

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA RED HÍDRICA  
SUPERFICIAL, EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO WAMPÚ,  
ZONA SUR DE LA RESERVA DEL HOMBRE Y BIÓSFERA DEL RÍO PLÁTANO,  
HONDURAS**

**POR:**

**MARIO ALEJANDRO COREA LEMUZ**



**CATACAMAS**

**OLANCHO**

**MAYO, 2023**

**ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LA RED HÍDRICA  
SUPERFICIAL EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO WAMPÚ,  
ZONA SUR DE LA RESERVA DEL HOMBRE Y BIÓSFERA DEL RÍO PLÁTANO,  
HONDURAS.**

**POR:**

**MARIO ALEJANDRO COREA LEMUZ.**

**JORGE ORBIN CARDONA HERNÁNDEZ, M. Sc**

**Asesor principal**

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

**CATACAMAS**

**OLANCHO**

**MAYO 2023**

**ACTA DE SUSTENTACION**

## DEDICATORIA

Primeramente, dedico este proyecto a **Dios**, que día a día nos bendice y nos permite tener una nueva oportunidad de superarnos y progresar en la vida logrando nuestros objetivos, y teniendo la Fe firme y puesta en él para lograr una etapa más.

A mi Madre **Angela Lemuz**, que han sido mi base fundamental en este proceso como estudiante, dándome siempre su apoyo incondicional en cada parte de este, guiándome, motivándome, aconsejándome y siendo ejemplo a seguir por el camino a la superación personal para así lograr mis metas.

De igual manera agradecer a mis hermanos que siempre han estado en cada parte de mi progreso como estudiante, motivándome y dándome animo a seguir adelante y así cada día esforzarme para lograr los objetivos propuestos.

## **AGRADECIMIENTO**

De manera sincera quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que formaron parte de la elaboración de mi proyecto, a mi madre por ser una pieza fundamental durante todo este proceso y etapa como estudiante, que siempre me han guiado y enseñado que con esfuerzo y dedicación se logra todo éxito, a mis hermanos Yakelin Corea y Josué Gómez por apoyarme y ser parte de cada proceso, también a la familia Vedrenne por todo su apoyo, a mis amigos Orlen, Marlon, Eduar y compañeros, que de igual manera siempre han estado presente en cada etapa y han presenciado cada logro y fracaso obtenido.

A Dios por permitir cada día seguir adelante progresando con su bendición para de esta manera llegar a cumplir los objetivos propuestos.

A mi Asesor de proyecto M.s.c JORGE ORBIN CARDONA HERNÁNDEZ, quien, con su dirección, paciencia me guio hasta la culminación de mi trabajo de tesis.

A mis asesores auxiliares M.s.c. Ramon Canana y M.s.c Erlin Escoto por disponer de su tiempo para revisar mi trabajo de Investigación.

A el proyecto Mi Biósfera por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis y apoyarme durante todo el proceso de investigación.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. Generalidades de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.....	3
3.2. Cuenca hidrográfica.....	3
3.3. El agua.....	4
3.3.1. Calidad del agua.....	5
3.4.1. Turbidez.....	6
3.4.2. Oxígeno disuelto.....	7
3.4.3. Conductividad eléctrica.....	7
3.4.4. Sólidos disueltos totales.....	8
3.4.5. Sólidos solubles e insolubles.....	8
3.4.6 Color.....	9

3.4.7. Temperatura.....	9
3.4.8. pH .....	10
3.4.9. Dureza.....	10
3.4.10. Alcalinidad.....	11
3.4.11. Cloruros .....	11
3.4.12. Sulfitos.....	11
3.5 Contaminantes del agua.....	12
3.5.1. Consecuencias de la contaminación del agua.....	13
3.5.2. Contaminación en la superficie .....	13
3.5.3 Efectos en la vida acuática.....	13
3.5.4. Plaguicidas.....	14
3.5.5. Productos farmacéuticos.....	15
3.5.6 Aditivos industriales y subproductos.....	15
3.6 Clasificación de usos de suelo .....	16
3.7. Clasificación simmons.....	16
IV. MATERIALES Y MÉTODO .....	17
4.1. Ubicación del área de investigación .....	17
4.2. Materiales y equipo .....	18
4.3. Manejo de la investigación .....	18
4.4 Análisis fisicoquímico .....	18
4.4.1 Parámetros muestreados. ....	19
4.4.2 Determinación de la turbidez.....	19
4.4.3 Determinación oxígeno disuelto .....	20
4.4.4 Medición de pH, temperatura, solidos disueltos totales, conductividad eléctrica .....	21
4.5. Parámetros químicos.....	22

4.5.1. Prueba de dureza.....	23
4.5.2. Prueba de alcalinidad.....	23
4.5.3. Prueba del cloruro.....	23
4.5.4. Prueba de sulfito. ....	24
4.6. Evaluación de usos de suelo de cobertura vegetal.....	25
4.6.1 Capas de información geográficas utilizadas .....	26
4.7 Análisis de información.....	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5.1 Turbidez.....	27
5.2 Oxígeno disuelto.....	29
5.3 pH .....	30
5.4 Temperatura.....	31
5.5 Sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica .....	32
5.6 Alcalinidad.....	35
5.7 Dureza.....	36
5.8 Cloruro.....	37
5.9 Sulfitos.....	37
5.10 Cobertura vegetal.....	38
5.11. Análisis de varianza.....	41
5.11.1 Turbidez.....	41
5.11.2 Oxígeno Disuelto.....	42
5.11.3 pH .....	42
5.11.4 Temperatura.....	43
5.11.5 Solidos Disuelto Totales.....	43
5.11.6 Conductividad Electrica .....	43



5.12 Análisis de conglomerados.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES .....	46
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	47
ANEXOS .....	51

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Turbidez de los distintos sitios de muestreo.....	27
<b>Cuadro 2</b> Oxígeno disuelto de los distintos sitios de muestreo.....	29
<b>Cuadro 3</b> pH de los distintos sitios de muestreo .....	30
<b>Cuadro 4</b> Temperatura de los distintos sitios de muestreo.....	31
<b>Cuadro 5</b> Sólidos disueltos totales de los distintos sitios de muestreo.....	33
<b>Cuadro 6</b> Conductividad eléctrica de los distintos sitios de muestreo .....	33
<b>Cuadro 7</b> Alcalinidad de los distintos sitios de muestreo.....	35
<b>Cuadro 8</b> Dureza de los distintos sitios de muestreo.....	36
<b>Cuadro 9</b> Cobertura obtenida de las microcuencas evaluadas .....	38
<b>Cuadro 10</b> Análís de varianza .....	41

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación geográfica del área de estudio .....	17
<b>Figura 2</b> Turbidímetro HANNA .....	20
<b>Figura 3</b> Oxímetro HANNA .....	21
<b>Figura 4</b> Sonda Multiparamétrica HANNA .....	22
<b>Figura 5</b> Analizando el agua de los ríos para obtener la dureza, alcalinidad, sulfitos y cloruro.....	22
<b>Figura 6</b> Resultado de la muestra .....	24
<b>Figura 7</b> Realizando prueba de dureza .....	25
<b>Figura 8</b> Análisis de conglomerado.....	44

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Materiales y quipo .....	18
<b>Tabla 2</b> Datos de referencia de concentración turbidez.....	28
<b>Tabla 3</b> Datos de referencia de concentración de oxígeno disuelto.....	30
<b>Tabla 4</b> Datos de referencia para la concentración dureza $\text{mgCaCO}_3/\text{l}$ .....	36

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación.....	51
<b>Anexo 2</b> Datos del primer muestreo.....	52
<b>Anexo 3</b> Datos del segundo muestreo .....	52
<b>Anexo 4</b> Datos de tercer muestreo .....	52
<b>Anexo 5</b> Datos del tercer muestreo del análisis químico .....	53
<b>Anexo 6</b> Datos del cuarto muestreo .....	53
<b>Anexo 7</b> Datos del quinto muestreo .....	54
<b>Anexo 8</b> Datos del sexto muestreo .....	54
<b>Anexo 9</b> Dato séptimo muestreo .....	55
<b>Anexo 10</b> Medición de parámetros .....	55
<b>Anexo 11</b> Formato utilizado para registro de datos de campo .....	56
<b>Anexo 12</b> Matrix de datos obtenidos en campo .....	56
<b>Anexo 13</b> Cobertura vegetal microcuenca Río Culuco .....	57
<b>Anexo 14</b> Cobertura vegetal microcuenca Río Wampú Nueva Esperanza .....	57
<b>Anexo 15</b> Cobertura vegetal microcuenca Río Largo .....	58
<b>Anexo 16</b> Cobertura vegetal microcuenca Río Cacao.....	58
<b>Anexo 17</b> Cobertura vegetal microcuenca Quebrada Marañoses .....	59
<b>Anexo 18</b> Cobertura vegetal microcuenca Quebrada Las Marías .....	59
<b>Anexo 19</b> Cobertura vegetal microcuenca Río Wampu Los Mangos .....	60
<b>Anexo 20</b> Pendiente del área de estudio.....	60
<b>Anexo 21</b> Precipitación media anual del área de estudio año 2022, datos obtenidos de la NASA. ....	61
<b>Anexo 22</b> Clasificación de suelo según simmons del área de estudio .....	61
<b>Anexo 23</b> Clasificación de la geología del suelo del área de estudio.....	61
<b>Anexo 24</b> Análisis de varianza (ANOVA).....	62

**Mario Alejandro Corea Lemuz 2023.** Estudio de la composición fisicoquímica de la red hídrica superficial, en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la reserva del hombre y biósfera del río Plátano, Honduras. Tesis Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas Olancho, Honduras Centro América, (89) págs.

## RESUMEN

El trabajo se realizó en la zona sur de la Biosfera del Río Plátano, el objetivo consistió en analizar la composición fisicoquímica de la red hídrica superficial en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú. Los sitios de muestreo fueron Quebrada Nueva Esperanza, Río Wampú Nueva Esperanza, Quebrada Las Marías, Quebrada Marañoses, Río Cacao, Río Wampú Los Mangos, Río Culuco y Río Largo, los cuales se muestrearon en los meses de septiembre, octubre y diciembre con frecuencia semanal. Los parámetros evaluados fueron Turbidez, Oxígeno disuelto, pH, Temperatura, Sólidos disueltos totales, Conductividad Eléctrica, Dureza, Alcalinidad, Cloruro, Sulfitos. Para la determinación en campo se utilizaron equipos multiparamétricos y laboratorio portátil para aquellas variables que requerían titulación. Para evaluación de los usos de suelo se elaboraron con mapas de cobertura por microcuenca mediante el software (Qgis). Al final del estudio fisicoquímico se obtuvieron datos de turbidez de 5,61 a 234 UNT, el oxígeno disuelto 4.18 a 7.08 mgO<sub>2</sub>/l que es lo recomendado para la mayoría de especies acuáticas., la temperatura anda entre los valores de 19.5 a 25.4 °C, la conductividad eléctrica 74 a 149 µS/cm, la alcalinidad se encontraron valores e 30 a 63 CaCo<sub>3</sub> mg/l, la dureza de 27 a 60 CaCO<sub>3</sub> mg/l se encuentran dentro de agua blandas, en los cloruros se encontró similitud ya que todos dieron 50 mg/l, de igual manera resultados de los sulfitos todos los valores de los ríos concedieron 10mg/l.

Palabras claves: fisicoquímica, río, superficial, microcuencas.

## I. INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas a nivel mundial viven en una alta presencia de actividad agrícolas ya que en estas áreas se desarrollan actividades como la roza, tumba y quema y utilización de plaguicidas que es una fuente de contaminación más evidente, teniendo impacto en la calidad del agua (Rosario *et al.* 2013)

García (2001) señala que "el agua es un compuesto con características únicas, que presentan un gran significado para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan dentro del medio natural, para el servicio de especies de planta como animales y principalmente para la vida humana". Como bien el agua es uno de los recursos más abundantes de la tierra, pero la mayoría es salada y el agua dulce que se encuentra en la tierra la mayor parte está contaminada por las actividades humanas que hoy en día se desarrollan como es la agricultura y el uso inadecuado de los recursos naturales, etc. (Fernández 2017).

Por otra parte, la ganadería es una importante fuente de contaminación de las aguas, se estima la existencia de unas 14,000 vacas de producción de leche en la reserva del hombre biosfera río Plátano.(Biósfera 2021). El ganado contamina directamente los ríos a través del manejo de residuos ganaderos, e indirectamente a través del uso de pesticidas y agregados alimentarios (hormonas, antibióticos, entre otros) (Steinfeld *et al.* 2009). El propósito de este trabajo fue estudiar la composición fisicoquímica en la red hídrica superficial en la zona sur de la biosfera del río Plátano en la parte alta río Wampú, para determinar las condiciones que presenta el agua de la red hídrica de esta zona, y de igual forma evaluar la cobertura vegetal a nivel de microcuencas

## **II. OBJETIVOS**

### 2.1. Objetivo general

Analizar la composición fisicoquímica de la red hídrica superficial en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú, zona sur de la Biósfera del Río Plátano.

### 2.2. Objetivos específicos

Determinar la composición fisicoquímica durante la época lluviosa de la red hidrográfica en la zona sur de la Biósfera del Río Plátano.

Evaluar los diferentes usos de suelo de las microcuencas de la zona alta de la subcuenca Wampú, en la zona sur de la Biósfera del Río Plátano.



### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Generalidades de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano

La Reserva del Hombre Biosfera río Plátano (RHBRP) es una de las áreas protegidas más importantes en el Corredor Biológico Mesoamericano y la de mayor importancia y tamaño en la República de Honduras. Fue creada en el año de 1980, mediante Decreto No. 977-80 y ampliada en el año de 1997, mediante Decreto No.170-97; ocupa una vasta superficie de 832,335.01 ha. aproximadamente, lo cual representa alrededor del 7% del territorio nacional. Se localiza en las coordenadas 14° 57'54" y 16° 00'43" latitud norte y 85° 31'25" y 84°11'32" longitud oeste, que corresponden a la intersección de los departamentos de Gracias a Dios, Olancho y Colón incluyendo 6 Municipios diferentes (Conrado *et al.* 2013).

#### 3.2. Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes) (Cotler *et al.* 2013)

En una cuenca hidrográfica interactúan una serie de ecosistemas naturales, cuyo grado de complejidad aumenta en relación directa con el tamaño de la cuenca. Estos ecosistemas tienen elementos como el aire, el clima, el suelo, el subsuelo, el agua, la vegetación, la fauna, el paisaje, entre otros, los cuales, en conjunto, conforman lo que se denomina la oferta de bienes y servicios ambientales, o base natural de sustentación; oferta que es necesario conocer, para lograr una utilización sostenible de la misma (Ordóñez 2011).

Cualquier infraestructura e intervenciones que realiza el hombre se encuentra en una cuenca hidrográfica, por lo tanto, no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca. La excepción aceptada es para pequeñas áreas ubicadas en las partes bajas de las cuencas denominadas "zonas de intercuenas". Cuando las áreas planas son muy grandes y no es tan fácil distinguir las divisorias de las aguas, a éstas se denominan cuencas de llanos, pampas o praderas. En el caso de cuencas que vierten sus aguas a los mares, se integra espacialmente el área de influencia sobre las zonas costeras, que muchas veces constituye un valioso ecosistema ecológico y económico (Faustino *et al* 2000).

### 3.3. El agua

La calidad del agua, de acuerdo a la OMS y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, también se puede definir la calidad del agua en función de dichos usos (BCN 2016).

Cabe mencionar que el agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades

únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (Fernández 2017).

Fernández (2017) opina que los océanos dan cuenta de casi el 97.5 % del agua del planeta. Únicamente un 2.5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%).

