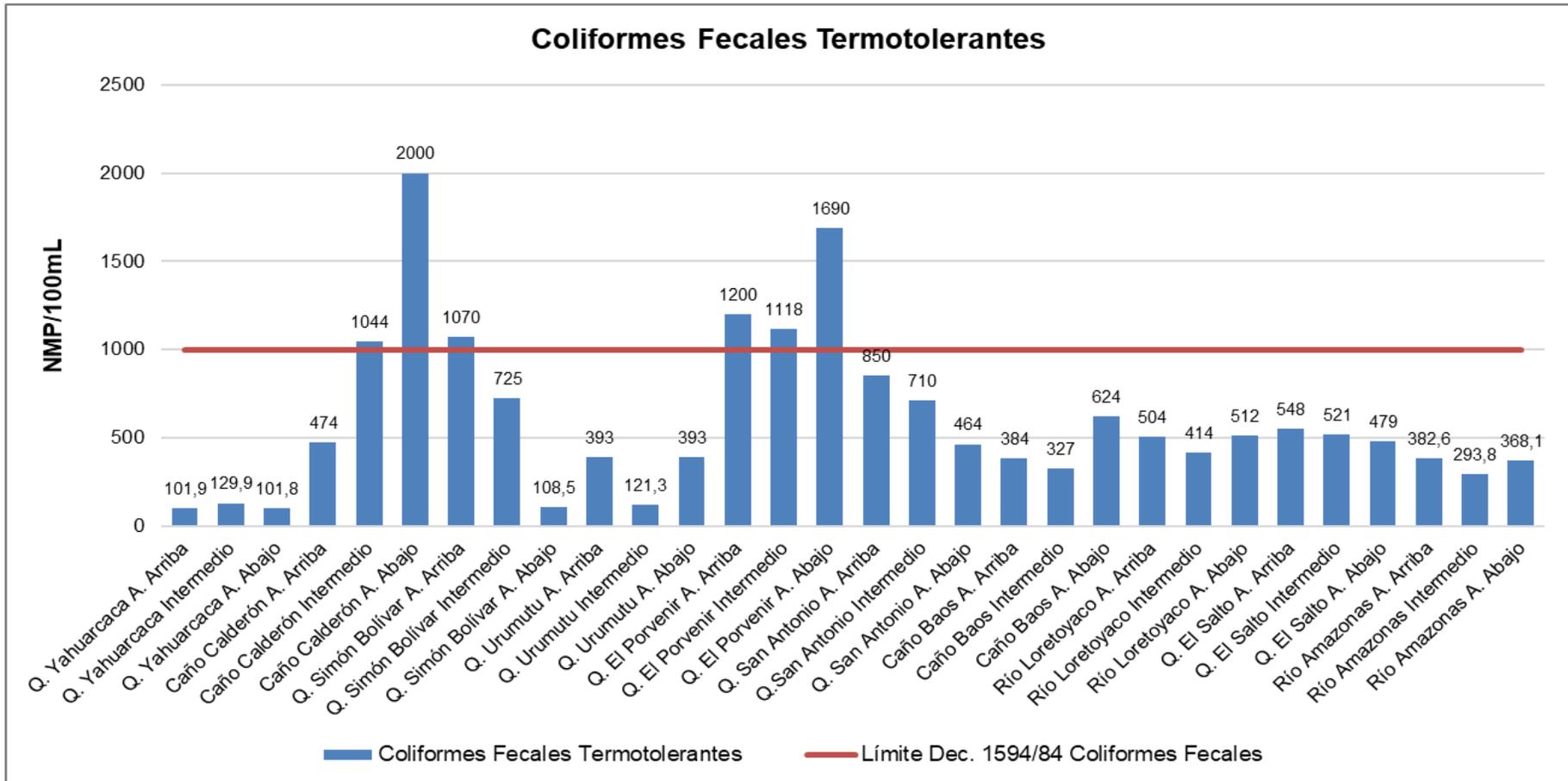
Figura 12. Coliformes Totales, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020



Figura 13. Coliformes Fecales, Aguas Superficiales – Monitoreo Fuentes Hídricas receptoras de vertimientos en Amazonas



FUENTE: EcoAnálisis S.A.S., 2020

7.4 ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA

Para este ejercicio de monitoreo y en especial para el cálculo del Índice de Calidad de Agua – ICA del departamento de Amazonas, se tuvo en cuenta el formato del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, en el que se puede calcular el ICA de dos maneras, con 7 y 8 variables o parámetros. Para este caso se utilizaron ocho (08) parámetros para el cálculo, los cuales se detallan a continuación:

- Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto
- Conductividad Eléctrica uS/cm
- Demanda Química de Oxígeno mg/L
- pH unidades de pH
- Sólidos Suspendidos Totales mg/L
- Nitrógeno Total mg /L
- Fósforo Total mg/L
- Coliformes Fecales (NMP/100 ml)

Teniendo como resultado que aproximadamente el 56,67 % de las fuentes hídricas priorizadas del departamento del Putumayo se encuentra con un Índice de Calidad de Agua – ICA con calificación Regular, en el 43,33% restante se encuentran fuentes que en sus tramos medios son objetos de distintos vertimientos (Domésticos e industriales) municipales con ICA Malo. Esto da a entender que se está vertiendo una gran cantidad de carga contaminante a las fuentes hídricas del departamento, afectando principalmente los ecosistemas que habitan en ellas y posteriormente la afectación a las comunidades que se tienen que ver obligadas a captar agua de estos cuerpos de agua contaminados.

A continuación, se presentan los índices de contaminación aplicados en el monitoreo de calidad del agua superficial y sus respectivos resultados, con el fin de exponer una idea interpretativa de las condiciones de los cuerpos de agua del departamento de Amazonas, en donde se pueda determinar su grado de contaminación y su clasificación de calidad (ver tabla 14).

Tabla 14. Calculo ICA sobre los puntos monitoreados en el departamento de Amazonas

MUNICIPIO	FUENTE HIDRICA	VALOR ICA	DESCRIPCIÓN ICA
LETICIA	P1 QUEBRADA YAHUARCACA	0,57	REGULAR
LETICIA	P2 QUEBRADA YAHUARCACA	0,56	REGULAR
LETICIA	P3 QUEBRADA YAHUARCACA	0,55	REGULAR
LETICIA	P1 CAÑO CALDERON	0,40	MALO
LETICIA	P2 CAÑO CALDERON	0,35	MALO
LETICIA	P3 CAÑO CALDERON	0,40	MALO
LETICIA	P1 QUEBRADA SIMON BOLIVAR	0,55	REGULAR
LETICIA	P2 QUEBRADA SIMON BOLIVAR	0,58	REGULAR
LETICIA	P3 QUEBRADA SIMON BOLIVAR	0,61	REGULAR
LETICIA	P1 QUEBRADA URUMUTU	0,59	REGULAR
LETICIA	P2 QUEBRADA URUMUTU	0,48	MALO
LETICIA	P3 QUEBRADA URUMUTU	0,43	MALO
LETICIA	P1 QUEBRADA EL PORVENIR	0,39	MALO
LETICIA	P2 QUEBRADA EL PORVENIR	0,39	MALO
LETICIA	P3 QUEBRADA EL PORVENIR	0,30	MALO
LETICIA	P1 QUEBRADA SAN ANTONIO	0,53	REGULAR
LETICIA	P2 QUEBRADA SAN ANTONIO	0,37	MALO
LETICIA	P3 QUEBRADA SAN ANTONIO	0,41	MALO
PUERTO NARIÑO	P1 CAÑO BAOS	0,64	REGULAR
PUERTO NARIÑO	P2 CAÑO BAOS	0,65	REGULAR
PUERTO NARIÑO	P3 CAÑO BAOS	0,48	MALO
PUERTO NARIÑO	P1 RIO LORETOYACÚ	0,54	REGULAR
PUERTO NARIÑO	P2 RIO LORETOYACÚ	0,50	MALO
PUERTO NARIÑO	P3 RIO LORETOYACÚ	0,45	MALO
PUERTO NARIÑO	P1 QUEBRADA EL SALTO	0,58	REGULAR
PUERTO NARIÑO	P2 QUEBRADA EL SALTO	0,64	REGULAR
PUERTO NARIÑO	P3 QUEBRADA EL SALTO	0,57	REGULAR
LETICIA	P1 RIO AMAZONAS	0,53	REGULAR
LETICIA	P2 RIO AMAZONAS	0,54	REGULAR