Las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas. En general, las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural (MON) y de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros) (Torres *et al.* 2009).

### 3.3.1. Calidad del agua

El sistema público de agua más ideal es aquel que ofrece alta calidad y gran cantidad. Este es comúnmente un acuífero compuesto de una mezcla de arena y grava. Esto proporciona la cantidad adecuada y filtra el material no deseado. Por otra parte, la calidad del agua de un cuerpo superficial o subterráneo depende de múltiples factores, algunos de los cuales la reducen directa o indirectamente, mientras que otros pueden revertir los efectos de la contaminación y, por lo tanto, mejorarla (CNA 2011).

Así mismo, entre los factores que reducen la calidad del agua destacan las descargas directas de agua o residuos sólidos provenientes de las actividades domésticas, agropecuarias o industriales; la disposición inadecuada en el suelo de residuos sólidos urbanos puede ocasionar, indirectamente, que escurrimientos superficiales y lixiviados contaminen los cuerpos de agua y los acuíferos. Por otro lado, y actuando para mejorar la calidad del agua, está la capacidad natural de los ecosistemas acuáticos para descomponer o inmovilizar los contaminantes. (CNA 2011)

#### 3.4. Características físico-químicas del agua

Cada cuerpo de agua tiene un patrón individual de carácter físico y químico característico, determinado por las condiciones climáticas, geomorfológicas y geoquímicas que prevalecen en los sistemas hídricos superficiales y subterráneos del área de drenaje (Sánchez et al. 2001). El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella (Zahariev *et al.* 2009).

Zahariev (2009) dice que las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes las siguientes.

##### 3.4.1. Turbidez

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). También la turbiedad ha sido una característica ampliamente aplicada como criterio de calidad de agua, tanto en las fuentes de abastecimiento como en los procesos de potabilización y sistemas de distribución ya que es una medición rápida, económica y de fácil interpretación para los operadores., La turbiedad además ha sido

asociada con el riesgo microbiológico potencial en el agua para consumo humano (Montoya *et al.* 2011).

#### 3.4.2. Oxígeno disuelto

El Oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Peña 2007).

La mayoría de los organismos acuáticos necesitan oxígeno para sobrevivir y crecer. Algunas especies requieren niveles elevados de oxígeno disuelto (OD) como la trucha y la mosca de piedra. Otras especies no requieren niveles elevados de oxígeno disuelto (OD) como el bagre, los gusanos y las libélulas (Peña 2007).

El oxígeno se agrega al agua por: Re-aireación: el oxígeno del aire se disuelve en la superficie del agua, principalmente a través de turbulencias. Ejemplos: el agua al golpear contra las rocas y la acción de la fotosíntesis de las plantas acuáticas producen oxígeno. El nivel de oxígeno disuelto (OD) es generalmente más elevado por la tarde, y más bajo en las horas de la mañana antes de la salida del sol (Universidad Complutense de Madrid 2001).

#### 3.4.3. Conductividad eléctrica

La conductividad electrolítica es la medida de la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica y es a veces denominado conductancia específica. La corriente eléctrica resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente y como respuesta a las fuerzas que actúan en estas partículas debido a un campo eléctrico aplicado (Ruiz 2008).

Dentro de la mayoría de los sólidos existen un flujo de electrones que provoca una corriente, y a este flujo de electrones se le denomina conducción electrónica. En todos los conductores, semiconductores y en la mayoría de los materiales aislados se genera conducción electrónica; la conductividad eléctrica depende en gran medida del número de electrones disponibles para participar en el proceso de conducción (Ruiz 2008).

#### 4.4.4. Sólidos disueltos totales

Se define como el residuo que queda después de evaporada una muestra previamente filtrada a través de un filtro con un tamaño de poro nominal de 2.0  $\mu\text{m}$  (o menor). Los SDT incluyen las sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico que se disuelve en el agua. Además, TDS es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. Los sólidos disueltos totales es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua (Bauder *et al.* 2014).

#### 3.4.5. Sólidos solubles e insolubles

Barrenechea (2009) dice que se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos.

- Las partículas pueden estar:
  - ✓ Disueltas (hasta un milimicrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir su color u olor.

- ✓ Formando sistemas coloidales (1 a 1,000 milimicrómetros), que son las causantes de la turbiedad neta del agua.
- ✓ En forma de partículas suspendidas (por encima de 1,000 milimicrómetros), las cuales caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo.
- ✓ Es necesario aclarar que las pruebas analíticas para determinar las formas de los residuos no determinan sustancias químicas específicas y solo clasifican sustancias que tienen propiedades físicas similares y comportamiento semejante frente a las diferentes condiciones ambientales.

#### 3.4.6 Color

El color de un agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua. En aguas naturales de lagos y embalses suele existir una relación directa entre color y pH, de forma que cuando aumenta el segundo lo hace el primero (Marín 2010).

#### 3.4.7. Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (Barrenechea 2009).

#### 3.4.8. pH

Se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrios de disolución de  $\text{CO}_2$  en el agua, y la insolubilización de  $\text{HCO}_3$  determinan el pH de un agua. Además, la fotosíntesis reduce el  $\text{CO}_2$  disuelto del agua, mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce  $\text{CO}_2$  causando efectos contrarios. Por otro lado, los ácidos naturales ( $\text{H}_2\text{S}$  o ácidos húmicos) acidificarían del agua mientras que la disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno la alcalinizaría. Además, el valor de pH de aguas superficiales está entre 6-8.5, siendo las aguas subterráneas más ácidas que las superficiales. En lagos y embalses, el pH varía cíclicamente, disminuyendo con la profundidad del agua (Marín 2010).

#### 3.4.9. Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como dura tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua blanda las contiene en muy poca cantidad. La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. Las aguas subterráneas que atraviesan acuíferos carbonatados (calizas) son las que presentan mayor dureza y dichos acuíferos están formados por carbonatos de calcio y magnesio (Ochoa 2016).

El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio. Son las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales. Además la dureza del agua está relacionada con los minerales que contiene. Es más dura cuanto mayor sea la cantidad de minerales disueltos en ella, y por lo tanto, las aguas blandas están casi libres de ellos (Rodríguez 2009).



#### 3.4.10. Alcalinidad

La alcalinidad de un agua es la capacidad del agua para neutralizar ácido y constituye la suma de todas las bases titulables. En muchas aguas superficiales depende de su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que se suele tomar como indicación de la concentración de estos componentes. Los valores determinados pueden incluir también contribución de boratos, fosfatos, silicatos calcio magnesio y sodio provenientes del suelo. Además, las sustancias en aguas naturales que provocan la alcalinidad del agua son los bicarbonatos, carbonatos. hidróxidos (Ceron *et al.* 2005).

#### 3.4.11. Cloruros

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro ( $\text{Cl}_2$ ) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo, en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos. En la naturaleza las sales de cloruro de sodio, cloruro de potasio, y cloruro de calcio están ampliamente distribuidas, su solubilidad en agua fría es: 357, 344, 745 g/L, respectivamente García *et al.* 2019).

#### 3.4.12. Sulfitos

Los sulfitos son compuestos que se encuentran como sales de calcio, potasio o sodio en la industria agroalimentaria, se usan en una variedad de alimentos y bebidas para prevenir el crecimiento y la oxidación bacteriana, durante los procesos de producción y almacenamiento, pero su efecto tóxico e inhibitorio en el metabolismo microbiano genera problemas en el tratamiento biológico de las aguas residuales que lo contienen los sulfitos, por ejemplo, en las bebidas y jarabes como los vinos, mostos y sidras se usan como conservante ya que requieren valores de pH bajos donde los sulfitos se convierten en un poderoso agente antimicrobiano, el ácido sulfuroso (Lizeth 2019).

Los sulfitos no suelen estar presente en las aguas naturales o tropicales. Si el sulfito se libera en los efluentes o en las aguas residuales domésticas, se oxida fácilmente para formar sulfato. El sulfito de sodio es la forma más común de sulfito y es un excelente agente reductor con aplicaciones como eliminador de oxígeno. Las concentraciones de sulfito en la caldera y en las aguas de proceso deben monitorearse de manera rutinaria para evitar el sobretratamiento. Las plantas de tratamiento de residuos que usan dióxido de azufre para eliminar el exceso de cloro deben monitorear sus efluentes en busca de sulfito (Lizeth 2019).

### 3.5 Contaminantes del agua

1. Según Guadarrama (2016) los agentes patógenos: algunas bacterias, virus y parásitos, provenientes de desechos orgánicos, entran en contacto con el agua.
2. Los desechos que requieren oxígeno: algunos desperdicios pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando existen grandes poblaciones de estas bacterias pueden llegar a agotar el oxígeno del agua, matando toda la vida acuática.
3. Las sustancias químicas inorgánicas como los ácidos y los compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.
4. Las sustancias químicas orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el agua.
5. Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. Estas mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y provocando la muerte de varias especies marinas.
6. La mayor fuente de contaminación proviene de los sedimentos o materia suspendida que enturbian el agua.
7. El aumento de la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, vulnerando la supervivencia de los organismos acuáticos.

### 3.5.1. Consecuencias de la contaminación del agua

La contaminación del agua representa un problema existencial en el mundo, ya que se trata de una de las principales fuentes de vida del planeta. Entre las múltiples consecuencias derivadas de la contaminación que el hombre propone al agua de lagos, ríos y mares, puede destacar: (Guadarrama *et al.* 2016).

- Desaparición de vida marina y destrucción de ecosistemas acuáticos, debido a la extrema toxicidad de los desechos industriales.
- Generación de enfermedades en la población humana, como hepatitis, cólera y disentería.
- Fuerte repercusión por envenenamiento en especies pertenecientes a otros ecosistemas, debido al consumo del agua o por la falta total de ella.

### 3.5.2. Contaminación en la superficie

Otro tipo de contaminación que sucede en la superficie terrestre es la de ríos y lagos atravesando zonas en contacto con sustancias peligrosas que pueden disolver y mezclar físicamente partículas contaminantes en el agua. lo largo del curso de un río son innumerables los espacios y zonas peligrosas que el agua debe cubrir (Guadarrama *et al.* 2016).

### 3.5.3 Efectos en la vida acuática

Los contaminantes emergentes, corresponden en la mayoría de los casos a contaminantes no regulados, que pueden ser candidatos a regulación futura, dependiendo de investigaciones sobre sus efectos potenciales en la salud y los datos de monitoreo con respecto a su incidencia. Ejemplos de los compuestos que han emergido recientemente como particularmente relevantes, son los surfactantes, productos farmacéuticos, productos para el cuidado personal, antisépticos, aditivos industriales y subproductos de la desinfección del

agua entre otros. Además, la contaminación hídrica empobrece los ecosistemas acuáticos y facilita la proliferación descontrolada de algas fitoplanctónicas (Becerril 2009).

#### 3.5.4. Plaguicidas

Los plaguicidas utilizados en la agricultura llegan a los cursos de aguas subterráneas y superficiales (ríos y lagos) fundamentalmente por arrastre y lixiviación, pudiendo contaminar los reservorios de agua., Las sustancias rociadas sobre los cultivos pueden ser lavadas por el agua de lluvia y riego, para luego ser transportadas hacia aguas subterráneas por lixiviación y a aguas superficiales por escorrentía, así mismo, no menos importantes son las características fisicoquímicas de los plaguicidas; en general las sustancias más solubles en agua y más persistentes, es decir, las que tienen mayor tiempo de vida media, son las más fácilmente transportables y representan el mayor riesgo de contaminación.(Benítez *et al.* 2013).

Los plaguicidas son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o mitigar las plagas. Debido a la regulación de la cual han sido objeto, se han estudiado durante décadas y, en consecuencia, se tiene un razonable conocimiento sobre su presencia y destino en el medio acuático. En los últimos años la preocupación en torno a estos productos se centra en los metabolitos, productos de degradación, que han sido en su mayor parte ignorados hasta la fecha y que se ha visto que pueden ser más tóxicos que los compuestos a partir de los cuales se generan (Gil *et al.* 2012).

También la escorrentía con plaguicidas resulta en contaminación de las aguas superficiales, disfunción de los sistemas ecológicos por pérdida de los grandes predadores por daños en la presa y en la velocidad de crecimiento, impactos en la salud pública por el consumo de organismos acuáticos contaminados, los pesticidas pueden ser transportados como aerosoles a distancias mayores de 1000 km. de los sitios de aplicación (Escobar 2002).

### 3.5.5. Productos farmacéuticos

Los productos farmacéuticos (PFs) tanto de la actividad humana como también ganadera constituyen un grupo importante. La mayoría de los productos farmacéuticos ingresan a los sistemas acuáticos después de la ingestión y posterior excreción como compuestos principales no metabolizados o como metabolitos, lo que ha llevado a que su presencia sea reportada en sistemas de tratamiento de aguas residuales, aguas subterráneas, agua potable, aguas superficiales fluviales y marinas (Checa, 2021).

El estudio realizado por (Checa, 2021) analiza la aparición de productos farmacéuticos (PFs) detectados frecuentemente como los antibióticos, antiinflamatorios, reguladores de lípidos, carbamazepina y cafeína en aguas subterráneas, señalando que las fuentes de emisión de PFs son las aguas residuales y aguas superficiales contaminadas, vertederos, sistemas sépticos, cría de ganado y fugas de alcantarillado, siendo estas mismas fuentes de contaminación las que afectan a las aguas superficiales

### 3.5.6 Aditivos industriales y subproductos

Hay una amplia gama de compuestos industriales que pueden ser liberados al medio ambiente. Muchos de estos causan problemas en la salud, tales como los disolventes clorados, hidrocarburos de petróleo, incluidos los hidrocarburos poliaromáticos y el combustible oxigenado de éter de metilo butilo terciario, y los plastificantes / bisfenoles resinas La mayoría de estos compuestos industriales se clasifican como contaminantes prioritarios y algunos productos de degradación son considerados como contaminantes emergentes. (Gil *et al.* 2012)

### 3.6 Clasificación de usos de suelo

La clasificación de la cobertura del suelo constituye la cubierta biofísica que se puede apreciar sobre la superficie de la tierra, ya sean elementos naturales y antrópicos. El uso del suelo representa la ocupación que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, resultado de la interrelación entre los factores biofísicos y culturales de un espacio geográfico determinado (Guevara *et al.* 2018).

Además, los usos que se le da a la microcuenca es la limpieza de tierras para el pastoreo de ganado y la pesca y caza ilegales. En 2011, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) colocó la reserva en la lista del Patrimonio Mundial en Peligro. El área está protegida por la política del departamento de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de la Administración Estatal de Silvicultura de Honduras. De igual manera sirve de refugio y fuente de agua y alimentos para una gran diversidad de plantas y animales en la zona, así como también para más de 2000 indígenas de la zona (Conrado *et al.* 2013).

### 3.7. Clasificación simmons

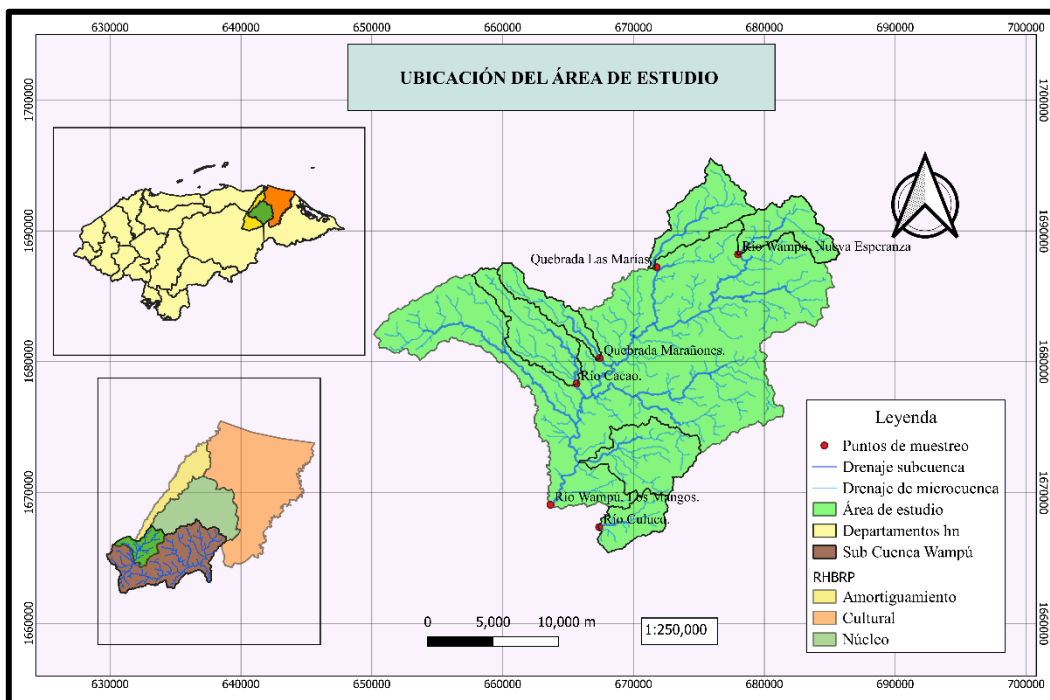
Clase IV: En estos suelos se puede realizar la mayoría de los cultivos adaptados a la zona, tales como arroz, café, plátano, cultivos de subsistencia además son tierras cultivables sujetas a medianas limitaciones, permanentes, no aptas para el riego, salvo en condiciones especiales, con topografía plana, ondulada o inclinada, aptas para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo, productividad mediana a baja (Montt 2010).

Clase VII: esta clase los suelos se caracterizan esta zona son de origen volcánico con alta retención de agua además de textura generalmente limosa, ácidos con aluminio tóxico alto, generalmente de fertilidad natural media a baja Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada (Montt 2010).

## IV. MATERIALES Y MÉTODO

### 4.1. Ubicación del área de investigación

El estudio se realizó en siete ríos de las microcuencas de la subcuenca de Wampú en la zona Sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano, en la parte alta del Río Wampú (RHBRP), en los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2022, la cual se ubica en la región nororiental de Honduras, entre los departamentos de Colón, Gracias a Dios y Olancho. Está dividido en tres zonas de manejo: zona núcleo con 210,734.243 ha, zona de amortiguamiento de 197,421.45 ha. y la zona cultural con extensión de 424,123.87 ha (Conrado *et al.* 2013).



**Figura 1** Ubicación geográfica del área de estudio

## 4.2. Materiales y equipo

Los materiales de uso común como la indumentaria fue parte propia, turbidímetro, oxímetro, sonda multiparamétrica kit portátil fue proporcionado por la (UNAG), el automóvil para el transporte de equipos fue financiado por el proyecto Mi Biósfera.

**Tabla 1** Materiales y quipo

<b>Materiales</b>	<b>Equipo</b>
Lápiz (Tinta Carbón)	Automóvil
Libreta de Campo	Botas de Hule
Marcadores	Computadora
Papel Bond	Sonda HANNA® modelo (HI9829)
	Kit portátil de calidad de agua HI3827 HANNA
	Turbidímetro
	Oxímetro HANNA® modelo (HI98193).
	Gps

Fuente elaboración propia

## 4.3. Manejo de la investigación

Este estudio se realizó mediante la identificación de siete puntos de muestreo, en distintos sectores de la subcuenca hidrográfica del Río Plátano parte alta Río Wampú como ser Quebrada Nueva Esperanza, Río Wampú Nueva Esperanza, Quebrada Las Marías, Quebrada Marañoses, Río Cacao, Río Wampú Los Mangos, Río Culuco y Río Largo, este estudio se llevó a cabo en los meses de septiembre, octubre y noviembre durante la época lluviosa. La clasificación de cobertura vegetal se llevó a cabo en cada uno de los puntos de muestreo en las microcuencas del área de estudio en la parte alta subcuenca Río Wampu.

## 4.4 Análisis fisicoquímico



Para el análisis de la composición fisicoquímica de la red hídrica se hizo uso de, sondas multiparamétricas HANNA® modelo (HI9829), turbidímetro HANNA® modelo (HI98703) y oxímetro marca HANNA® modelo (HI98193), para medir los parámetros los cuales se realizaron insitu cada semana los días jueves de los meses de septiembre octubre y noviembre un total de ocho muestras por río en siete ríos 54 muestras en total de cada parámetro. En el tercer muestreo se realizó análisis con kit químico HI3827.

#### 4.4.1 Parámetros muestreados.

- Turbidez
- Oxígeno disuelto
- pH
- Temperatura
- Sólidos disueltos totales
- Conductividad eléctrica
- Dureza
- Alcalinidad
- Cloruro
- Sulfitos

#### 4.4.2 Determinación de la turbidez

Para medir la turbidez de cada punto de muestreo se utilizó el turbidímetro HANNA® modelo (HI98703) el cual se midió de la siguiente manera:

- ✓ Procedimiento
  - a) Utilizar un biker para recolectar la muestra luego esta se pasa a la cubeta.
  - b) La muestra de agua llega hasta cierto parte de la cubeta que ya está determinado

- c) Se utilizo solución turbidez 10 NTU para turbidímetro HI93703, 30 ml para limpiar el exterior del frasco y se secar
- d) Colocar la cubeta en el turbidímetro
- e) Tomar la lectura.
- f) Secar el Equipo



**Figura 2** Turbidímetro HANNA

#### 4.4.3 Determinación oxígeno disuelto

El método utilizado Oxímetro marca HANNA® modelo (HI98193). La membrana de polímero semipermeable. El método electrométrico se basa en la tasa de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana plástica permeable al oxígeno, que recubre el elemento sensible de un electrodo y actúa a la vez como una barrera de difusión contra muchas impurezas que interfieren en los otros métodos para la determinación del oxígeno disuelto.

Para la utilización del oxímetro antes de utilizarlos hay que calibrar el oxímetro para que los resultados sean reales, la calibración de este equipo se realizó dos veces

- a) Procedimiento

1. Colocar directamente al río la sonda del oxímetro
2. El mismo que debe estar encendido y estabilizado dentro de río.
3. Esperar que se estabilice la lectura aproximadamente 1 minuto.
4. Anotar resultado.



**Figura 3** Oxímetro HANNA

#### 4.4.4 Medición de pH, temperatura, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica

Para medir el pH, temperatura, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica se utilizó la sonda multiparamétrica HANNA® modelo (HI9829) el procedimiento fue el siguiente para los cuatro parámetros:

- a) Procedimiento
  - Encender el equipo para determinación de:
    - Ph
    - Temperatura
    - Sólidos disueltos totales
    - Conductividad eléctrica
  - Colocar la sonda directamente al río de manera que esté cubierto por el nivel de agua
  - Presionar el botón de lectura.

- Tomar Lectura.



**Figura 4** Sonda Multiparamétrica HANNA

#### 4.5. Parámetros químicos

Test Kit combinado para calderas. El HI3827 es un test kit que mide seis parámetros comunes alcalinidad, cloruro, dureza, pH, fosfato y sulfito de los cuales se midieron cuatro. Para la realización de estos parámetros químicos este muestreo solo se realizó una vez en cada río el cual se midió, dureza, alcalinidad, cloruro y sulfitos se llevó a cabo de la siguiente manera: Se tomo la muestra de agua del río con un beaker de 200 ml por punto para las cuatro muestras.



**Figura 5** Analizando el agua de los ríos para obtener la dureza, alcalinidad, sulfitos y cloruro

#### 4.5.1. Prueba de dureza.

- a. Tomar 5ml de agua.
- b. Colocar y gotas de reactivo de Hardness Buffer
- d. Agitar muestra
- e. Colocar una muestra. gota de Calmagite Solution en la
- f. Agitar hasta que se torne color violeta:
- g. Llenar completamente una jeringa con el reactivo Edta Solution utilizar punta.
- h. Colocar una gota de reactivo Edta en la muestra y agitar por 15 seg. Repetir el procedimiento. hasta que la muestra se torne azul claro:
- i. Medir cuánto reactivo Edta se usó multiplicar el resultado por 300 (mg/L)

#### 4.5.2. Prueba de alcalinidad

- a. Tomar 5ml de agua.
- b. Colocar una gota de Bromophenol Blue, agitar
- \* Si la muestra se torna color amarillo finaliza la prueba.
- \*Si la muestra se torna color rosado o rojizo continuar con los siguientes pasos.
- c.-Llenar completamente una jeringa con el reactivo HI 3811-0
- d. Colocar con la jeringa una gota del reactivo HI 3811-0 en el muestro y agitar por 15 seg. Repetir este paso hasta que el agua se torne color amarillo
- e. Medir cuanto reactivo HI 3811-0 se usó apuntar el dato y multiplicar por 300 (mg/L)

#### 4.5.3. Prueba del cloruro

Consta de 7 pasos.

- a. Tomar cinco ml de agua

- b.-Colocar en dos gotas de Diphenyl Carbozone en la muestra.
- c. Agitar la muestra hasta que se torne color violeta.
- d. Colocar una gota de Nitric Acid y agitar por 15 segundos. Repetir procedimiento hasta el que agua se torne color amarillo.
- e. Llenar completamente una jeringa con reactivo HI 38 15-0
- f. Colocar una gota y agitar por 15 segundos. Repetir el procedimiento hasta que la muestra se torne Color morado.

#### 4.5.4. Prueba de sulfito.

- a. Tomar cinco ml de agua.
- b. Colocar cuatro gotas de Sulfamic Acid
- c. Colocar cuatro gotas de Edia Reagent en lo muestra y agitar
- d. Colocar dos gotas de Sulphuric Acid y agitar
- e. Colocar una gota de Starch Indicator y agitar
- f. Llenar completamente una jeringa con el reactivo HI 3822-0
- g. Colocar una gota del reactivo HT 2822-0 en la muestra y agitar por 15 segundos. Repetir procedimiento hasta que la muestra se torne color azul.
- h. Medir cuánto reactivo HI 3822-0 se usó y apuntar el dato y multiplicar por 200 (mg/L)



**Figura 6** Resultado de la muestra



**Figura 7** Realizando prueba de dureza

Al realizar el analizar en cada punto de muestreo se limpian y se seca el equipo utilizado con agua limpia y se continuo con el siguiente muestreo.

#### 4.6. Evaluación de usos de suelo de cobertura vegetal

La evaluación de los usos del suelo de cobertura vegetal se realizó con sistema de información geográficas (SIG).

La metodología empleada se basó en la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el software QGIS (programa computacional de código abierto), que tenía como objetivo evaluar los usos de suelo en la zona sur de la Biósfera del Río Plátano a nivel de microcuencas, se realizó con el uso del mapa de cobertura vegetal proporcionado por el proyecto mi Biosfera de Imágenes satelitales de Sentinel dos del 2020, cada pixel equivale a 10 x 10 m, cubre toda el área de estudio, hacer reclasificado por 5 macro clases, de las cuales están el bosque, pastos y cultivos, zona urbanizada, sin vegetación y agua, luego se lo dio una simbología tipo valores únicos.

Se realizó cada mapa de los usos de suelo a nivel de microcuenca con las siguientes capas descritas:

#### 4.6.1 Capas de información geográficas utilizadas

- Capa de cobertura vegetal 2020 facilitado por el proyecto Mi Biosfera
- Capa de red hídrica, obtenida de geoportal ICF.
- Puntos de Muestreo se utilizó receptores de posicionamiento por los técnicos del Proyecto Mi Biosfera y estudiantes UNAG
- Capas complementarias de Qgis polígonos y puntos
  - a) Capa de microcuenca delimitada, descargar un modelo de digital de elevaciones (MDE), Alaska Satellite Facility (ASF NASA)
  - b) Usar herramientas hidrológicas de QGIS, luego de utilizar esta herramienta se hace una conversión de ráster a vector.
- Capa de departamentos descargadas del geoportal de ICF
- Calcular Pendiente: el cálculo de pendiente de la zona de estudio se hizo utilizando el modelo digital de elevación con rangos de (0-20, 20-60, 60-200), la reclasificación para la pendiente se realizó de acuerdo a los colores de semáforo para identificar el grado de pendiente (verde amarillo, rojo).

#### 4.7 Análisis de información

- Excel:

Una vez tomado los datos en la libreta de campo, los datos fueron analizados en Excel para construcción y ordenamiento de datos además para la tabulación.

- InfoStat:

Infostat se utilizó para realizar análisis de varianza de datos obtenidos de los muestreos, de igual manera para realizar análisis de conglomerados.



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta la discusión de los resultados de las mediciones de los parámetros estudiados: oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, pH, sólidos disueltos totales, dureza, alcalinidad, cloruro y sulfitos, también se presenta la cobertura vegetal de las microcuencas evaluadas del Río Wampú.

### 5.1 Turbidez

En el siguiente cuadro se encuentran los resultados recolectados de turbidez de los diferentes sitios de muestreo.

**Cuadro 1** Turbidez de los distintos sitios de muestreo

	Turbidez (NTU)							
	Numero de Muestreo							
Nombre del punto	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
Río Culuco	7.05	7.69	16.1		8.12	17.5	56.3	20.9
Río Wampú Los Mangos	19.5	25.2	13.4	7.01	13.1	23.9	234	40.1
Río Largo		9.61	12.5	5.73	6.65	8.78	44,9	13.0
Río Cacao	75.6	35.4	17.2	8.93	8.01	12.8	94.9	59.1
Quebrada Marañoses	127	30.8	14.8	10.93	5.61	45.1	91.7	55.2
Quebrada Las Marías	15.0	13.3	89.1	5.99	16.80	11.4	93.2	30.6
Río Wampú Nueva Esperanza	7.04	10.5	64	10.6	55	11	32.5	20.7

Según los resultados obtenidos en esta zona en diferentes puntos de muestreo el resultado más bajo fue de 5.61 UNT Río Largo y el máximo de 234 UNT en el Río Wampú Los Mangos, este resultado máximo se debe a que en estos días fue muy lluviosos y además la red hídrica de la parte alta del Río Wampú tiene como cauce principal el Río Wampú que se extiende desde Río Wampú Nueva Esperanza hasta Río Wampú Los Mangos, donde ha recibido la descarga de todos los afluentes muestreados además lo que indica que en invierno disminuye la calidad de agua de acuerdo con este parámetro.

**Tabla 2** Datos de referencia de concentración turbidez

Turbidez UNT	Características
1-8	Masa de agua con cantidades moderadas de planta
10-30	Masa de agua con cantidades grandes de vida planctónica
20-50 y mas	Agua turbia o Flujos de Ríos de las tormentas

Velásquez y Ramos, (2011)

La turbidez varió río a río, muestreo a muestreo, por lo tanto, donde da 1-8 UNT son aguas con cantidades moderadas de planta, 10-30 UNT son aguas con cantidades de vida planctónica, 20-50 UNT son aguas turbias, por lo tanto, estos los ríos muestreados su turbidez está cambiando moderadamente.

De acuerdo con Velásquez y Ramos, (2011) el nivel de turbidez varia río a río y depende de la carga de nutrientes, y las dinámicas de la corriente. El alto índice de erosión y a la eliminación de la cobertura vegetal de la microcuenca, provocando que en época de lluvia arrastre partículas que restringen la penetración de la luz dentro del agua, permite que la turbidez aumente de manera Natural (Boyd, 1982).