LETICIA	P3 RIO AMAZONAS	0,51	REGULAR
---------	-----------------	------	---------

8. CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua superficial de las fuentes hídricas del Amazonas, en los municipios de Leticia y Puerto Nariño, departamento del Amazonas. Teniendo en cuenta los parámetros analizados, los resultados obtenidos y la normatividad vigente, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los niveles de pH encontrados en los puntos de monitoreo presentan valores entre (6 a 11,16 unidades), indicando que las aguas presentan un carácter ligeramente ácido y ligeramente alcalino con tendencia a la neutralidad, es decir son fuentes hídricas con iones hidronio en tendencia nula por su completa reacción con los iones del medio acuoso, excepto en el punto denominado Quebrada El Salto aguas arriba cuyo valor de pH se encuentra por encima del límite máximo permisible (11,16 unidades) establecido en la Resolución 2115 de 2007, el Decreto 1594 de 1984 y el Decreto 1076 de 2015.
- La temperatura del agua en los puntos de muestreo se encuentra en un rango de 24,13°C a 32,15°C con un promedio de 27,06 °C. Estos valores se encuentran dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.
- El pH y la temperatura en los puntos de muestreo, corresponden a los niveles comunes de las aguas superficiales, influenciadas por la acidez de los suelos amazónicos, por lo que se cumple con la normatividad vigente.
- El Oxígeno disuelto en los puntos monitoreados varían entre 0,13 a 12,9 mg/l, con un promedio de 3,343 mg/l, resultando favorable en catorce puntos monitoreados ya que se encuentra por encima de 4 mg/L, sin embargo, en los dieciséis puntos restantes los niveles de OD son bajos, principalmente en los caños y quebradas frente a la demanda biológica y química de oxígeno, evidenciando cambios en la dinámica del ecosistema, debido a la creación natural de aguas estancadas.
- El Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) de los puntos monitoreados en el departamento de Amazonas, se encuentra valores entre un 1,68 % a 161,29 % con un promedio de 42 %, Por lo tanto, se determinó que en 28 fuentes hídricas monitoreadas presentan el porcentaje de saturación de

oxígeno disuelto (%) con valores inferiores al 70% indicando algún grado de contaminación.

- En los puntos monitoreados se registra la conductividad eléctrica con un promedio de 300,79 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es decir un valor que se encuentra por encima del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual indica un aporte de sales ionizadas, no obstante, se considera por debajo de lo establecido para la calidad de agua potable (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Las concentraciones reportadas en el monitoreo de aguas superficiales del departamento de Amazonas, para aceites y grasas se encuentran por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio con valores de <4 mg/L para los puntos muestreados, excepto en la Quebrada El Porvenir aguas arriba para la cual se registra un valor de 7,9 mg/L para este parámetro. Por tanto, de acuerdo con los resultados, en la mayoría de los cuerpos de agua superficiales monitoreados, no se registraron concentraciones de aceites y grasas que generen efectos negativos ni que interfieran con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera.
- los niveles de DBO_5 en los puntos monitoreados se encuentran entre 2 mg/L y 140 mg/L, con un promedio de 29 mg/L y en ocho puntos estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica analítica correspondiente a ≤ 2 mg/L, estos valores son propios de sistemas lótico de litoral. Adicionalmente según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, se identificó que en cuatro puntos de monitoreo (parte alta, media y baja de la quebrada el porvenir y parte media de la quebrada San Antonio) se encuentran por encima de este límite permisible establecido para vertimientos domésticos.
- Los niveles de DQO_5 se registra valores entre 30 mg/L y 219 mg/L, con un promedio de 63 mg/L, donde los valores más altos corresponden a la Quebrada El Porvenir y por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<30 mg/L) en dieciséis puntos, evidenciando un bajo grado de contaminación por cargas químicamente degradables y aportes de microorganismos o residuos de carácter inorgánico como sales y nutrientes minerales. Adicionalmente según lo dispuesto en la Resolución 631 de 2015, se determina que en 2 puntos de monitoreo (Parte alta y baja de la quebrada El Porvenir) se encuentran por encima de este límite permisible establecido.
- Los niveles de la DBO_5 y DQO en las aguas superficiales indican una leve presencia de materia orgánica biodegradable y químicamente degradable, lo cual se relaciona con sistemas oligotróficos, sin embargo, en algunos puntos

principalmente en las quebradas y caños se evidencia alta demanda de oxígeno, debido a los aportes de cargas orgánicas y nutrientes, así mismo, son bajos los niveles de oxígeno disuelto en estos puntos.

- Los niveles de fósforo total se registran concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<0,08 mg/L) en diecisiete puntos muestreados y para trece puntos valores entre 0,8 mg/L y 4 mg/L, con un promedio de 1 mg/L. Aunque la normatividad asociada no establece un límite máximo permisible para este parámetro, los mencionados valores no representan riesgo para las fuentes de agua superficial objeto de estudio.
- Para las fuentes hídricas receptoras de vertimientos de los municipios de Amazonas y Puerto Nariño, se registraron valores de Nitrógeno Total por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<5 mg/L) en 23 puntos muestreados evidenciando aguas con escasa acumulación de nutrientes, propio de ecosistemas oligotróficos. Por otro lado, en el Caño Calderón, Quebrada El Porvenir y Quebrada San Antonio los resultados se encuentran entre 8,15 mg/L y 18,9 mg/L, por ende, denotan concentraciones de amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados probablemente derivados de actividades agrícolas aledañas a las zonas de muestreo.
- Los niveles sólidos suspendidos totales, se obtuvo para catorce puntos de monitoreo, valores por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<20 mg/L), y en los puntos Caño Calderón, Quebrada Urumutu, Quebrada El Porvenir, Caño Baos, Río Loretoyacú, Quebrada El Salto y Río Amazonas se registran valores entre 21 mg/L y 246 mg/L, los cuales representan afectaciones en la calidad de las aguas e incidencia importante de la economía y notable actividad antrópica. En cuanto a lo dispuesto en la Resolución 631 de 2015, se determinó que en 7 puntos monitoreados se encuentran por encima de este límite permisible establecido, de los cuales la fuente que reporta la mayor cantidad de SST es la parte baja del río Loretoyacú. Por lo tanto, según los resultados obtenidos las fuentes hídricas monitoreadas se encuentran dentro de las condiciones normales y es importante su control a fin de que no generen afectaciones en cuanto a la calidad de las aguas.
- Los niveles de coliformes totales de las fuentes monitoreadas, se encuentran entre 410,6 NMP/100mL y 5100 NMP/100mL, con un promedio de 1664 NMP/100mL, por lo tanto, en la mayoría de estas fuentes hídricas presentan valores superiores a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en los criterios de calidad admisibles para la

destinación del recurso para consumo humano y doméstico según el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

- Con relación a los Coliformes Fecales Termotolerantes, los resultados registran concentraciones entre 101,8 NMP/100mL y 2000 NMP/100mL, con un promedio de 602 NMP/100mL, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales y la necesidad de someter los cuerpos de agua monitoreado a un sistema de tratamiento efectivo si van a ser destinadas para consumo humano.
- El índice de calidad de agua (ICA) en todos los puntos de muestreo presentó valor de REGULAR en el 56,67% de los puntos muestreados, en calidad MALO para el 43,33% de los puntos. Estos resultados demuestran que las fuentes hídricas requirieren de acciones urgentes para la implementación de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas efectivos que permitan garantizar el uso y destinación del agua.
- La implementación de un monitoreo periódico en las aguas superficiales identificadas en el presente informe, es necesario, para terminar la calidad del agua y así verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertimiento de contaminantes originados por actividades humanas y con la estimación de los flujos de contaminantes y nutrientes vertidos a los ríos o aguas subterráneas, lagos y océanos, o a través de fronteras internacionales.
- Al realizar los análisis fisicoquímicos, es necesario evaluar las mismas variables para cada una de las épocas muestreadas con el fin de establecer un punto de comparación más confiable y exacta.
- Es recomendable tomar el mismo número de muestras y conservar los puntos de una época de muestreo a otra, para poder realizar un análisis continuo y completo del monitoreo de estas fuentes hídricas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CALDERÓN SEANZ, Felipe. 2001. interpretación de Análisis de Agua: Parámetros Ambientales. [en línea]. [Octubre 15 de 2002. 07-20' 40"]. Disponible en:http://_wwwdrcalderonlabs.com/Métodos/Análisis_D
- COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005. p. 31-45.
- DOF. NMX-AA-028-SCFI-2001. Diario Oficial de la Federación. 2001 (17 de abril). Conagua, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Edición 2011. México. 2011.
- FAÑA, B.J. Evaluación Rápida de la contaminación Hídrica. Ediciones G.H.e.N Grupo Hidro-ecológico Nacional. Inc. (G.H.e.N). Republica Dominicana. [en línea]. [Marzo 2 de 2002. 09-15' 22"]. Disponible en:<http://www.ambiente-ecologico.com/067-02%202000/juannicolafania67.htm>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.
- ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Medellín: Universidad Antioquia, 2003.170 p.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 20 ed., 1998 New York.p.
- UNIVERSIDAD DE FLORIDA, EEUU. Plant Management in Florida Waters, citado por COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005. p 31-45.