Marcó (2004) menciona que la alta turbidez de los de aguas superficiales se debe los sólidos en suspensión, la materia orgánica y los contaminantes pueden enturbiar el agua. También los usos que se le da al suelo como agricultura y ganadería tienen efecto en los cuerpos del agua, además, siempre hay actividades que realizan en estos ríos como es lavar ropa,

extracción de arena, lavar carros, igualmente los muestreos se realizaron en época lluviosa y esto tienen efecto en la turbidez de estos los cuerpos de agua.

## 5.2 Oxígeno disuelto

En el siguiente cuadro se encuentran los resultados recolectados de oxígeno disuelto de los diferentes sitios de muestreo

**Cuadro 2** Oxígeno disuelto de los distintos sitios de muestreo

Nombre del punto	Oxígeno Disuelto (mg O <sub>2</sub> /l)							
	Numero de Muestreo							
	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
Río Culuco	6.36	6.9	5.53		6.73	5.91	5.53	5.38
Río Wampú Los Mangos	5.6	5.66	4.35	6.36	4.5	5.8	5.54	4.94
Río Largo		4.4	4.48	6.2	6.13	6.04	5.8	5.6
Río Cacao	6.05	4.18	4.69	6.02	5.74	5.78	4.68	7.08
Quebrada Maraños	5.86	4.32	4.78	5.72	5.41	5.14	5.12	6.17
Quebrada Las Marías	6.29	5.90	4.75	6.15	4.58	5.29	4.89	4.96
Río Wampú Nueva Esperanza	6.56	5.98	4.87	6.73	5.59	6.64	5.11	4.69

Peña, (2007). Menciona que la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 -6 mg O<sub>2</sub>/l para soportar una buena diversidad de vida acuática. Los niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3 mgO<sub>2</sub>/l dañan a la mayor parte de los organismos acuáticos y por debajo de 2 o 1 mgO<sub>2</sub>/l algunos organismos acuáticos mueren. El oxígeno disuelto es muy importante para los ecosistemas acuáticos, cuando su concentración es alta ya que puede llegar hasta los 18 mgO<sub>2</sub>/l, es más probable que el entorno sea sano y estable, ya que permite mantener diversidad de organismos.

**Tabla 3** Datos de referencia de concentración de oxígeno disuelto

Oxígeno Disuelto O. D (mg O <sub>2</sub> /l)	Característica
5-6	Diversidad de vida acuática
<3	Dañan la mayoría de Organismos acuáticos
2-1	Organismos acuáticos mueren

Fuente (Peña, 2007)

Los resultados obtenidos en los diferentes muestreos de oxígeno disueltos se encuentran el mínimo de 4.18 Río Cacao segundo muestreo, el máximo de 7.08 mg O<sub>2</sub>/l Río Cacao octavo muestreo, y según el estudio realizado por Peña (2007) estos resultados recolectados muestran que hay oxígeno disuelto suficiente para la mayoría de especies que viven en aguas tropicales. Además, el oxígeno disuelto cambia debido a la temperatura que tenga el agua y al comportamiento de los ríos.

### 5.3 pH

En el siguiente cuadro se encuentran los resultados recolectados de pH de los diferentes sitios de muestreo

**Cuadro 3** pH de los distintos sitios de muestreo

	Potencial de Hidrogeno (pH)							
	Numero de Muestreo							
Nombre del punto	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
Río Culuco	8.10	7.70	7.13		7.92	7.90	7.69	7.69
Río Wampú Los Mangos	8.04	7.65	6.97	8.11	7.99	8.01	7.85	7.64
Río Largo		7.52	6.86	8.12	7.91	7.78	7.8	7.66
Río Cacao	8.15	7.56	6.71	7.86	7.89	8.03	7.9	7.75
Quebrada Marañoses	8.15	7.57	6.7	7.87	8.02	8.06	8.2	7.8
Quebrada Las Marias	8.17	7.67	5.5	7.91	7.91	8.14	7.9	7.71

Río Wampú Nueva Esperanza	4.42	7.62	7.9	7.86	8.07	8.9	7.9	7.76
---------------------------	------	------	-----	------	------	-----	-----	------

Los resultados obtenidos en los diferentes muestreos de pH se encuentran el mínimo de 6.5 pH en Quebrada Las Marías, el máximo de 8.9 pH en Río Wampú Nueva Esperanza, y según el estudio realizado por Leiva, (2010) menciona que la mayoría de los ambientes naturales las aguas superficiales tienen un pH entre 4 y 9, un pH con un valor de 6.5 a 8.5 protegerá a la mayoría de los organismos.

Además, mencionar el pH varía en cada muestreo, pero de igual manera se puede decir que estas aguas son indicadas para la mayoría de organismos acuáticos como plantas y animales prefieren vivir en un intervalo de pH entre 6.5pH y 8.5pH”, excepto Río Wampú los Mangos que se encontró en el sexto muestreo, dio un valor no apto para la mayoría de especies que sobrepasa 8.5 pH en cambio dio 8.9 pH.

Los valores de pH medidos en las aguas de los distintos ríos, durante el periodo de estudio, se encontraron dentro del ámbito recomendado 6,5 a 8,5 en los ríos excepto un Río Wampú Los Mangos en el sexto muestreo. Beita y Barahona, (2011) indican que las aguas de los ríos no contaminados los valores de pH varían entre 6,0–8,5. De igual manera se puede decir que las aguas de estos ríos son carbonatadas ya que la mayoría va de 4.3 pH a 8.3 pH.

#### 5.4 Temperatura

En el siguiente cuadro se encuentran los resultados recolectados de temperatura de los diferentes sitios de muestreo

**Cuadro 4** Temperatura de los distintos sitios de muestreo

	Temperatura (°C)							
	Numero de Muestreo							
Nombre del punto	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho

Río Culuco	22.5	22.81	22.3		21.18	22.4	22.4	20.8
Río Wampú Los Mangos	24.5	24.45	25.24	24.49	23.01	23.4	22.6	21.6
Río Largo		24.13	24	23.38	21.93	22.41	21.3	21.6
Río Cacao	24.06	25.09	25	22.4	22.71	22.38	22.2	22.7
Quebrada Maraños	23.36	23.79	24.5	22.79	23.3	22.41	22.1	22.4
Quebrada Las Marías	23.6	24.4	23.6	20.76	22.9	21.34	21.9	22.6
Río Wampú Nueva Esperanza	22.9	23.52	22.3	19.5	22.8	21.2	22.3	22.6

La temperatura se puede observar que en Río Wampú Nueva Esperanza es menor a la temperatura de Río Wampú Los magos esto se debe al recorrido que hace el río y a la hora que se hace el muestreo.

El agua a menor temperatura transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos (Castilla 2015).

Rodríguez, (2009)“, Menciona que en los ríos la temperatura de sus aguas generalmente varía de 21 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 38 °C” Por lo tanto los resultados obtenidos muestran que la temperatura de las aguas de estos ríos esta entre 19.5 °C y 25.4 °C la temperatura de todos estos puntos de muestreo es similar a lo que menciona Rodríguez, así que finalmente son aguas favorables al desarrollo de vida acuática peces etc.

### 5.5 Sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica

En el siguiente cuadro se encuentran los resultados recolectados de sólidos disueltos totales/conductividad eléctrica de los diferentes sitios de muestreo

**Cuadro 5** Sólidos disueltos totales de los distintos sitios de muestreo

	Sólidos Disueltos Totales (ppm)							
	Numero de Muestreo							
Nombre del punto	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
Río Culuco	37	37	39		40	37	32	33
Río Wampú Los Mangos	54	72	78	83	83	75	55	68
Río Largo		60	67	63	65	70	56	69
Río Cacao	41	47	50	54	54	55	38	45
Quebrada Maraños	42	58	67	74	75	64	51	55
Quebrada las Marías	47	48	46	49	50	46	37	47
Río Wampú Nueva Esperanza	42	43	41	43	44	46	44	45

**Cuadro 6** Conductividad eléctrica de los distintos sitios de muestreo

	Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )							
	Numero de Muestreo							
Nombre del punto	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
Río Culuco	74	75	77		80	75	64	66
Río Wampú Los Mangos	108	143	156	165	167	151	111	137
Río Largo		121	133	125	129	139	112	139
Río Cacao	81	94	101	108	108	110	76	91
Quebrada Maraños	85	117	135	148	149	128	101	110
Quebrada las Marias	94	95	91	98	100	93	74	94
Río Wampú Nueva Esperanza	85	87	82	87	89	93	89	90

El término sólidos disueltos totales (TDS) describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua, los TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad

eléctrica. las concentraciones de (TDS) procedentes de fuentes naturales varían dependiendo de la solubilidad de los minerales en la zona geológica (Anexo 23).

Moshinsky, (1959) Tipo de agua conductividad ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ ) agua destilada 0.5 - 3.0, Nieve derretida 2 – 42, Agua potable de U.S 30 – 1500, Agua de suministro de riego < 750, estas aguas la conductividad eléctrica se encuentra dentro de agua de suministro de riego ya que de valores de 74 a 149  $\mu\text{m}/\text{cm}$ .

A mayor concentración de sólidos disueltos totales mayor es la conductividad eléctrica. Ejemplo solidos disueltos totales en el cuarto muestreo de Río Wampú Los Mangos fue de 82 ppm TDS y la conductividad eléctrica en el cuarto muestreo en Río Wampú Los Mangos muestra 148  $\mu\text{m}/\text{cm}$  que son los valores más altos de ambos parámetros. De igual forma ponemos observar los datos recolectados de cada muestreo la conductividad eléctrica siempre va ser mayor que los sólidos disueltos totales (TDS), La presencia de los (TDS) y conductividad eléctrica se debe a sales naturales, (Padilla y García 2012) por los tipos de rocas que se encuentran en esta zona (Cuadro 5, 6).

Con los resultados obtenidos se puede observar que los rangos de conductividad oscilan entre los valores de 74 a 149  $\mu\text{S}/\text{cm}$  los cuales según Rodriguez, (2009) “opina que la conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales ríos, lagos se encuentra entre los 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y los 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aunque, por supuesto depende de muchos factores”. Por lo tanto, los valores obtenidos están dentro de los parámetros establecidos para poder tener una buena conductividad eléctrica en los distintos ríos evaluados.

Estas sales de estos ríos se debe a rocas y meteorización de las mismas ya que a medida que el agua fluye a través de la roca, va adquiriendo diferentes composiciones debido a los minerales presentes en el terreno y a las reacciones que se producen (Padilla y García 2012). Además, como se puede observar en el mapa de geología los tipos de rocas que se encuentran en esta área tienen impacto en el agua de forma natural en los sólidos disueltos totales (Anexo



23). De igual manera, los sólidos disueltos totales encontrados en estos ríos provienen de fertilizantes utilizados en el área agrícola.

## 5.6 Alcalinidad

En la siguiente tabla se encuentra los datos obtenidos de alcalinidad en los distintos sitios de muestreo de la red hídrica

**Cuadro 7** Alcalinidad de los distintos sitios de muestreo

Alcalinidad	
Nombre del punto	Mg CaCO <sub>3</sub> /l
Río Culuco	45
Río Wampú Los Mangos	63
Río Largo	60
Río Cacao	36
Quebrada Maraños	63
Quebrada Las Marías	45
Río Wampú Nueva Esperanza	30

La alcalinidad del agua es también conocida como capacidad buffer del agua. En general, la alcalinidad del agua se debe a los contenidos de carbonatos y bicarbonatos en solución, los cuales son muy comunes en las aguas superficiales y subterráneas. A nivel internacional se acepta una alcalinidad mínima de 20 mgCaCO<sub>3</sub>/l para mantener la vida acuática de igual manera la alcalinidad consiste principalmente de carbonato, bicarbonato, fosfato, borato, ortosilicato, sulfuros y ácidos orgánicos (IDEAM 2015).

Cristancho y Cruz, (2020) “Menciona que la alcalinidad total 200 mgCaCO<sub>3</sub>/l valor máximo aceptable para las aguas superficiales”. Los valores encontrados de alcalinidad van de un valor mínimo de 30 mgCaCO<sub>3</sub>/l a valor máximo de 63 mgCaCO<sub>3</sub>/l. Por lo tanto, la alcalinidad se encuentra entre valores aceptables para las aguas superficiales

Quebrada Marañoses y Río Wampú Los Mangos presentaron los valores más altos de alcalinidad de 62 mgCaCO<sub>3</sub>/l de alcalinidad, los carbonatos se pueden obtener del mismo río ya que muchas rocas contienen carbonatos y minerales que tienen efecto en la alcalinidad.

### 5.7 Dureza

En el siguiente cuadro se encuentra los datos obtenidos de Dureza en los distintos sitios de muestreo de la red hídrica

**Cuadro 8** Dureza de los distintos sitios de muestreo

Dureza	
Nombre del punto	Mg CaCO <sub>3</sub> /L
Río Culuco	45
Río Wampú Los Mangos	60
Río Largo	42
Río Cacao	45
Quebrada Marañoses	60
Quebrada Las Marías	27
Río Wampú Nueva Esperanza	30

**Tabla 4** Datos de referencia para la concentración dureza mgCaCO<sub>3</sub>/l

Dureza mg/l	Tipo de agua
0 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente dura
121 - 180	Dura
>180	Muy dura

Fuente (Rodriguez 2009).

Según los rangos de la clasificación de dureza de 0 a 60 mgCaCO<sub>3</sub>/l son aguas blandas, el río que presento la dureza mínima fue en quebrada Las Marias 27 mgCaCO<sub>3</sub>/l y el máximo fueron dos ríos Quebrada Marañoses y Río Wampú Los Mangos ambos con un valor de 60

mgCaCO<sub>3</sub>/l por lo que se puede llegar a decir que estas aguas Según Rodríguez (2009) se encuentran dentro de aguas blandas esto se debe a que los ríos de esta zona son similares.

Las actividades que se dan en esta zona son, agrícola y ganadera pueden causar dureza del agua porque al realizar dichas actividades se van removiendo partículas que están en el suelo o rocas como magnesio y calcio que se encuentran en forma natural y llegan al agua y tener impacto en las mismas. Finalmente, aunque algunos ríos tengan más dureza todos están dentro del rango de aguas blandas.

### 5.8 Cloruro

Los cloros obtenidos fueron iguales en los siete puntos de muestreo 50 mg/l. Por otra parte, las aguas naturales tienen contenidos muy variables en cloruros dependiendo de las características de los terrenos que atraviesen. Los contenidos en cloruros de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l. (García et al. 2019). Comparando con los resultados obtenidos los cloruros en mg/l de la red hídrica todos se encontraron en valor de 50 mg/l.

En los distintos ríos se encontró con un valor de cloruro 50 mg/l que no cambia ni varía de un río a otro, lo que se puede decir que los resultados coinciden esto se debe a que los ríos de esta zona son similares en cuanto a este parámetro. Por lo que se puede finalizar que los cloruros de estos ríos provengan de agricultura ganadería y de forma natural a través del recorrido de las aguas por el suelo van arrastrando sales que llegan a los cuerpos de agua.

### 5.9 Sulfitos

Los sulfitos obtenidos fueron iguales en los siete puntos de muestreo 10 mg/l. Por otra parte los sulfitos en los cuerpos de agua superficial tienen que ser de aproximadamente de 20 mg/l para evitar contaminación de componentes metálicos un alto nivel de sulfito resulta un pH

bajo los iones de sulfitos son tóxicos para la vida acuática la demanda química que el sulfuro produce en el agua puede destruir el equilibrio ecológico de los ríos ya que la alta presencia de sulfitos disminuye el oxígeno disuelto (Lizeth 2019).

Según los datos obtenidos de los muestreos de los ríos el valor de los sulfitos es un valor de 10 mg/l en cada punto de muestreo este valor es bueno porque se encuentra abajo del rango indicado que es de 20 mg/l si sobrepasa este valor no hubiese vida acuática en estos ríos, por lo que los resultados obtenidos son similares

Los sulfitos son una variante del óxido de azufre, principalmente dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que se generan de forma natural que contiene el alcohol, ácido acético, ácido sulfúrico, éter etílico, acetona, tolueno además los sulfitos también pueden venir de las heces, (Lizeth, (2019). Por lo que podrá concluir que los sulfitos de estas aguas provienen de forma natural ya que son bajos y por lo tanto los sulfitos encontrados en las aguas de estos ríos provengan de las rocas de los mismos, ya que no existe en esta zona industria como la agroalimentarias que son las que más sulfitos proporcionan como calcio potasio y sodio.

#### 5.10 Cobertura vegetal

Dentro de la subcuenca de Wampú se encuentran 155 microcuencas, dentro del área de estudio 29 microcuencas, de las cuales solo a siete se clasifico la cobertura vegetal. Dentro del área de estudio el tipo de bosque dominante es latifoliado, de lo cual en ciertas zonas del área de estudio existe una transición que va entre latifoliado y conífera presentándose así en la microcuenca de Río Culuco y Río Largo (Anexo 1).

**Cuadro 9** Cobertura obtenida de las microcuencas evaluadas

	Bosque	Pasto y Cultivo	Urbanizado	Sin Vegetación	agua
Río Culuco	1043.56 ha	452.12 ha	4.76 ha	0.10 ha	0.06 ha

Río Wampú Nueva Esperanza	1373.44 ha	676.80 ha	2.16 ha	0.03 ha	0.01 ha
Río Largo	1686.76 ha	1444.08 ha	9.44 ha	0.76 ha	0.04 ha
Río Cacao	1792.77 ha	945.17 ha	3.71 ha	1.57 ha	0.08 ha
Quebrada Maraños	1120.08 ha	213.27 ha	1.22 ha	0.83 ha	0.06 ha
Quebrada Las Marías	1686.56 ha	854.92 ha	2.92 ha	0.24 ha	0.04 ha
Río Wampú Los Mangos	25,638.49 ha	16,168.41 ha	42.55 ha	41.03 ha	2.41 ha

La cobertura vegetal de la microcuenca Río Culuco presentada en porcentaje con el porcentaje mayor se identificó la cobertura de bosque con un 69.54%, seguido de pastos y cultivos con 30.12%, donde mayormente se da la actividad humana agricultura y ganadería, donde se llevan a cabo actividades que tienen efectos en los cuerpos de agua, urbanización un 0.31%, sin vegetación 0.006%, áreas de carreteras, agua 0.003%, ríos (Cuadro 9).

La cobertura vegetal de la microcuenca Río Wampú Nueva Esperanza presentada en porcentaje es la siguiente, con el porcentaje mayor se identificó el bosque, con un 66.91%, seguido de pastos y cultivos con 32.97%, urbanización un 0.10%, sin vegetación 0.001%, agua 0.0004%, como se puede apreciar la cobertura de bosque, pastos y cultivos esté presente en toda la microcuenca (Cuadro 9).

La cobertura vegetal de la microcuenca Río Largo presentada en porcentaje es la siguiente, con el porcentaje mayor se identificó el bosque con 53.70%, seguido de pastos y cultivos 45.97%, urbanización un 0.30%, sin vegetación 0.02%, agua 0.001%, tanto bosque y pastos cultivos son las áreas que más cubren en la microcuenca del Río Largo es por lo que se puede decir que río Largo tiene un buen porcentaje de pastos y cultivos (Cuadro 9).

La cobertura vegetal de la microcuenca Río Cacao presentada en porcentaje es la siguiente, con el porcentaje mayor se identificó el bosque con un 65.35%, seguido de pastos y cultivos con 34.45%, urbanización un 0.13%, sin vegetación 0.05%, agua 0.003%, la cobertura vegetal de pasto y cultivo y bosque se extiende por toda la microcuenca (Cuadro 9).

La cobertura vegetal de la microcuenca Quebrada Marañoses presentada en porcentaje es la siguiente, con el porcentaje mayor se identificó la cobertura de bosque con un 83.87%, seguido de pastos y cultivos con 15.96%, urbanización un 0.06%, sin vegetación 0.06%, agua 0.004%, aunque la cobertura del bosque sea el que predomine, siempre se encuentra presente pastos y cultivos, aunque en esta microcuenca presentó menor porcentajes, que las demás microcuencas (Cuadro 9).

La cobertura vegetal de la microcuenca Quebrada Las Marías presentada en porcentaje es la siguiente, con el porcentaje mayor se identificó el bosque con un 66.27%, seguido de pastos y cultivos 33.59%, , urbanización 0.11%, sin vegetación 0.009%, agua 0.001%, finalmente, la cobertura vegetal de Quebradas Las Marías, pastos y cultivos se extiende por toda la microcuenca por lo que la actividad agrícola y ganadera se lleva a cabo en toda la microcuenca, pero siempre se encuentra en mayor porcentaje lo que es el bosque (Cuadro 9).

La cobertura vegetal de la microcuenca del Río Wampú Los Mangos presentada en porcentaje es la siguiente manera, con el porcentaje mayor se identificó el bosque con un 61.20%, seguido de pastos y cultivos con 38.59%, urbanización un 0.10%, aquí se encuentra el asentamiento humano comunidades, sin vegetación 0.09%, carreteras y áreas sin cobertura, agua 0.005%, Finalmente, la cobertura vegetal de cada una de las microcuencas el mayor porcentaje es de bosque por lo que las aguas en la época de lluvia no llegan directamente a impactar con la red hídrica (Cuadro 9).

Por lo que la cobertura que más influyen en el punto de muestreo es pastos y cultivos y urbanizado ya que es las áreas donde mayor es la actividad humana. Además, como se puede observar en el drenaje de la subcuenca y microcuenca de este río facilita la llegada de

afluentes de las demás microcuencas a este punto de muestreo, por lo que algunos parámetros muestran valores altos en Río Wampú Los Mangos (Anexo 19).

### 5.11. Análisis de varianza

El análisis de varianza obtenido de infostat se muestran a continuación si encuentro o no diferencia estadística significativa de acuerdo a los parámetros de estos ríos evaluados.

**Cuadro 10** Análisis de varianza

	Turbidez (NTU)	Oxígeno Disuelto (mgO <sub>2</sub> /l)	Ph	Temperatura (°C)	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
Río Largo	14.31 A	5.52 A	7.66 A	22.14 A	64.29 C	128.29 C
Río Culuco	19.08 A	6.02 A	7.73 A	22.20 A	36.43 A	73.00 A
Río Wampú Nueva Esperanza	26.47 A	5.65 A	7.93 A	22.14 A	43.50 A	87.75 A
Quebrada Las Marías	34.42 A	5.35 A	7.74 A	22.64 A	46.25 A B	92.38 A B
Río Cacao	38.99 A	5.53 A	7.73 A	23.32 A	48.00 A B	96.13 A B
Río Wampú Los Mangos	47.03 A	5.34 A	7.78 A	23.66 A	71.00 C	142.25 C
Quebrada Marañoses	47.64 A	6.02 A	7.80 A	23.08 A	60.75 B C	121.63 B C
cv	121.78	13.27	5.60	4.94	13.6	13.49
p-valor	0.5819	0.5433	0.9445	0.0902	<0.0001	<0.0001
p>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

#### 5.11.1 Turbidez

En la turbidez no se encontró diferencia estadística significativa ( $P=0.5819$ ), en los 7 puntos de muestreo, los rangos de turbidez encontrados anduvieron desde 14.31 NTU en río Largo, hasta, 47.64 NTU en quebrada Marañoses.

No se encontró diferencia estadística significativa, comparado con los estándares de turbidez en estos ríos hay aguas con masa de agua con cantidades grandes de vida planctónica que van desde 10 a 30 NTU que es río Largo con 14.31 NTU y río Culuco 19.08 NTU de igual manera se encuentran aguas que van de 20 a 50 NTU y más, que son aguas turbias o Flujos de ríos de tormenta, que son río Wampú Nueva Esperanza, Quebrada Las Marias, río Cacao, río Wampú Los Mangos y quebrada Marañoses, la alta turbiedad de río Wampú Los Mangos se deba a que es el afluente de los demás ríos, además recalcar que el estudio se realizó en época lluviosa (Cuadro 10).

#### 5.11.2 Oxígeno Disuelto

En el oxígeno disuelto no se encontró diferencia estadística significativa ( $P=0.5433$ ), en los 7 puntos de muestreo, los rangos de Oxígeno Disuelto encontrados anduvieron desde 5.32  $\text{mgO}_2/\text{l}$  en quebrada Marañoses, hasta 6.02  $\text{mgO}_2/\text{l}$  en río Culuco, no se encontró diferencia estadística significativa.

Comparado con los estándares de oxígeno disuelto para aguas naturales, la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 -6  $\text{mg O}_2/\text{l}$  para soportar una buena diversidad de vida acuática. Los niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3  $\text{mgO}_2/\text{l}$  dañan a la mayor parte de los organismos acuáticos y por debajo de 2 o 1  $\text{mgO}_2/\text{l}$  algunos organismos acuáticos mueren. Río Wampú Los Mangos, 5.34  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , Quebrada Las Marias 5.35  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , río Largo 5.52  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , río Cacao 5.53  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , río Wampu Nueva Esperanza 5.65  $\text{mgO}_2/\text{l}$  (Cuadro 10).

#### 5.11.3 pH

En el pH no se encontró diferencia estadística significativa ( $P=0.9445$ ), en los 7 puntos de muestreo, los rangos de pH encontrados anduvieron desde 7.66 pH en río Largo hasta, 7.93 pH río Wampú Nueva Esperanza, no se encontró diferencia estadística significativa, comparado con los estándares de pH para aguas naturales el pH va desde los 4 a 9, pH y de 6.5 a 8.5 pH es la ideal para la mayoría de vida acuática, los valores encontrados en los ríos



fueron, en río Largo 7.66, Río Cacao 7.73 pH, río Culuco 7.73, quebrada Las Marias 7.74 pH, Río Wampú los mangos, 7.78, quebrada Marañoses 7.80 pH y río Wampú Nueva Esperanza con 7.93 pH (Cuadro 10).

#### 5.11.4 Temperatura

En Temperatura de los siete puntos de muestreo no se encontró diferencia estadística significativa ( $P=0.0902$ ), los rangos de temperatura encontrados anduvieron desde 22.14 °C en río Wampu Nueva esperanza hasta, 23.66 °C en Río Wampú Los Mangos, no se encontró diferencia estadística significativa, comparado con los estándares la temperatura generalmente varían de 21 °C a 35 °C y rara veces baja más de 19°C, por lo tanto en Río Culuco 22.20 °C, Quebrada Las Marias 22.64 °C, Río Largo 22.68 °C, Quebrada Marañoses 23.08 °C y Río Cacao 23.32 °C (Cuadro 10).

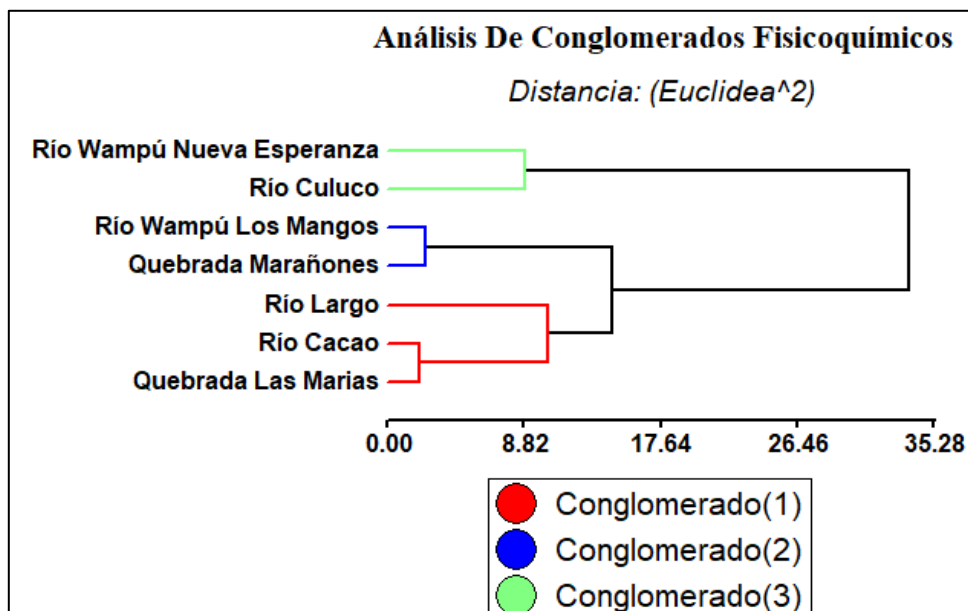
#### 5.11.5 Solidos Disuelto Totales

En los sólidos disueltos totales (TDS) se encontró diferencia estadística significativa ( $P<0.0001$ ), para los puntos de muestreo evaluados, Río Culuco obtuvo una menor cantidad de solidos disueltos totales con 36.43 ppm TDS, por el contrario, los ríos que obtuvieron más sólidos disueltos totales fueron Quebrada Marañoses con 60 ppm TDS, Río Largo 64 ppm TDS y Río Wampú los Mangos 71.00 ppm TDS, es el más afectado por los sólidos disueltos totales esto se debe a que el afluente de los demás ríos y quebradas (Cuadro 10).

#### 5.11.6 Conductividad Electrica

En la conductividad eléctrica se encontró diferencia estadística significativa ( $P<0.0001$ ), para los puntos de muestreo evaluados, Río Culuco obtuvo una menor cantidad de conductividad eléctrica con 73  $\mu\text{m}/\text{cm}$ , por el contrario los ríos que obtuvieron más conductividad eléctrica fueron Quebrada Marañoses con 121.63  $\mu\text{m}/\text{cm}$ , Río Largo 128.29  $\mu\text{m}/\text{cm}$  y Río Wampú los

Mangos 142.25  $\mu\text{m}/\text{cm}$ , Río Wampú los mangos es el más afectado en la conductividad eléctrica esto se debe a que el afluente de los demás ríos y quebradas (Cuadro 10).



**Figura 8** Análisis de conglomerado

### 5.12 Análisis de conglomerados

El análisis nos muestra que los parámetros físicoquímicos, en el conglomerado 1, que río largo tiene similitud Río Cacao y la vez estos con Quebrada Mariás, en el conglomerado 2 Río Wampú Los Mangos tienen similitud con Quebrada Marañoses, en el conglomerado 3 Río Wampú Nueva Esperanza tienen similitud Río Culuco, por lo que estos ríos tienen similitudes unos con otros, en los parámetros evaluados, turbidez, oxígeno disuelto, pH, temperatura, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica (Figura 8).

## VI. CONCLUSIONES

Los valores más altos de las variables estudiadas fueron para el punto de muestreo Río Wampú los Mangos, sin embargo, los parámetros obtenidos no demostraron un nivel de afectación ya que se ubican dentro de los parámetros normales citados por las diversas literaturas. Los valores altos se explican porque el punto de muestreo es el afluente de los demás cuerpos de agua.

La red hídrica de la zona sur de la (RHBRP) el parámetro que más tuvo variación en algunos puntos de muestreo fue la turbidez en Río Wampú Los Mangos esto se debe a que el estudio se realizó en épocas de lluvia, además las demás microcuencas son los afluentes de este punto.

Es correcto afirmar que los cuerpos de agua pueden ser influenciados por los usos del suelo, como los pastos y cultivos realizados por la población local. Los mapas de cobertura vegetal de las diferentes microcuencas proporcionan información importante sobre la vegetación presente en esas áreas y su relación con los cuerpos de agua cercanos.

El análisis de varianza estadística no hay diferencia estadística en la turbidez, oxígeno disuelto, temperatura y pH, Mientras en las que si Hay diferencia estadística es en los sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica.

En el análisis de conglomerados muestra similitudes entre los siguientes ríos, Río Largo con Río Cacao, Quebrada Las Marias y Río Wampú Los Mangos con Quebrada Marañoses y Río Wampú Nueva Esperanza con Río Culuco

## **VII. RECOMENDACIONES**

Dar continuidad al estudio en la época seca para conocer el comportamiento de estas aguas respecto al invierno, para estudiar como los las estaciones del año tienen relación con los parámetros fisicoquímicos.

Que los futuros estudios para medir parámetros se realicen con mayor frecuencia y mayor tiempo en época seca, así mismo realizar más estudios al agua ya que es un elemento muy importante para la vida acuática y humana.

Desarrollar charlas sobre calidad del agua, así mismo darles un mejor uso a las aguas superficiales y ejecutar planes de acción para controlar las descargas de aguas residuales de agricultura y ganadería y usos domésticos.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barrenechea, A. 2009. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. 28(4):303-310.
- Bauder, J; Sigler, A. 2014. Alcalinidad , pH y Sólidos Disueltos Totales (en línea). Northern Plains & Mountains :8.
- BCN, B del CN de C. 2016. Calidad del Agua. (56):1-11.
- Becerril, J. 2009. Contaminantes emergentes en el agua. 10:1067-6079.
- Beita, W; Barahona, M. 2011. Península de Osa , Costa Rica (en línea). UNED Research Journal/ Cuadernos de investigación UNED 2(2):157-179.
- Benítez, P; Miranda, L. 2013. contami. Vol. 29 29:1-18.
- Biósfera, P mi. 2021. Panorama de la carne y leche bovina en Contenido. .
- Castilla, C. 2015. Influencia de parámetros físicos y químicos en el agua superficial. Revista del Colegio Oficial de Biólogos de la comunidad de Madrid :3.
- Ceron, C; Andres, A; Vidal, P; Lozada, T; Del, I; La, Y; En, A; Tratamiento, EL; Las, ADE. 2005. Importancia del ph y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. importancia del ph y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca 11:243-248.
- CNA. 2011. Calidad Del Agua. 1:1-4.
- Conrado, M; Navarro, C; Vallejo, M; Fajardo, E; Metrano, M; Velázquez, M; Alvarado, E; Cerrato, W; Flores, N; Rivera, A; Mioñez, M; Espinoza, MA; Martínez, M. 2013. Plan de manejo Reserva del Hombre y la Biósfera del Río Platano (2013-2025). :2-252.

Cotler, H; Galindo, A; González, I; Pineda, R; Ríos, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. s.l., s.e.

Cristancho, S; Cruz, L. 2020. Un camino a la sustentabilidad ambiental: Perspectiva de la Educación y la Ingeniería. s.l., s.e.

Escobar, J. 2002. Recursos Naturales e Infraestructura - La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. s.l., s.e., vol.17. 1-79 p.

Faustino, J; Jimenez, F. 2000. Manejo de Cuencas Hidrograficas. :1-35.

Fernández, A. 2017. Química Viva. Travessia - revista do migrante 11(81):147-170. DOI: <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>.

García, A; Reyes, G; Alicia, A; Gonzales, L. 2019. Cloruros totales en el agua de abastecimiento (en línea). Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional. :3.

Garcia, M; Sánchez, F; Marín, R; Gúzman, H; Verdugo, N; Domínguez, E; Vargas, O; Panizzo, L; Sánchez, N; Cortés, G; Gómez, J. 2001. El agua. :114-189.

Gil, M; Soto, A; Usma, J; Gutiérrez, O. 2012. Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos. 7(2):52-73.

Guadarrama, R; Kido, J; Roldan, G; Salas, M. 2016. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. 2(5):1-10.

Guevara, C; Lara, B; Vives, L; Zimmermann, E; Gandini, M. 2018. Una metodología para la caracterización del uso del suelo mediante imágenes de media resolución espacial. 24(Apa 6):207-218.

IDEAM. 2015. Determinación de alcalinidad por potenciometria (en línea). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales :8.

Leiva, A. 2010. Caracterización de calidad de agua en el ciclo de consumo del municipio (en línea). Universidad Zamorano :35.

Lizeth, R. 2019. Eliminación De Altas Concentraciones De Sulfitos De Aguas Residuales De La Industria Agroalimentaria Mediante Un Reactor Biológico Secuencial. Influencia En El Rendimiento De Los Parámetros Del Proceso. :2018-2019.

Marcó, L; Azario, R; Metzler, C; Garcia, MC; Marcó, L; Azario, R; Metzler, C; Del, M; Garcia, C. 2004. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). Higiene y Sanidad Ambiental 4:72-82.

Marín, R. 2010. Características Físicas, Químicas Y Biológicas de las aguas (en línea). Emacsa 1(c):37.

Montoya, C; Loaiza, D; Torres, P; Cruz, C; Juan, E. 2011. Efecto Del Incremento En La Turbiedad Del Agua Cruda Sobre La Eficiencia De Procesos Convencionales De Potabilización. 16:137-148.

Montt, M. 2010. Materiales y Simbolos. Estudio Agrocológico IV Región :259-281.

Moshinsky, M. 1959. La relación entre TDS y conductividad eléctrica Aunque. Nucl. Phys. 13(1):104-116.

Ochoa, R. 2016. La dureza del Agua (en línea). FACSA ciclo integral del agua 1:2.

Ordóñez, J. 2011. ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? Sociedad Geológica de Lima 1:1-44.

Padilla, T; García, N. 2012. Hidroquímica del agua superficial de la subcuenca del río Quiscab, Guatemala (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 21(especial):17-20.

Peña, E. 2007. Calidad de Agua- Oxígeno Disuelto (en línea). :1-6.

Rodríguez, J. 2009. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio , pH ,

conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las , ( ASADAS ), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel, Noviembre del 2008 (en línea). Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica 9(12):125-134.

Rosario, A; Velásquez, R; Mirna, R. 2013. Manual para la Demarcacion en Areas Protegidas del SINAPH. :2-25.

Ruiz, N. 2008. La salinidad del agua de riego y del suelo (en línea). Sistema de Asistencia al Regante (SAR) 1:1-6

Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; de Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. s.l., s.e. 2-64 p.

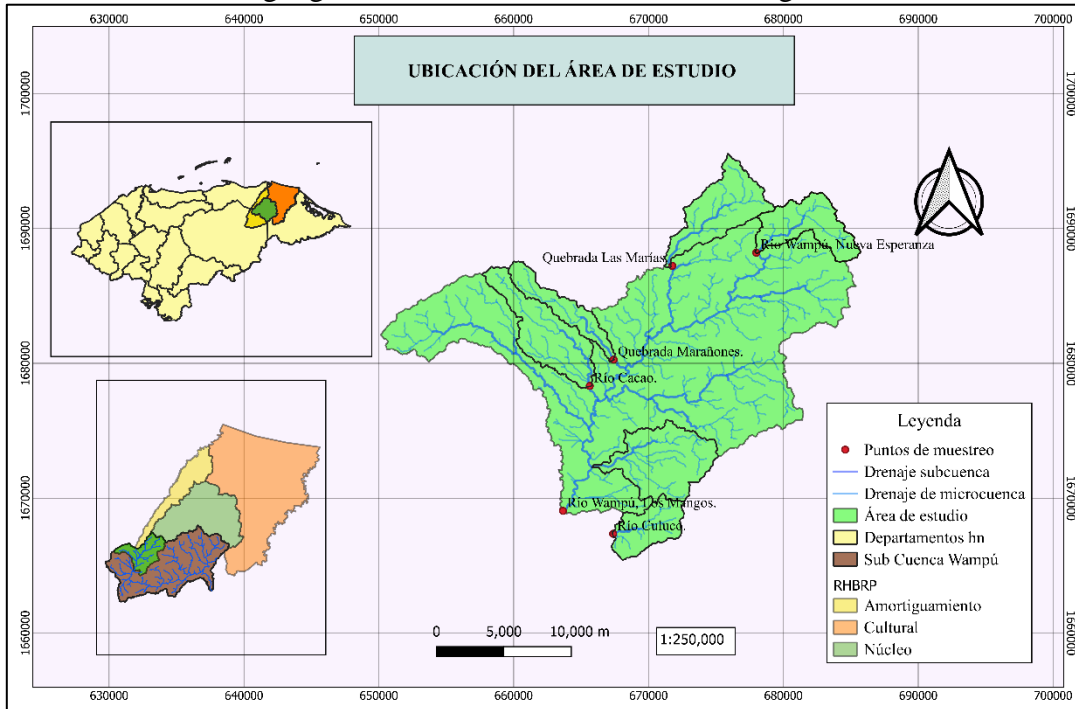
Torres, P; Cruz, C; Patiño, P. 2009. Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción De Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. RSC Theoretical and Computational Chemistry Series 8(13):79-94.

Universidad Complutense de Madrid. 2001. Variable Indicador Del Agua - Oxígeno disuelto en agua (en línea). Repositorio :1-4..



# ANEXOS

## Anexo 1 Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación



**Anexo 2** Datos del primer muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	$\mu\text{S/cm}$	ppm	$^{\circ}\text{C}$	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco	8.13 am	7.05	8.18	74	37	22.5	6.36
Río Wampú Los Mangos	10.03 am	195	8.04	108	54	24.5	5.6
Río Cacao	11.00 am	75.6	8.15	81	41	24.09	6.05
Quebrada Marañoses	11.27 am	127	8.15	85	42	23.36	5.86
Quebrada las Marias	12.18 pm	15.0	8.17	94	47	23.6	6.29
Río Wampú Los Mangos	1.17 pm	7.42	7.42	85	42	22.9	6.56

**Anexo 3** Datos del segundo muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	$\mu\text{S/cm}$	ppm	$^{\circ}\text{C}$	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco	11.02 am	7.69	7.70	75	37	22.81	6,9
Río Wampú Los Mangos	12.28 pm	25.2	7.65	143	72	24.45	5.66
Río Largo	1.16 pm	9.61	7.52	121	60	24.45	5.4
Río Cacao	2.08 pm	35.4	7.56	94	47	25.09	4.18
Quebrada Marañoses	2.28 pm	30.8	7.57	117	58	23.79	4.32
Quebrada las Marias	3.13 pm	13.3	7.67	95	48	24.4	5.90
Río Wampú Los Mangos	3.48 pm	10.5	7.62	87	43	23.52	5.98

**Anexo 4** Datos de tercer muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	$\mu\text{S/cm}$	ppm	$^{\circ}\text{C}$	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco	6.15 pm	16.1	7.13	77	39	23.3	5.53
Río Wampú Los Mangos	4.40 pm	13.4	6.67	157	78	25.24	4.35
Río Largo	3.30 pm	12.5	6.86	133	67	24	4.48
Río Cacao	2.30 pm	17.2	6.71	101	50	25	4.69
Quebrada Marañoses	1.50 pm	14.8	6.7	135	67	24.5	4.78
Quebrada las Marias	11.30 am	89.1	6.5	91	46	23.6	4.75
Río Wampú Los Mangos	9.30 am	64	7.9	82	41	22.3	4.87

**Anexo 5** Datos del tercer muestreo del análisis químico

Nombre del punto	Hora	Dureza mg CaCO <sub>3</sub>	Alcalinidad mgCaCO <sub>3</sub>	Cloruro mg/l	Sulfito mg/l
Río Culuco	6.15 pm	45	45	50	10
Río Wampú Los Mangos	4.40 pm	60	63	50	10
Río Largo	3.30 pm	42	60	50	10
Río Cacao	2.30 pm	45	36	50	10
Quebrada Maraiones	1.50 pm	60	63	50	10
Quebrada las Marias	11.30 am	27	45	50	10
Río Wampú Los Mangos	9.30 am	30	30	50	10

**Anexo 6** Datos del cuarto muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	μS/cm	ppm	°C	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco							
Río Wampú Los Mangos	1.00 pm	7.01	8.11	165	83	24.49	6.36
Río Largo	12.15 pm	5.73	8.12	125	63	23.38	6.2
Río Cacao	11.00 am	8.93	7.86	108	54	22.4	6.02
Quebrada Maraiones	10.40 am	10.93	7.87	148	74	22.79	5.72
Quebrada las Marias	9.30 am	5.99	7.91	98	49	20.76	6.15
Río Wampú Los Mangos	8.00 am	10.6	7.86	87	43	19.5	6.73

**Anexo 7** Datos del quinto muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	$\mu\text{S/cm}$	ppm	$^{\circ}\text{C}$	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco	12.01 pm	17.5	7.90	75	37	22.4	5.91
Río Wampú Los Mangos	11.00 am	23.9	8.01	151	75	23.4	5.8
Río Largo	10.30 am	8.78	7.78	139	70	22.41	6.04
Río Cacao	9.40 am	12.8	8.03	110	55	22.38	5.78
Quebrada Marañoses	9.18 am	45.1	8.06	128	64	22.41	5.14
Quebrada las Marias	7.30 am	11.4	8.14	93	46	21.34	5.29
Río Wampú Los Mangos	8.03 am	11	8.9	93	46	21.2	5.64

**Anexo 8** Datos del sexto muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	$\mu\text{S/cm}$	ppm	$^{\circ}\text{C}$	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco	8.30 am	8.12	7.92	80	40	21.18	6.75
Río Wampú Los Mangos	9.15 am	13.1	7.99	167	83	23.01	4.5
Río Largo	10.30 am	5.65	7.91	129	65	21.93	6.13
Río Cacao	11.14 am	8.01	7.89	108	54	22.71	5.74
Quebrada Marañoses	11.40 am	5.61	8.02	149	75	23.3	5.41
Quebrada las Marias	12.40 pm	16.80	7.91	100	50	22.9	4.58
Río Wampú Los Mangos	1.20 pm	55	8.07	89	44	22.8	5.59

### Anexo 9 Dato séptimo muestreo

Nombre del punto	Hora	NTU	pH	$\mu\text{S}/\text{cm}$	ppm	$^{\circ}\text{C}$	mg O <sub>2</sub> /l
Río Culuco	2.40 pm	56.3	7.69	64	32	22.4	5.34
Río Wampú Los Mangos	1.50 pm	234	7.85	111	55	22.6	5.54
Río Largo	9.20 am	44.9	7.8	112	56	21.3	5.8
Río Cacao	10.10 am	94.9	7.9	76	38	22.2	4.68
Quebrada Maraiones	10.30 am	91.7	8.2	101	51	22.1	5.12
Quebrada las Marias	11.10 am	93.2	7.9	74	37	21.9	4.89
Río Wampú Los Mangos	11.40 am	32.5	7.9	89	44	22.3	5.11

### Anexo 10 Medición de parámetros



**Anexo 11** Formato utilizado para registro de datos de campo

ENCARGADOS \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

MUESTREO #														
Ríos Y quebradas	Hora	Turbidez	MvpH	Ph	Mvorp	UsCM	uScm	MQ.cm	PPM Tds	PSU	C	Psi	mm Hg	D.O
Río Culuco														
Río Wampu los mangos														
Río Largo														
Río Cacao														
Quebrada marañones														
Quebrada las marías														
Río Wampu Nueva esperanza														

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Anexo 12** Matrix de datos obtenidos en campo

ENCARGADOS Mauro Carcon

FECHA 27/10/2022

MUESTREO # 2														
Ríos Y quebradas	Hora	Turbidez	MvpH	Ph	Mvorp	UsCM	uScm	MQ.cm	PPM Tds	PSU	C	Psi	mm Hg	D.O
Río Culuco	11.02 am	7.69	-36.9	7.90	242.0	75	72	0.0133	37	0.03	22.87	13.980	723	6.9
Río Wampu los mangos	12:28 pm	25.2	-34	7.65	262.7	143	142	0.007	72	0.07	24.45	14.031	726	5.66
Río Largo	1:16 pm	9.67	-26.6	7.52	275.8	121	119	0.0083	60	0.06	24.13	13.954	723	4.4
Río Cacao	2:08 pm	35.4	-24.7	7.56	285	94	94	0.0106	47	0.04	25.04	13.983	724	4.18
Quebrada marañones	2:28 pm	30.8	-29.1	7.57	281.4	111	114	0.0086	58	0.05	23.74	13.981	722	4.32
Quebrada las marías	3:13 pm	13.3	-35.4	7.67	277.6	95	91	0.0105	48	0.04	24.4	13.884	717	5.90
Río Wampu Nueva esperanza	3:48 pm	10.5	-32.3	7.62	280.2	87	84	0.0115	43	0.04	23.52	13.812	713	5.98

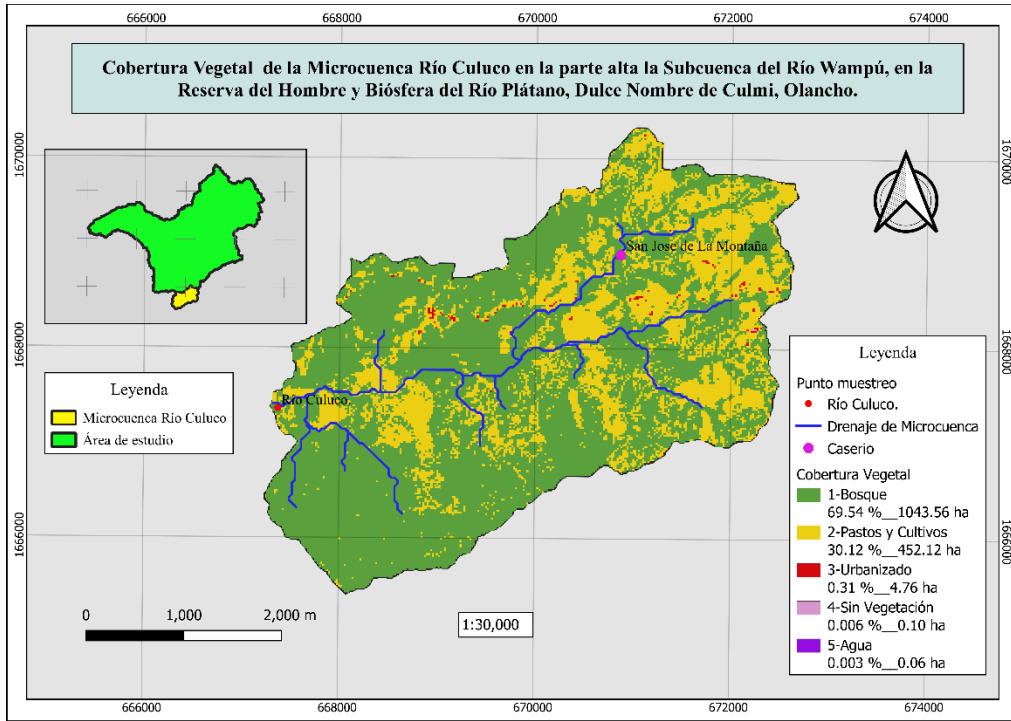
OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

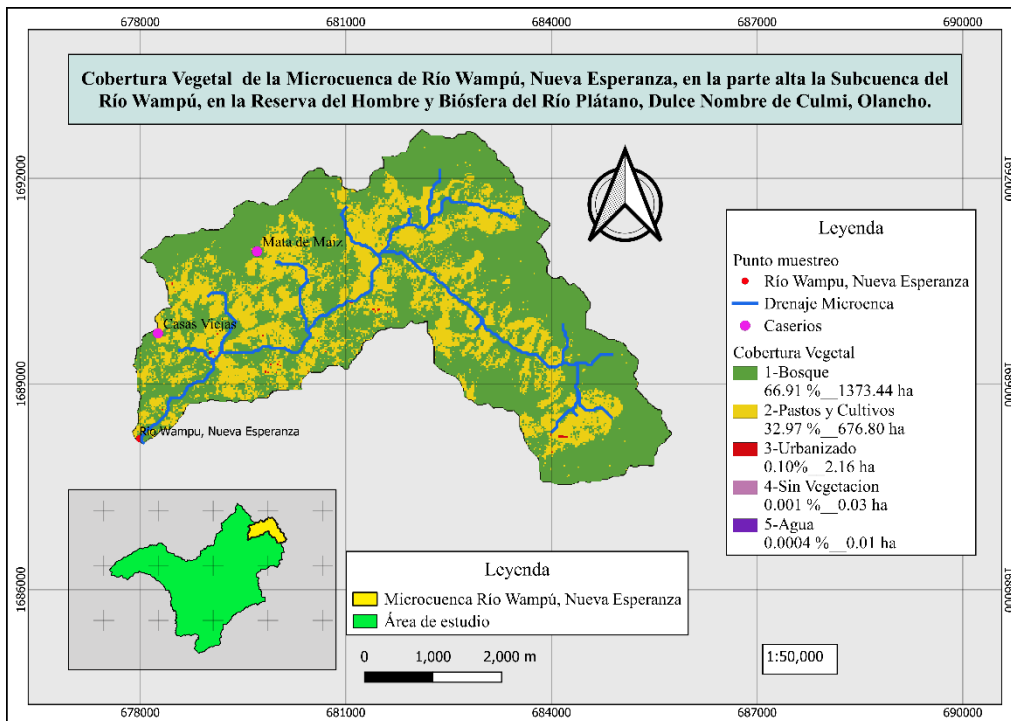
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

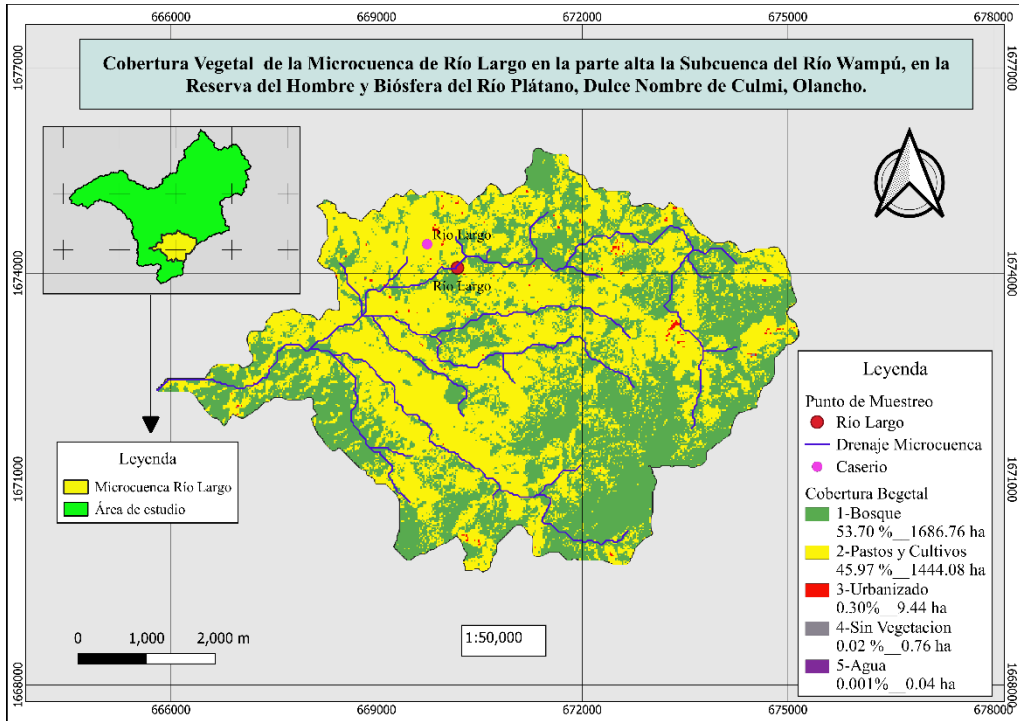
### Anexo 13 Cobertura vegetal microcuenca Río Culuco



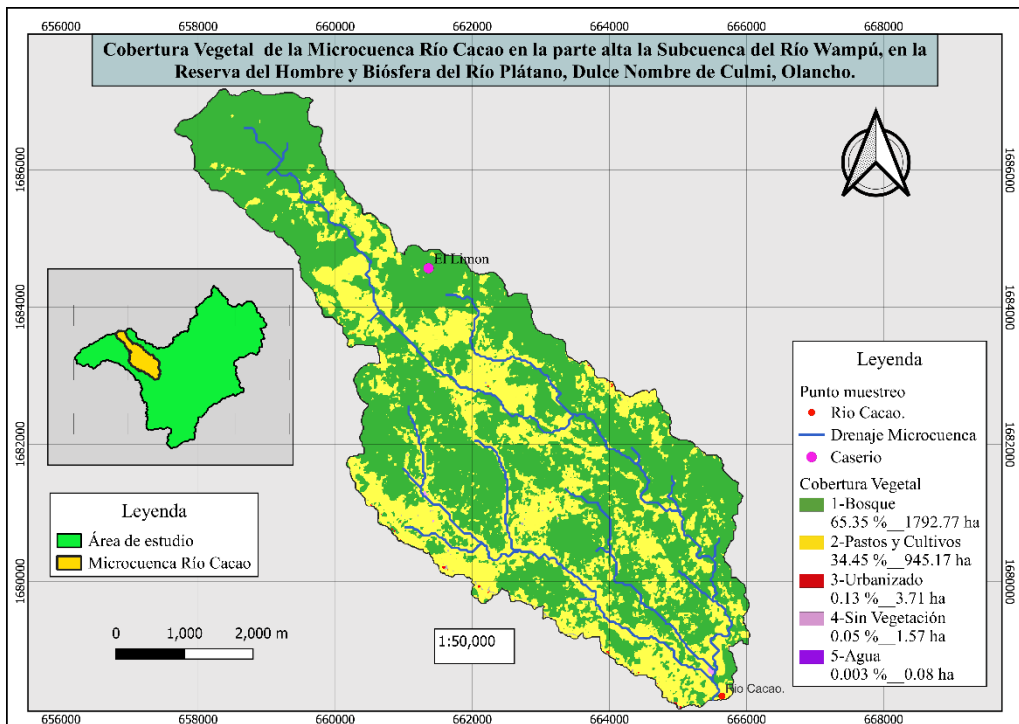
### Anexo 14 Cobertura vegetal microcuenca Río Wampú Nueva Esperanza



## Anexo 15 Cobertura vegetal microcuenca Río Largo

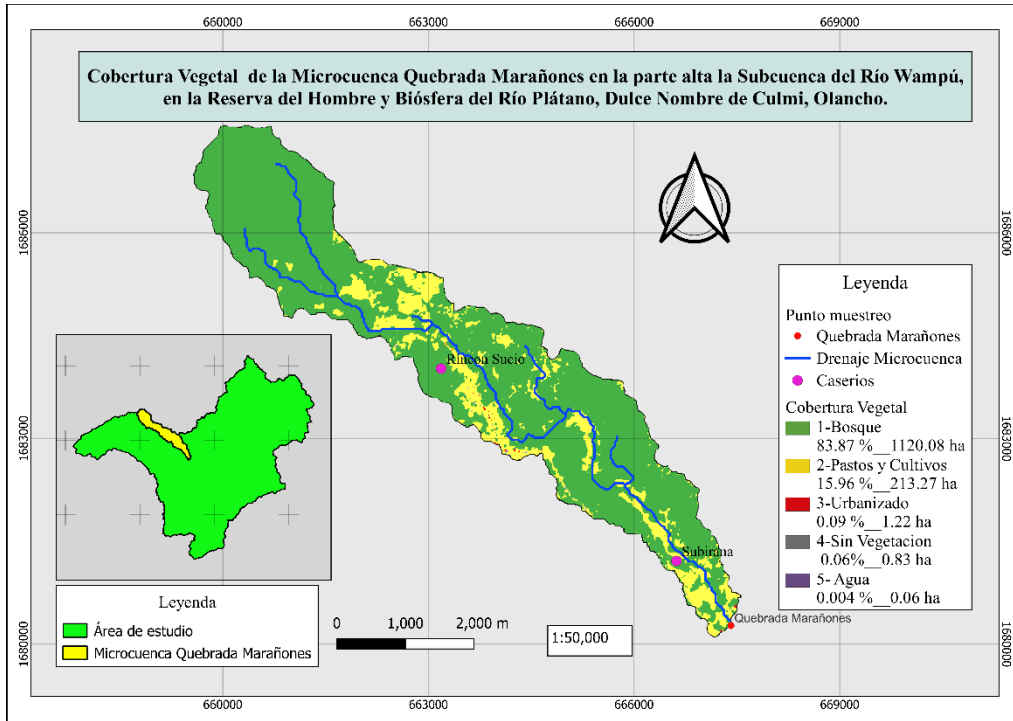


## Anexo 16 Cobertura vegetal microcuenca Río Cacao

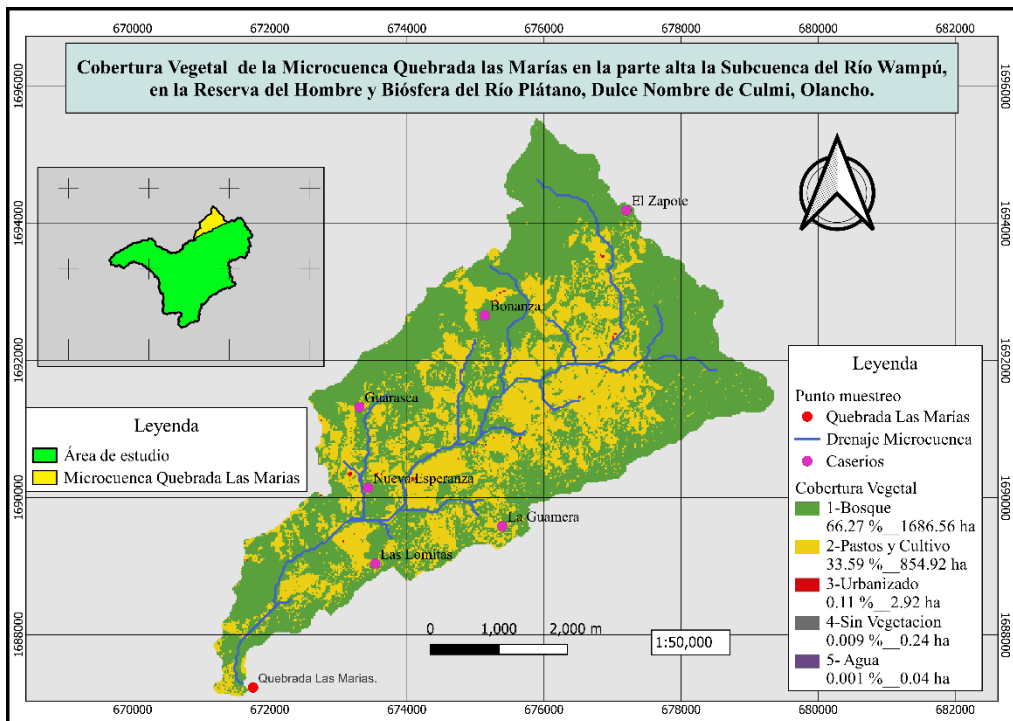




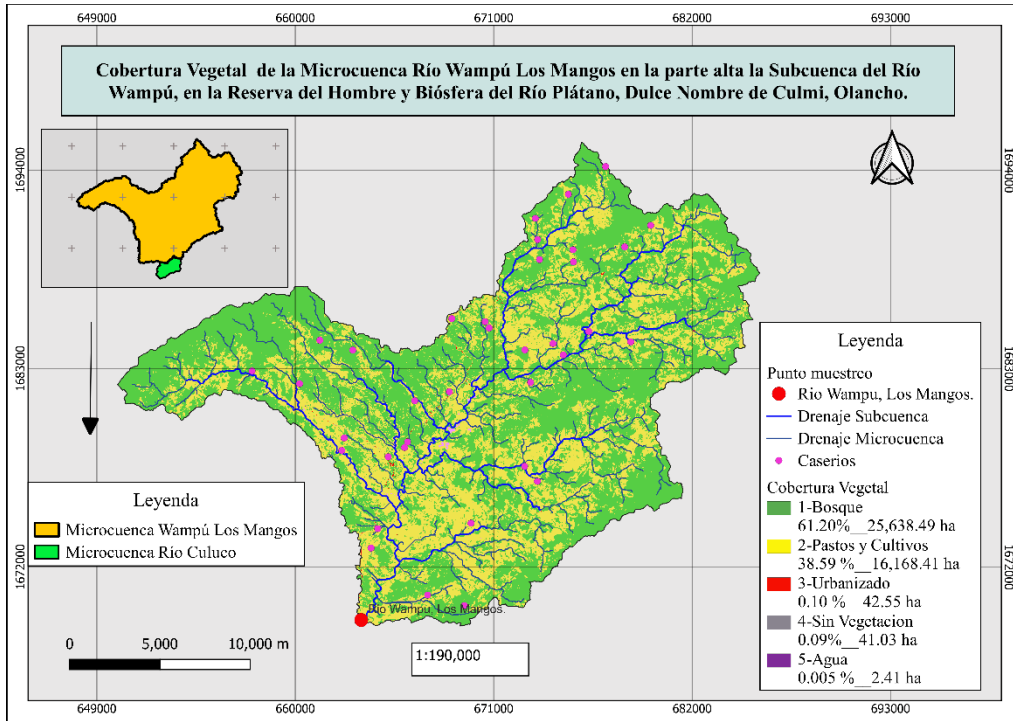
## Anexo 17 Cobertura vegetal microcuenca Quebrada Maraiones



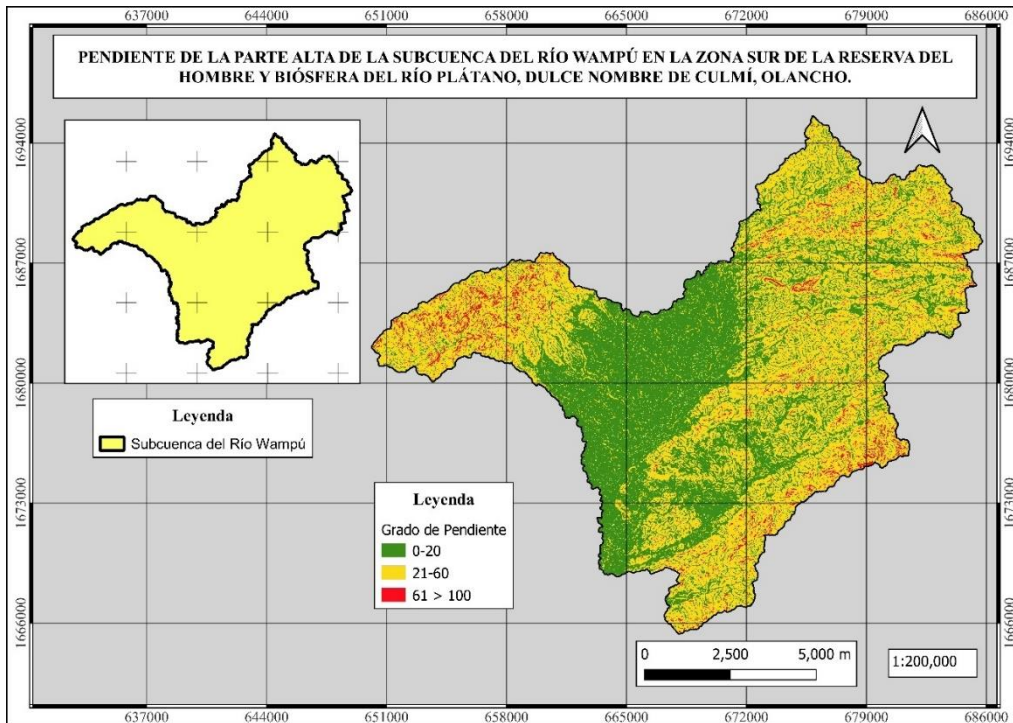
## Anexo 18 Cobertura vegetal microcuenca Quebrada Las Marías



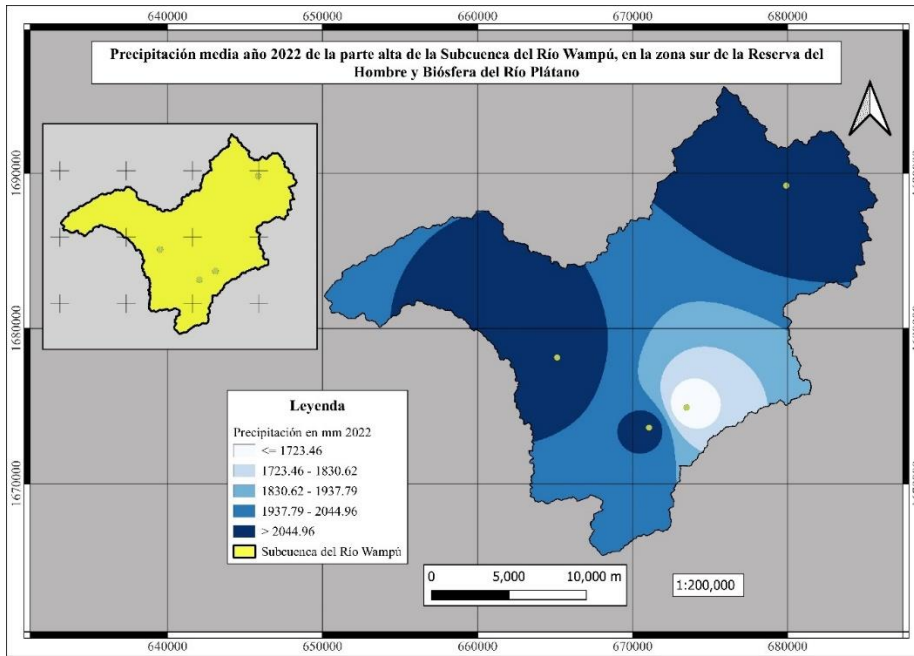
## Anexo 19 Cobertura vegetal microcuenca Río Wampu Los Mangos



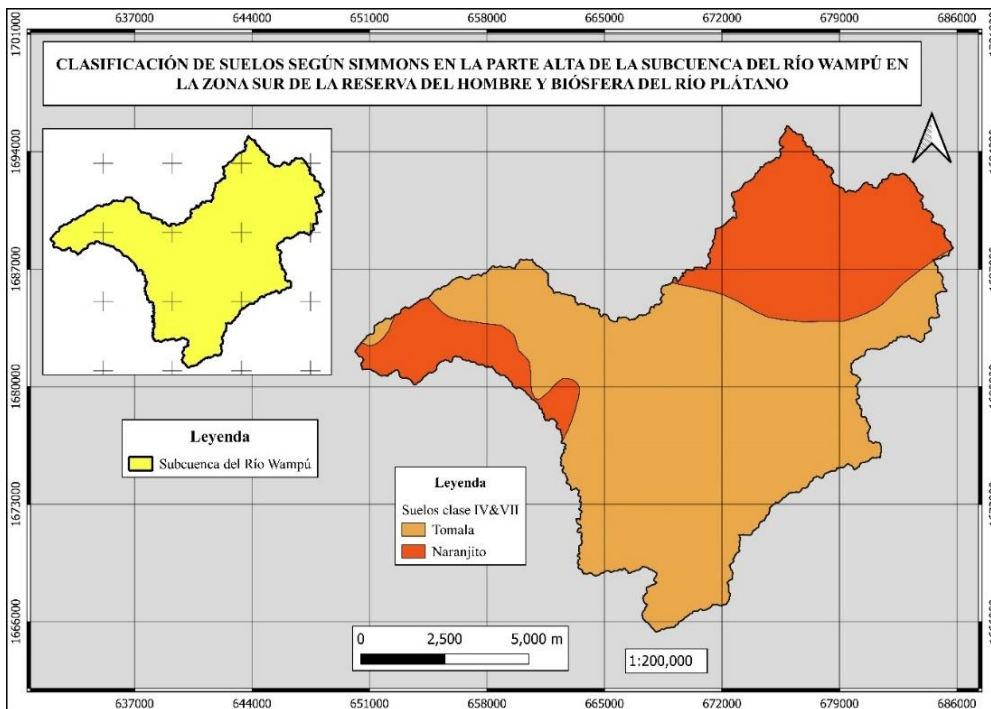
## Anexo 20 Pendiente del área de estudio



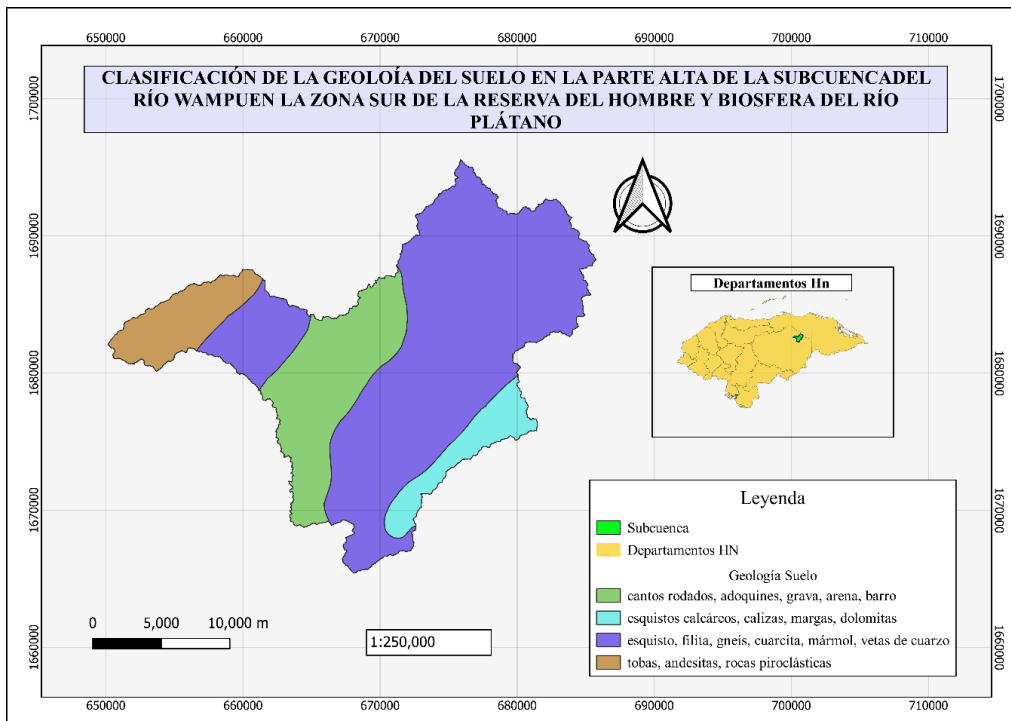
**Anexo 21** Precipitación media anual del área de estudio año 2022, datos obtenidos de la NASA.



**Anexo 22** Clasificación de suelo según simmons del área de estudio



**Anexo 23** Clasificación de la geología del suelo del área de estudio



## Anexo 24 Análisis de varianza (ANOVA)

### Turbidez

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Turbidez	54	0.09	0.00	121.78

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7731.80	6	1288.63	0.79	0.5819
Ríos	7731.80	6	1288.63	0.79	0.5819
Error	76615.05	47	1630.11		
Total	84346.84	53			

### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=89.25295

Error: 1630.1074 gl: 47

Ríos	Medias	n	E.E.
Río Largo	14.31	8	15.26 A
Río Culuco	19.09	8	15.26 A
Río Wampú Nueva Esperanza	26.47	8	14.27 A
Quebrada Las Marias	34.42	7	14.27 A
Río Cacao	38.99	7	14.27 A
Río Wampú los Mangos	47.03	7	14.27 A
Quebrada Marañones	47.64	1	14.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Temperatura

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura	54	0.20	0.10	4.94

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.99	6	2.50	1.96	0.0902
Ríos	14.99	6	2.50	1.96	0.0902
Error	59.83	47	1.27		
Total	74.82	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.49413

Error: 1.2729 gl: 47

Ríos	Medias	n	E.E.
Río Wampú Nueva Esperanza	22.14	8	0.40 A
Río Culuco	22.20	8	0.43 A
Quebrada Las Marias	22.64	7	0.40 A
Río Largo	22.68	8	0.43 A
Quebrada Marañones	23.08	1	0.40 A
Río Cacao	23.32	7	0.40 A
Río Wampú los Mangos	23.66	7	0.40 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### pH

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	54	0.03	0.00	5.60

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.32	6	0.05	0.28	0.9445
Ríos	0.32	6	0.05	0.28	0.9445
Error	8.90	47	0.19		
Total	9.22	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.96208

Error: 0.1894 gl: 47

Ríos	Medias	n	E.E.
Río Largo	7.66	8	0.16 A
Río Cacao	7.73	7	0.15 A
Río Culuco	7.73	8	0.16 A
Quebrada Las Marias	7.74	7	0.15 A
Río Wampú los Mangos	7.78	7	0.15 A
Quebrada Marañones	7.80	1	0.15 A
Río Wampú Nueva Esperanza	7.93	8	0.15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Oxígeno Disuelto

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Oxígeno Disuelto	54	0.10	0.00	13.27

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.72	6	0.45	0.84	0.5433
Ríos	2.72	6	0.45	0.84	0.5433
Error	25.27	47	0.54		
Total	27.99	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.62099

Error: 0.5377 gl: 47

Ríos	Medias	n	E.E.
Quebrada Marañones	5.32	1	0.26 A
Río Wampú los Mangos	5.34	7	0.26 A
Quebrada Las Marias	5.35	7	0.26 A
Río Largo	5.52	8	0.28 A
Río Cacao	5.53	7	0.26 A
Río Wampú Nueva Esperanza	5.65	8	0.26 A
Río Culuco	6.02	8	0.28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Solidos Disueltos Totales

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Solidos Disueltos Totales	54	0.75	0.71	13.60

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7172.84	6	1195.47	23.03	<0.0001
Ríos	7172.84	6	1195.47	23.03	<0.0001
Error	2440.14	47	51.92		
Total	9612.98	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=15.92844

Error: 51.9179 gl: 47

Ríos	Medias	n	E.E.
Río Culuco	36.43	8	2.72 A
Río Wampú Nueva Esperanza	43.50	8	2.55 A
Quebrada Las Marias	46.25	7	2.55 A B
Río Cacao	48.00	7	2.55 A B
Quebrada Marañones	60.75	1	2.55 B C
Río Largo	64.29	8	2.72 C
Río Wampú los Mangos	71.00	7	2.55 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Conductividad Eléctrica**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Conductividad Eléctrica	54	0.75	0.72	13.49

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28494.28	6	4749.05	23.18	<0.0001
Ríos	28494.28	6	4749.05	23.18	<0.0001
Error	9629.05	47	204.87		
Total	38123.33	53			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=31.64152**

Error: 204.8735 gl: 47

Ríos	Medias	n	E.E.
Río Culuco	73.00	8	5.41 A
Río Wampú Nueva Esperanza	87.75	8	5.06 A
Quebrada Las Marias	92.38	7	5.06 A B
Río Cacao	96.13	7	5.06 A B
Quebrada Maraños	121.63	1	5.06 B C
Río Largo	128.29	8	5.41 C
Río Wampú los Mangos	142.25	7	5.06 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )