



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HUMEDALES  
ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS DEL RIO RUMIYACU,  
PROVINCIA DE ORELLANA PARROQUIA TARACOA, 2016.”**

### **TRABAJO DE TITULACIÓN**

#### **TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACION**

Presentado para optar al grado académico de:

#### **INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORAS: TROYA GUAMÁN MAYRA JOHANNA**

**VILLALTA CASTILLO SONIA MARIBEL**

**TUTOR: ING. GAVILANES MONTOYA ALEX VINICIO**

Orellana – Ecuador

2017

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS DEL RÍO RUMIYACU, PROVINCIA DE ORELLANA PARROQUIA TARACOA, 2016”**, de responsabilidad de las señoritas egresadas Troya Guamán Mayra Johannay Villalta Castillo Sonia Maribel, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Gavilanes Montoya Alex

**DIRECTOR DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dr. León Chimbolema Gerardo

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nosotras, Troya Guamán Mayra Johanna y Villalta Castillo Sonia Maribel, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS DEL RÍO RUMIYACU, PROVINCIA DE ORELLANA PARROQUIA TARACOA, 2016”** y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**TROYA GUAMÁN MAYRA JOHANNA**

---

**VILLALTA CASTILLO SONIA MARIBEL**

## **AGRADECIMIENTO**

Al culminar con éxito el trabajo de investigación, quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios por haberme iluminado con su sabiduría y fortaleza a lo largo de mi carrera y así cumplir uno de mis mayores objetivos que algún día me trace y hoy se está cristalizando.

De la misma manera mi profundo agradecimiento a la Espoch Extensión Norte Amazónica, Facultad Ciencias, en especial a la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental.

Al Ing. Alex Gavilanes Director y Dr. Gerardo León Asesor de Tesis, por el apoyo y confianza al dirigir el desarrollo de mi Tesis. ,brindándome sus conocimientos en su formación ética y profesional.

Con gratitud mi infinito agradecimiento a mis padres, a esa persona especial, a mis tíos y mis hermanos por su apoyo incondicional en todo sentido para alcanzar mis metas y culminar con éxito.

Mayra J.

Desde muy niña mis padres me inculcaron el valor de la gratitud, es por ello que no puedo dejar sus enseñanzas y estar agradecida con cada una de las personas que estuvieron brindándome su apoyo, sabiduría y bondad.

A Dios por permitirme vivir y compartir con mi familia, por la salud y por las bendiciones recibidas y las que están por venir.

A mis padres por el sacrificio, esfuerzo y amor brindado, también a mis hermanas por la compañía y la solidaridad que en momento difíciles me la dieron en especial a mi hermana Angélica, la que muchas veces dejando sus obligaciones de lado me brindaba su ayuda y a esa persona especial.

Al Ing. Alex Gavilanes Director, y Dr. Gerardo León Asesor de Tesis, por su apoyo profesional en la realización de mí tesis, brindándome sus conocimientos y tiempo valioso para asesorarme y guiarme.

Sonia M.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de Tesis está dedicado a Dios por brindarme la vida, por darme las fuerzas y sabiduría para salir adelante ante las adversidades que se me han presentado.

A mis padres; Franco Alvarado y Lida Troya por todo el apoyo y sacrificio realizado inculcándome principios de humildad, honradez y respeto para ser de mí una mejor persona.

A mis queridos abuelitos; Cesar Troya y Erlinda Guamá, quienes fueron mi pilar fundamental. A mis hermanos, tíos, primos y amigos por sus palabras y consejos.

A esa persona especial por todo su amor, paciencia, confianza y comprensión por ser la persona que siempre me motivo a que por más difícil que sea los obstáculos siempre hay una salida que Dios nos da y que el querer es poder y por su tiempo que dedico para realizarme profesionalmente.

Mayra J.

En primer lugar este trabajo quiero dedicar a Dios por permitirme alcanzar este triunfo que no fue fácil, pero que con su ayuda y fidelidad hacia mi persona permitió que esto sea posible.

A mis padres Aurelio Villalta y Lorena Castillo por darme la vida, por ser mis guías y ejemplo de lucha, perseverancia, por enseñarme a seguir adelante venciendo las adversidades que la vida nos presenta y no huir a los problemas y formar a la mujer que ahora soy.

A mis hermanas Angélica, Mónica, Elsa y Josselyn por todas las muestras de cariño y apoyo que me brindaron en buenos y malos momentos durante el proceso que estoy culminando.

A mi persona favorita, por brindarme su amor y apoyo incondicional durante la culminación de este proceso ayudándome a cumplir uno de los objetivos más importantes de mi vida.

Sonia M.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>Ac</b>	Área vertical en m <sup>2</sup>
<b>APHA</b>	American PublicHealthAssociation

<b>ADEVA</b>	Análisis de Varianzas
<b>ALC</b>	Alcance
<b>As</b>	Área superficial
<b>As</b>	Área superficial
<b>C</b>	Concentración del contaminante
<b>D</b>	Directo
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DCA</b>	Diseño completamente al azar
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>H2O</b>	Agua
<b>I</b>	Indirecto
<b>K</b>	Factor de corrección relacionado con la velocidad
<b>K<sub>20</sub></b>	1,2404 d <sup>-1</sup> constante de temperatura
<b>Ks</b>	Conductividad hidráulica (m/s)
<b>Kt</b>	Constante de temperatura del humedal
<b>K<sub>T</sub></b>	Temperatura del humedal
<b>L</b>	Carga contaminante
<b>LABSU</b>	Laboratorio de suelos, aguas y plantas
<b>Ln (DBO<sub>5</sub>) s</b>	Concentración del contaminante de salida
<b>Ln (DBO<sub>5</sub>)e</b>	Concentración del contaminante de ingreso
<b>m</b>	Pendiente del lecho
<b>N</b>	Número de muestras parciales
<b>n</b>	Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal.
<b>Qe</b>	Caudal entrada del efluente
<b>Qo</b>	Caudal de salida del efluente
<b>Qp</b>	Caudal promedio
<b>Qr</b>	Caudal del río
<b>RAE</b>	Región Amazónica Ecuatoriana
<b>S</b>	pendiente (m/m)
<b>TPH</b>	Hidrocarburos Totales de Petróleo
<b>TRH</b>	Tiempo de retención hidráulica en (días);
<b>VA</b>	Volumen de alícuota
<b>VC</b>	Volumen muestra compuesta
<b>V<sub>Pf</sub></b>	Valor parámetro final
<b>V<sub>Pi</sub></b>	Valor parámetro inicial
<b>W</b>	Ancho del humedal
<b>y</b>	Profundidad del humedal

## TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XV</b>
<b>SUMARY</b> .....	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 El agua en la naturaleza</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Fuentes de agua</b> .....	<b>5</b>
<i>1.1.1 Aguas subterráneas</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.2 Tipos de aguas subterráneas y humedales relacionados con aguas subterráneas</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.3 Vínculos funcionales entre aguas subterráneas y humedales</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.4 Calidad de agua superficial</i> .....	<i>7</i>
<i>1.1.5 Alteraciones físicas del agua</i> .....	<i>7</i>
<i>1.1.6 Alteraciones químicas del agua</i> .....	<i>8</i>
<i>1.1.7 Alteraciones biológicas del agua</i> .....	<i>10</i>
<i>1.1.8 Los impactos de la actividad petrolera</i> .....	<i>10</i>
<i>1.1.9 Impactos ambientales del petróleo</i> .....	<i>12</i>
<i>1.1.10 Efectos fóticos de la contaminación del petróleo</i> .....	<i>12</i>
<i>1.1.11 Efectos tóxicos de la contaminación del petróleo</i> .....	<i>13</i>
<b>1.2. Depuración y reutilización de aguas contaminadas</b> .....	<b>14</b>
<i>1.2.3 Sistema de depuración natural con humedales artificiales</i> .....	<i>14</i>
<i>1.2.4 Clasificación de los humedales artificiales</i> .....	<i>15</i>
<i>1.2.5 Humedales artificiales de flujo superficial</i> .....	<i>16</i>
<i>1.2.6 Humedales de flujo sub-superficial</i> .....	<i>17</i>
<i>1.2.7 Normativa ambiental aplicable</i> .....	<i>19</i>
<i>1.2.8 Norma específica aplicable</i> .....	<i>19</i>
<i>1.2.9 Reglamento ambiental de actividades hidrocarburíferas</i> .....	<i>19</i>
<i>1.2.10 Codificación de la ley de aguas</i> .....	<i>21</i>
<i>1.2.11 Código integral penal</i> .....	<i>22</i>
<i>1.2.12 Texto unificado de legislación ambiental secundaria</i> .....	<i>22</i>
<i>1.2.13 Reglamento general para la aplicación de la ley de aguas</i> .....	<i>23</i>

1.2.14	<i>Normativa específica aplicable: TULAS</i> .....	23
<b>CAPÍTULO II</b> .....		<b>23</b>
<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1.</b>	<b>Localización de la investigación</b> .....	<b>23</b>
1.2.15	<i>Área de estudio</i> .....	24
1.2.16	<i>Aspectos biofísicos</i> .....	25
1.2.17	<i>Relieve</i> .....	25
1.2.18	<i>Geología</i> .....	25
1.2.19	<i>Aspectos climáticos</i> .....	25
<b>2.2.</b>	<b>Tipo y diseño de la investigación</b> .....	<b>26</b>
<b>2.3</b>	<b>Métodos y técnicas</b> .....	<b>26</b>
2.3.1	<i>Monitoreo del río Rumiyacu</i> .....	27
2.3.2	<i>Cálculo de la carga contaminante del río Rumiyacu</i> .....	31
2.3.3	<i>Diseño y construcción de un prototipo a escala del humedal artificial</i> .....	31
2.3.4	<i>Evaluación ambiental del humedal artificial del río Rumiyacu</i> .....	36
2.3.5	<i>Evaluación del material vegetativo, tiempo de retención necesario para lograr un adecuado nivel de remoción de los contaminantes.</i> .....	37
2.3.6	<i>Factores y niveles de estudio</i> .....	38
2.3.7	<i>Tratamientos</i> .....	39
2.3.8	<i>Diseño experimental</i> .....	39
2.3.9	<i>Esquema de análisis de varianza</i> .....	40
2.3.10	<i>Unidad experimental</i> .....	41
2.3.11	<i>Datos a monitorear</i> .....	41
2.3.12	<i>Cálculo de porcentaje de remoción de contaminantes</i> .....	42
2.3.13	<i>Análisis estadístico</i> .....	42
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>42</b>
<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
3.3.1	<i>Evaluar la calidad de agua del río Rumiyacu de la parroquia Taracoa.</i> .....	42
3.3.2	<i>Cálculos de alícuotas, medición de parámetros y análisis en el laboratorio</i> .....	44
3.3.3	<i>Cálculo de la carga contaminante del río Rumiyacu</i> .....	49
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL PROTOTIPO A ESCALA.....		50
3.3.4	<i>Identificación y evaluación ambiental del humedal artificial</i> .....	51

3.3.5	<i>Identificación de actividades susceptibles a causar impacto ambiental.....</i>	52
3.3.6	<i>Identificación de los potenciales impactos ambientales por medio de un check-list.....</i>	52
3.3.7	<i>Etapas de operación y mantenimiento.....</i>	53
3.3.8	<i>Interpretación de los resultados de los análisis.....</i>	53
3.3.9	<i>Evaluación del material vegetativo, tiempo de retención necesario hidráulica.....</i>	57
3.3.10	<i>Comprobación de la eficacia de los pastos, mediante análisis de los indicadores.....</i>	59
3.3.11	<i>Análisis de la varianza: calidad de agua al ingreso del humedal artificial.....</i>	61
3.3.12	<i>Análisis de la varianza: calidad de agua a la salida del humedal artificial.....</i>	62
3.3.13	<i>Porcentaje de remoción de los contaminantes de acuerdo a tipo de gramínea.....</i>	63
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	<b>Impactos ambientales de la sísmica.....</b>	<b>11</b>
-------------------	--	-----------

<b>Tabla 2-1:</b> Efectos ambientales de las plataformas petroleras .....	12
<b>Tabla 1-2:</b> Ubicación geo referencial de los puntos de muestreo (DATUM – WGS 84) .....	24
<b>Tabla 2-2:</b> Valores del factor K de corrección de la velocidad .....	29
<b>Tabla 3-2:</b> Características típicas medios para HSS .....	33
<b>Tabla 4-2:</b> Clasificación y tipificación de impactos ambientales.....	36
<b>Tabla 5-2:</b> Nombres de especies de material vegetativo .....	37
<b>Tabla 6-2:</b> Combinaciones de los niveles .....	38
<b>Tabla 7-2:</b> Tratamientos de experimentación.....	39
<b>Tabla 8-2:</b> Delineamiento experimental.....	40
<b>Tabla 9-2:</b> Análisis de varianza.....	40
<b>Tabla 10-2:</b> Unidades experimentales de la experimentación con humedales.....	41
<b>Tabla 11-2:</b> Parámetros de medición de calidad de agua del río Rumiyacu .....	41
<b>Tabla 1-3:</b> Cálculo del caudal del río Rumiyacu.....	43
<b>Tabla 2-3:</b> Cálculo de alícuotas para análisis en el laboratorio.....	44
<b>Tabla 3-3:</b> Datos de calidad de agua (in situ).....	45
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de laboratorio de calidad de agua.....	48
<b>Tabla 5-3:</b> Carga contaminante del río Rumiyacu .....	49
<b>Tabla 6-3:</b> Resumen de datos iniciales para la construcción del humedal artificial.....	51
<b>Tabla 7-3:</b> Impactos ambientales producidos en la construcción de humedales artificiales a escala.....	52
<b>Tabla 8-3:</b> Resultados de los análisis de calidad de agua en el laboratorio .....	54
<b>Tabla 9-3:</b> Porcentaje de remoción de contaminantes fisicoquímico del agua del río Rumiyacu....	60
<b>Tabla 10-3:</b> Resultados al ingreso del humedal artificial.....	61
<b>Tabla 11-3:</b> Cuadro de análisis de varianza (SC Tipo I) entrada al humedal.....	61
<b>Tabla 12-3:</b> Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=257.76033 (entrada al humedal).....	61
<b>Tabla 13-3:</b> Resultados a la salida del humedal artificial .....	62
<b>Tabla 14-3:</b> Cuadro de análisis de varianza (SC Tipo I) salida del humedal .....	62
<b>Tabla 15-3:</b> Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 163.13826 (salida al humedal) .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Humedal artificial de flujo superficial .....	17
<b>Figura 2-1:</b> Humedales sub-superficiales de flujo horizontal .....	18
<b>Figura 1-2:</b> Puntos de monitoreo del río Rumiyaçu.....	24
<b>Figura 2-2:</b> Evaluación del material vegetativo pastos adaptados a la zona.....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Comportamiento del caudal del río Rumiyaçu .....	43
--	----

<b>Gráfico 2-3:</b> Comportamiento del caudal del río Rumiyaçu (Diagrama Q-Q plot) .....	44
<b>Gráfico 3-3:</b> Cálculo de alícuotas en función del caudal .....	45
<b>Gráfico 4-3:</b> Medición de la calidad de agua del río Rumiyaçu (in situ) _ 1 .....	47
<b>Gráfico 5-3:</b> Medición de la calidad de agua del río Rumiyaçu (in situ) _2 .....	47
<b>Gráfico 6-3:</b> Crecimiento de gramíneas en el humedal artificial .....	59

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-2:</b> Cálculo del caudal del río Rumiyaçu .....	28
--	----

<b>Ecuación 2-2:</b> Medición del área de la sección transversal del río .....	28
<b>Ecuación 3-2:</b> Cálculo del ancho del río .....	29
<b>Ecuación 4-2:</b> Cálculo del caudal del río .....	29
<b>Ecuación 5-2:</b> Cálculo de alícuotas .....	29
<b>Ecuación 6-2:</b> Cálculo de la carga contaminante .....	31
<b>Ecuación 7-2:</b> Determinación del caudal .....	32
<b>Ecuación 8-2:</b> Área superficial de humedal artificial.....	32
<b>Ecuación 9-2:</b> Cálculo de la retención hidráulica .....	33
<b>Ecuación 10-2:</b> Principio de Darcy para flujo en medio poroso .....	33
<b>Ecuación 11-2:</b> Cálculo del ancho del humedal.....	34
<b>Ecuación 12-2:</b> Cálculo del largo del humedal .....	34
<b>Ecuación 13-2:</b> Constante de temperatura en el humedal .....	35
<b>Ecuación 14-2:</b> Área superficial del humedal .....	35
<b>Ecuación 15-2:</b> Tiempo de retención hidráulica .....	36
<b>Ecuación 16-2:</b> Porcentaje de remoción de concentración de contaminante .....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Área de estudio: parroquia Taracoa, cantón Francisco de Orellana  
**Anexo B:** Aspectos biofísicos de la parroquia de Taracoa

**Anexo C:** Fotografías de las fases del proyecto de investigación

**Anexo D:** Resultados de la calidad del agua del río Rumiyacu (Punto 1)

**Anexo E:** Resultados de la calidad del agua del río Rumiyacu (Punto 2)

**Anexo F:** Resultados de la calidad del agua del río Rumiyacu (Punto 3)

**Anexo G:** Diseño arquitectónico - estructural del humedal artificial

**Anexo H:** Vistas e Isometría del diseño arquitectónico del humedal artificial

**Anexo I:** Fotografías de la construcción del humedal a escala

**Anexo J:** Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto alemán)

**Anexo K:** Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto elefante)

**Anexo L:** Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto chileno)

**Anexo M:** Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto arvense)

**Anexo N:** Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto alemán)

**Anexo O:** Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto elefante)

**Anexo P:** Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto chileno)

**Anexo Q:** Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto arvense)

**Anexo R:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (pasto alemán)

**Anexo S:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (pasto elefante)

**Anexo T:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (pasto chileno)

**Anexo U:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (arvense)

**Anexo V:** Análisis de varianzas gramíneas - remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos 28

**Anexo W:** Análisis Multivariable

## RESUMEN

El objetivo fue diseñar y construir un prototipo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos del río Rumiyacu., Parroquia Taraco, cantón Orellana. El diseño de humedales artificiales, adaptados a las características del agua del río Rumiyacu, permitió disminuir y/o eliminar su carga contaminante orgánica e inorgánica presente. Se utilizó la metodología del flotador para medir su caudal promedio que fue de 0,58 m<sup>3</sup>/s, se realizó un muestreo compuesto, del cual se tomó alícuotas (muestra compuesta) para analizar en el laboratorio; con estos datos se diseñó el humedal artificial, se sembró los pastos *Echinochloa polystachya*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum máximum*, se evaluó su crecimiento y por medio de análisis estadístico análisis de varianzas (ADEVA) se clasificó las especies que más remueve los contaminantes, obteniendo los siguientes resultados: el pasto que más remoción de la DQO fue el pasto alemán ( 70.04%) y el arvense (58.59), mientras tanto mayor remoción de la DBO fue el pasto elefante (98.77%), alemán (70.24%) y arvense (5%); pero ningún pasto removió el Níquel, a diferencia de la remoción del hierro, el pasto alemán ( 67.57%), elefante (77.06%), el chileno (90.95%), y el arvense (90.52 %); en cambio la remoción del TPH, el arvense y el pasto alemán removieron el 50% respectivamente, finalmente la remoción de coliformes totales fueron pasto chileno (33.33%), pasto alemán (28.57%), arvense (12.50%), finalmente los coliformes fecales removida su concentración por los pasto chileno (50%), pasto elefante (36.36%), arvense (33.33%) y el pasto alemán (27.27%), por lo tanto se concluye indicando que el tratamiento del agua del río Rumiyacu por medio de humedales artificiales disminuye su carga contaminante en un 44.53% aproximadamente, se recomienda realizar un monitoreo, y una evaluación ambiental integral del río y tributarios.

**Palabras claves:** <BIOTECNOLOGÍA>, <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <CALIDAD DE AGUA>,<HUMEDALES ARTIFICIALES>, <REMOCIÓN, <PASTO ALEMÁN (*Echinochloa polystachya*)>, PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*)>, <PASTO CHILENA (*Panicum máximum*)>

## SUMARY

The objective was to design and build a prototype of artificial wetlands for the treatment of contaminated water with hydrocarbons from the Rumiyaçu River, Parroquia Taracoa, Cantón Francisco de Orellana. The design of artificial wetlands adapted to the water characteristics of the Rumiyaçu River, allowed to reduce and/or eliminate its present organic pollutant load. The float methodology was used to measure its flow rate, which was 0.58 m<sup>3</sup>/s, A composite sample was taken, from which aliquots were taken (composite sample) to be analyzed in the laboratory; with these data the artificial wetland was designed, the pastures *Echinochloa polystachya*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum* were planted, their growth was evaluated and by means of statistical analysis, analysis of variances (ADEVA) the species that removes most the contaminants were classified, obtaining the following results: the grass that more removal of the DQO was the German grass (70.04%) and the arvense (58.59), meanwhile greater removal of the DBO was the elephant grass (98.77%), German (70.24%) and arvense (5%); but no grass removed the Nickel, unlike the removal of iron, the German grass (67.57%), the elephant (77.06), the Chilean (90.95%), and the arvense (90.52%); however the removal of the TPH, the arvense and the German grass removed 50% respectively, finally the removal of total coliforms were Chilean grass (33.33%), German grass (28.57%), Arvense (12.50%), finally the fecal coliforms removed their concentration by the Chilean grass (50%), elephant grass (36.36%), arvense (33.33%) and the German grass (27.27%), therefore it is concluded that the treatment of the river water Rumiyaçu by means of artificial wetlands decreases its pollutant load in a 44.53% approximately, it is recommended to carry out a monitoring, and an integral environmental assessment of the river and tributaries.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <WATER QUALITY>, < ARTIFICIAL WETLANDS >, <REMOVAL>, < GERMAN GRASS (*Echinochloa polystachya*)>,<GERMAN PASTE (*Pennisetum purpureum*)>, <ELEPHANT PASTE (*Panicum*) maximum)>

## INTRODUCCIÓN

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), representa el 48.4% del territorio ecuatoriano (Virginio, Villanueva, Astorga, Caicedo, & Paredes, 2014), cuenta con una variedad de pisos ecológicos, frágiles ecosistemas, reservas de hidrocarburos y cuerpos hídricos navegables muy importantes para el desarrollo económico del país, donde el ser humano ha aprendido y a generando un conocimiento del uso de sus recursos naturales (Ruiz, 2000). Sin embargo a partir de década de los años setenta, el estado ecuatoriano explora, descubre y explota hidrocarburos (petróleo) convirtiéndose en el primer ingreso económico del país. Debido a inadecuadas técnicas de extracción de este recurso natural, los ecosistemas (tierra, agua, aire) han sufrido contaminación (Becerra, 2013).

De continuar esta exploración y explotación petrolera desmesurada, e inadecuada incumpliendo en cierta manera la normativa ambiental nacional e internacional, la RAE podría seguirse contaminando por distinta naturaleza como la química, sonora y lumínica afectando a la biodiversidad, al ambiente, como también a la población aledaña y que hacen de los ríos sitios de recreación y ecoturismo, como sustento económico.

La metodología que se utilizó en esta investigación es los estándar métodos, en la medición del caudal, se hizo a través del método del flotador, utilizando los valores promedio del caudal en ( $m^3/s$ ), se tomaron muestras compuestas en función del caudal promedio, caudal inicial, el número de muestras y el volumen que requiere el laboratorio para analizar la calidad del agua (físico químico y microbiológico), con éstos resultados, se dimensionó el humedal artificial, bajo las recomendaciones de (Lara, 1999), tomando en cuenta el caudal de entrada y salida, el material vegetativo (pastos) que se han adaptado en la zona y que sirve de forraje para el ganado, se evaluaron el crecimiento de estas gramíneas, como también se tomaron muestras de agua al ingreso de cada ensayo, y se analizaron los datos estadísticamente, se analizaron las varianzas (ANOVA). Con los resultados se comprobó la hipótesis planteada “el dimensionamiento y funcionamiento de un humedal artificial está relacionado positivamente con el caudal, y éste con el grado de remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos que tiene el agua del río Rumiyacu”.

## JUSTIFICACIÓN

La (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR , 2008), en el Art. 14. Sección segunda, menciona que: *Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, SumakKawsay.*

Para cumplir este mandato constitucional y satisfacer las necesidades de la población de la parroquia de Taracoa, como de otras comunidades que dependen directa o indirectamente de las aguas del río Rumiyacu, se realizó un monitoreo integral del río Rumiyacu, para conocer su calidad de agua (físico, químico y microbiológico), en los actuales momentos, para ello se utilizó el método estándar APHA, se tomaron muestras en relación al caudal del cuerpo hídrico y se analizaron éstas tanto in situ como ex situ respectivamente.

Se realizó este estudio con la finalidad de determinar, el grado de incidencia que tiene las explotaciones petrolera que se vienen desarrollando en el sector por décadas, sabiendo que estudios anteriores como las que hace mención (Bravo, 2007), como también la percepción de los pobladores indicando que la calidad del agua se ha deteriorado e incluso la gente hacia del río un sustento de alimentación como era la pesca y hoy en día, esa actividad no lo realizan debido a la escases de estos animales acuáticos.

Con los resultados encontrados se vio la necesidad de dar solución a este problema ambiental y social, construyendo un humedal artificial a escala, utilizando gramíneas mejoradas adaptadas al sector ganadero, como también evaluar el comportamiento de arvenses (plantas que crece en el sector), esto con la intención de evaluar la resiliencia que tiene éste humedal en la desconcentración de la carga contaminante que soporta el río Rumiyacu, y de uno u otra manera minimizar los pasivos ambientales que ha venido soportando esta microcuenca.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Diseñar y construir un prototipo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos del río Rumiayacu.

### **ESPECÍFICOS**

- Evaluar la calidad de agua del río Rumiayacu de la parroquia Taracoa, a través de monitoreos compuestos.
- Diseñar y construir un prototipo a escala del humedal artificial.
- Evaluar el material vegetativo, tiempo de retención necesario para lograr un adecuado nivel de remoción de los contaminantes.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 El agua en la naturaleza

El agua cubre las tres cuartas partes de la superficie de la tierra, según (Dickson, 2009) sustenta que se formó hace millones de años, mediante la erosión y la acción glacial, a más de ello, el agua es la única sustancia que se la encuentra en los estados: sólido, líquido y gaseoso, la importancia que tiene el agua, es que todas las formas de vida que hay en el planeta depende en mayor o menor grado de éste recurso natural (el agua); su calidad y cantidad tiene efectos significativos para la sustentabilidad de la vida (Mackenzie & Masten, 2008, pág. 200), además a este recurso natural se le considera como un disolvente de muchas sustancias iónicas (Burns & Hill, 2009).

Dentro de las características físico químicas del agua, se sabe que es un líquido incoloro, inodoro e insípido, tiene una presión normal de (760 mm Hg), su punto de congelación es de 0°C y a 100 °C su punto de ebullición(Dickson, 2009). El ciclo hidrológico se puntualiza como el movimiento y conservación del agua en la tierra, sobre la superficie de la tierra, representada el agua dulce en los ríos, lagos y el agua salada que se encuentra en los mares, también se encuentra en atrapada en las rocas por debajo del manto freático. El agua se transfiera a la atmósfera por efectos de la evaporación y transpiración, de éstos dos procesos se deriva un tercer proceso llamado evapotranspiración, así lo específica (Mackenzie & Masten, 2008).

La calidad del agua se ha venido deteriorando de manera acelerada debido a la industrialización que en las últimas décadas ha tenido el hombre (revolución verde), producto de este desarrollo consumista, capitalista, han utilizado este recurso agua en grandes cantidades para sus procesos de producción, los mismos que son regresados a la naturaleza contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos. Según (Mackenzie & Masten, 2008)se puede agrupar o clasificar en dos grupos las fuentes de contaminación del agua: puntuales representadas por las descargas domésticas y los desechos industriales y las fuentes no puntuales a los escurrimientos urbanos y agrícolas. Según la (OMS, 1966)la contaminación es más intensa donde hay mayor densidad de población y un elevado grado de industrialización.

El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes, el color del agua se debe a la presencia de minerales como el hierro, manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de la industria (Contreras, Contreras , Corti, De Sousa, Durán , & Escalante , 2008).

## **1.2 Fuentes de agua**

Existen dos fuentes de abastecimiento de agua para satisfacer las necesidades de los seres vivos y se llaman aguas subterráneas y agua superficial, que se detalla a continuación:

### ***1.1.1 Aguas subterráneas***

Según la manifestación de (Mackenzie & Masten, 2008, pág. 218), el agua subterránea abarca el 25.7% del total de agua dulce, y el 98.4% del agua no congelada en el planeta tierra. Se considera que este recurso hídrico subterráneo será como una garantía de abastecimiento para la población actual y futura de forma asequible y seguro. Mientras tanto (Bellino, 2012, pág. 300) considera un recurso renovable siempre y cuando se gestione adecuadamente, este recurso cubrirá las demandas crecientes de la población y en cierta medida ayudará a mitigar los efectos del calentamiento global que soporta la tierra.

Se considera que el agua subterránea es renovable, la tasa con que se repone, es más lenta con la que la extraen (Mackenzie & Masten, 2008, pág. 218). El espesor donde se encuentran situados los mantos acuíferos va desde algunos hasta cientos de metros, o quizá de muchos kilómetros cuadrados (Dickson, 2009, pág. 219). Es lento el movimiento del agua subterránea se calcula su desplazamiento por lo general en (m/año). Se considera que en sitios donde hay una elevada precipitación fluvial, como es el caso de la RAE, los acuíferos se recargan con las lluvias; sin embargo donde existe escasa precipitación fluvial, los acuíferos se recargan con la nieve derretida de las montañas.

### ***1.1.2 Tipos de aguas subterráneas y humedales relacionados con aguas subterráneas***

Según (RAMSAR, 2010, pág. 180), indica que la principal característica que tienen las aguas subterráneas, son la que están alojadas en rocas permeables como la piedra caliza, y en sedimentos (arena y grava).

La extracción y el aprovechamiento de esta agua se lo hacen a través de pozos, la velocidad, con que se moviliza esta agua a través del suelo para llegar al pozo varía desde 1 m/día, hasta 1 m/año (Glynn & Heinke, 1999, pág. 393). Los movimientos del agua en rocas y sedimentos pueden variar en muchos órdenes de magnitud, y pueden distinguirse tres tipos generales.

1. Los que tienen poros huecos o fisuras amplios: son los llamados acuíferos entre los que figuran el yeso, la caliza, la arenisca y la grava;
2. Los que contienen pequeñas cantidades de agua permiten que esta pase a través de ellos lentamente: son los llamados acuitardos y comprenden por ejemplo, el mudstone grueso;
3. Los que contienen muy poca agua y detienen el movimiento de las aguas subterráneas: son los llamados acuicludos y comprende la arcilla y el granito fracturado.

Según (Glynn & Heinke, 1999, pág. 394), las aguas subterráneas no son tan susceptibles a contaminarse, como las aguas superficiales; y si se contaminan si es posible depurarlas, aunque éste tratamiento sea complicado (difícil) y de largo plazo; por eso es importante ubicar e impermeabilizar los pozos sépticos, para no contaminar el agua subterránea; el escurrimiento del agua de lluvia por zonas industriales, representan un peligro al unirse con el agua subterránea, ya que alteraría la calidad del agua subterránea local.

### ***1.1.3 Vínculos funcionales entre aguas subterráneas y humedales***

El movimiento de agua entre acuíferos y humedales puede expresarse como una de estas dos funciones hidrológicas principales, dependiendo de la dirección del movimiento del agua. La corriente ascendente de agua del acuífero al humedal se denomina descarga de aguas freáticas, y la descarga se produce cuando el nivel de las aguas subterráneas (o la punta piezométrica) se encuentra por encima del nivel del agua del humedal. La recarga tiene lugar cuando el nivel del agua del humedal está por encima del de las aguas subterráneas. Los vínculos funcionales entre aguas subterráneas y humedales dependen, pues, de la geología (es decir, de la presencia de un acuicludo o un acuitardo) y de los niveles relativos del agua en el humedal y en el acuífero (RAMSAR, 2010).

Los niveles de las aguas subterráneas varían naturalmente con el tiempo, en función de las precipitaciones anteriormente habidas. Además, el manejo del nivel del agua, en el humedal o en el

acuífero, por ejemplo mediante la extracción, puede alterar el nivel relativo de las aguas. En muchos humedales, el nivel del agua depende de una combinación de precipitaciones directas, escorrentía y descarga/recarga de aguas subterráneas.

A menudo las aguas subterráneas adquieren mayor importancia en la estación seca y pueden llegar a ser la única fuente de suministro de agua para el humedal. De modo que incluso pequeñas aportaciones de aguas subterráneas pueden resultar vitales para el mantenimiento de las características ecológicas del humedal.

#### ***1.1.4 Calidad de agua superficial***

El agua superficial comprende: agua de lluvia, escorrentías, caudal freático que aflora la cual se refiere a manantiales superficiales o fuentes de agua, se puede tener en cuenta que tanto las entradas como las salidas pueden contribuir con la aparición de distintos compuestos que refleja en la calidad del agua (González & Velásquez, 2013).

Un factor importante en referencia la calidad del agua y lo que afecta la misma es la actividad humana o las acciones de los seres humanos que pueden ya sea aumentar la concentración de agentes existentes o bien adherir nuevos agentes al agua superficial, por lo que resulta muy importante reconocer la calidad en base a concentraciones de agentes presentes en estas aguas y por medio de esto lograr medir el impacto que tiene la actividad específica que se realice en diferentes ámbitos sobre esta calidad.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el verdadero habitual en el que arrojamamos los residuos producidos por nuestras actividades agrícolas, ganaderas, industriales, entre otras; entre los contaminantes que arrojamamos están los pesticidas, desechos químicos metales pesados, residuos radioactivos, entre otros. Éstos contaminantes se encuentran en distintas cantidades y concentraciones, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud del ser humano y dañinas para la vida en general (Echarri, 2007).

#### ***1.1.5 Alteraciones físicas del agua***

Entre las alteraciones físicas del agua tenemos:

- **Color:** El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos, debido principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.
- **Olor y sabor:** Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materia orgánica en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.
- **Temperatura:** El aumento de la temperatura disminuye la solubilidad de los gases (oxígeno) y aumenta en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.
- **Materiales en suspensión:** Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no llegan a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que solo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidales solo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas).
- **Radiactividad:** Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debido sobre todo a isótopos del potasio (K). algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radioactivos.
- **Conductividad:** El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones de disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C.

### *1.1.6 Alteraciones químicas del agua*

Dentro de las alteraciones químicas del agua, que se da en la naturaleza son las siguientes:

- **Potencial de hidrógeno (pH):** Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de

algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.

- **Oxígeno disuelto (OD):** Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
- **Materia orgánica biodegradable:** Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>); la DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad de agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comparando cuál está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.
- **Materiales oxidables:** Demanda Química de Oxígeno (DQO); Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.
- **Nitrógeno total:** varios componentes de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el nitrógeno total Kendahl (NTK) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido de nitratos y nitritos se da por separado.
- **Fósforo total:** El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que determinan por análisis químico.
- **Aniones:** Indica salinidad;
- **Cloruros:** Indican contaminación agrícola;
- **Nitratos:** Indica actividad bacteriológica;

- **Nitritos:** Indican detergentes y fertilizantes;
- **Fosfatos:** Indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras);
- **Sulfuros:** Indican contaminación industrial.
- **Cationes:** Sodio, calcio y magnesio, amonio y metales pesados: Indican salinidad; están relacionados con la dureza del agua, contaminación con fertilizantes y heces de efectos muy nocivos, se acumulan en la cadena trófica.
- **Compuestos orgánicos:** Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, entre otros) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de la contaminación industrial y cuando reacciona con el cloro que se añade como desinfectante forma clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.

#### *1.1.7 Alteraciones biológicas del agua*

La contaminación biológica del agua, se da principalmente por hongos, bacterias y virus, que pueden provocar algas, enfermedades y la proliferación de otras plantas acuáticas, como a continuación se detalla:

- **Bacteriascoliformes:** Al encontrar éstos elementos en el agua nos indican que hay desechos fecales.
- **Virus:** Tienen la presencia de desechos fecales y restos orgánicos
- **Animales, plantas, microorganismos diversos:** la presencia de estos elementos que sobrepasan con límites permisibles en el agua; nos indica que existe una eutrofización.

#### *1.1.8 Los impactos de la actividad petrolera*

La actividad petrolera es una de las industrias que más impactos ambientales y en la biodiversidad genera a nivel local y global. En las distintas fases de explotación petrolera y las prácticas operacionales produce una destrucción de la biodiversidad y del ambiente en general (Bravo, 2007).

En los actuales momentos se cree que los impactos directos de la extracción petrolera pueden ser controlados con tecnología, y sólo permanece mientras dura el proyecto. Estudios sobre el destino ambiental del petróleo demuestran que aunque la toxicidad del crudo disminuye con la degradación (biológica o física), esta sigue siendo una fuente de contaminación y de toxicidad para los organismos presentes en un ecosistema por largo tiempo (Di Toro, 2007).

Una de las actividades que tiene la explotación del hidrocarburo es la prospección sísmica, este es un proceso geofísico que consiste en crear temblores artificiales de tierra, con el uso de explosivos que causan ondas con las que se hace una ecografía del subsuelo, donde aparecen las diversas estructuras existentes, incluyendo la estructura que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos.

**Tabla 1-1:** Impactos ambientales de la sísmica

ACTIVIDADES	IMPACTOS
Apertura de trocha y topografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a la vegetación, esta está en función a la cobertura vegetal;</li> <li>• Creación de nuevas vías de acceso;</li> <li>• Captación de aguas y manejo de residuos de los campamentos.</li> </ul>
Perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del agua por deficiente manejo de los residuos de perforación;</li> <li>• Eventual contaminación del suelo con hidrocarburos;</li> <li>• Generación de procesos erosivos o deslizamientos, por cargas superficiales;</li> <li>• Afectación a acuíferos y canales de agua subterránea.</li> </ul>
Carga y tapada de pozos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de procesos erosivos o deslizamientos por cargas superficiales;</li> <li>• Residuos sólidos en las zonas de carga</li> </ul>
Tendido de cable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay efectos negativos de importancia</li> </ul>
Colocación de geófonos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación de procesos erosivos por falta de restauración</li> </ul>
Detonación y registro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactación del suelo</li> <li>• Generación de ruido y movimiento de suelos</li> <li>• Afectación de acuíferos</li> </ul>

**Fuente:**(Castaño & Harmán, 2013).

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

La perforación es otro de los impactos que produce la explotación petrolera; lo que genera de desechos contaminantes como los cortes de perforación que son compuestos de una mezcla homogénea de rocas, cuya composición depende de la astrología local, que pueden estar presentes como los metales pesados, sustancias radioactivas u otros elementos contaminantes. Mientras tanto los lodos de perforación, que pueden ser en base de aceite o agua, éstos contienen una gran cantidad de aditivos químicos que se bombea al pozo productor para actuar como lubricante y refrigerante a la broca o como herramienta, para levantar la roca cortada por la broca (Bravo, 2007). El fluido base agua

(±90%) es considerado ambientalmente amigable, cuyo uso es generalmente en las primeras secciones de los pozos de perforación, el cual surgió por la necesidad de utilizar un fluido económico; sin embargo, presenta baja efectividad a altas temperaturas, en suelos inestables, en presencia de ángulos agudos de perforación y en suelos salinos (Rivero, Mayz, & Sánchez, 2011).

Mientras tanto las plataformas producen un impacto físico de importancia, pues pueden afectar el comportamiento de la vida silvestre, sobre todo cuando esta infraestructura es instalada en el sitio de apareamiento, desove, alimentación y rutas de emigración de algunas especies.

**Tabla 2-1:** Efectos ambientales de las plataformas petroleras

Efectos ambientales de la instalación y funcionamiento de las plataformas	Deforestación y pérdida de la biodiversidad, erosión del suelo.
	Interrupción de los flujos del agua, provocando erosión del suelo
	Uso de recursos naturales (flora y fauna)
	Generación de residuos contenidos provenientes de los cortes y lodos de perforación

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

**Fuente:**(Bravo, 2007)

### ***1.1.9 Impactos ambientales del petróleo***

La forma en que el petróleo derramado afecta a la fauna es variada y compleja. Existe una amplia gama de respuestas de los organismos marinos ante el petróleo, esto debido a la gran diversidad de los mismos. La mortalidad puede presentarse por intoxicación crónica (GREENPEACE, 2012). El petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos, crudo o refinado, daña los ecosistemas marinos produciendo uno de los siguientes efectos:

- Muerte de los organismos por asfixia;
- Destrucción de los organismos jóvenes o recién nacidos;
- Disminución de la resistencia o aumento de las infecciones en las especies, especialmente aves, por absorción de ciertas cantidades sub-letales de petróleo;
- Efectos negativos sobre la reproducción y propagación de la fauna y flora marina;
- Destrucción de las fuentes alimenticias de las especies superiores;
- Incorporación de carcinógenos en la cadena alimenticia.

### ***1.1.10 Efectos fóticos de la contaminación del petróleo***

Entre los efectos por la contaminación por derrames de petróleo en el agua está la falta o disminución de la luz en el cuerpo hídrico a causa de las manchas del petróleo imposibilita o reduce el área donde es posible la fotosíntesis y, por tanto el desarrollo de las plantas, el 80% de la actividad fotosintética y de la adsorción de energía solar se produce en los primeros 10 centímetros en ríos con un nivel bajo, y unos diez primeros metros de la superficie marina.

La falta o disminución de las plantas fotosintéticas reduce el aporte de oxígeno y alimento del ecosistema, la pérdida de extensión en la distribución de algas y otras plantas acuáticas limita las zonas que proporcionan cobijo a miles de especies marinas, estos lugares son utilizados por larvas de los peces mientras son adultos (GREENPEACE, 2012).

El fitoplancton es a su vez el alimento del zooplancton, que además de microorganismos está formado por larvas de peces, moluscos, crustáceos, etc., por tanto la falta de plancton, el zooplancton se muere y con él se interrumpen el crecimiento de un importante número de especies, al tiempo que se deja sin alimento a un gran número de animales marinos (Muñoz, 2013).

#### ***1.1.11 Efectos tóxicos de la contaminación del petróleo***

De todos los efectos tóxicos que produce el petróleo derramado en el ecosistema podemos mencionar los más importantes según lo menciona (GREENPEACE, 2012):

- Las aves que quedan impregnadas de petróleo pierden o ven reducida su capacidad de aislarse del agua pudiendo morir por hipotermia. Al intentar limpiarse el plumaje con el pico ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por lo que se envenenan;
- Muerte de los organismos por envenenamiento, sea por absorción, o por contacto;
- Muerte por exposición a los componentes tóxicos del petróleo solubles en agua;
- Tras desaparecer el petróleo de la superficie, el agua presenta una falsa apariencia “limpia” dado que queda cristalina por la muerte del fitoplancton y fauna marina que “enturbia” el agua;
- Los mamíferos marinos pueden sufrir el taponamiento de sus vías respiratorias o daños en el tracto respiratorio y su mucosa por efecto de los contaminantes químicos. También ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por alimentarse de animales contaminados;
- Los quimiorreceptores de muchas especies marinas detectan el petróleo en el agua y les hacen variar sus migraciones y movimientos con los que determinadas especies desaparecen o no se acercan al lugar;

- El petróleo se deposita sobre los fondos marinos o provocando efectos sub-letales sobre miles de animales y plantas vitales para el ecosistema:
- Las algas de los fondos y las orillas quedan cubiertos por una fina película aceitosa que dificulta la fotosíntesis y la reproducción:
- Los efectos sub-letales sobre los animales marinos pueden abarcar deformaciones, pérdida de fertilidad, reducción del nivel de eclosión de huevos, alteraciones en sus comportamientos y gran cantidad de defectos derivados de la toxicidad del vertido;
- Los mejillones y otros moluscos que se adhieren a rocas u objetos pierden su capacidad de adhesión y caen al fondo, perdiendo su capacidad de alimentarse.

## **1.2. Depuración y reutilización de aguas contaminadas**

El agua de calidad para satisfacer las necesidades humanas es un recurso cada más escaso, la existencia de vertidos líquidos urbanos e industriales, con poca o nula depuración, que alcanzan cursos superficiales de agua y acuíferos, junto a depósitos de residuos sólidos urbanos o industriales no controlados y las aportaciones, poco racionales a veces, de fertilizantes y fitosanitarios en agricultura, provocan una contaminación artificial de las aguas que agravan significativamente su carencia con una importante pérdida de calidad (CAJAMAR, 2009).

### ***1.2.3 Sistema de depuración natural con humedales artificiales***

Las técnicas de depuración con humedales artificiales se basan en la depuración de aguas negras, o residuales mediante ecosistemas nacidos a partir de plantaciones de especies de ribera halófilos en zonas saturadas de agua. Estos ecosistemas naturales tienen asociadas las bacterias responsables de la descomposición de la materia orgánica presentes en los ecosistemas biológicos de depuración artificial. El agua saliente del proceso puede ser vertida al río o reutilizada como agua gris para riego y limpieza (AQUANEA, 2010).

Los humedales artificiales son sistemas de Fito depuración de aguas residuales. Para conseguir esta técnica, consiste en el desarrollo de un cultivo de micrófitos enraizadas en un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrofitas hace posible una serie y complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade , 2010). Por lo general un tratamiento de aguas residuales se lo realiza mediante sistemas que constan de tres partes principales: recogida, tratamiento

y evacuación. Los humedales construidos se han utilizado para tratar algunos tipos de aguas contaminadas como:

- Aguas domésticas y urbanas;
- Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías, mataderos, entre otros más;
- Aguas de drenaje de extracciones mineras;
- Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana;
- Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante disposición superficial en humedales de flujo sub-superficial donde se deshidratan y mineralizan.

El número y tipo de tratamiento dependen de las características del agua contaminada y de su destino final. Estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxida el amonio, reduce los nitratos y removiendo el fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación y de su destino final.

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas absorción, reacciones químicas y volatilización (Stearman, 2003). El funcionamiento de los humedales artificiales, se fundamenta en tres principios básicos:

1. La actividad bioquímica de microorganismos;
2. El aporte del oxígeno a través de los vegetales durante el día, y él;
3. Apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante.

En conjunto estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual, y biodegradan la materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade , 2010).

#### ***1.2.4 Clasificación de los humedales artificiales***

Los humedales artificiales son clasificados según el tipo de macrofitas que empleen en su funcionamiento: macrofitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrofitas flotantes libres: Tomando en cuenta lo expuesto anterior los humedales artificiales se puede clasificar en:

- **Sistemas de tratamientos basados en macrofitas de hoja flotante:** principalmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. El Jacinto de agua (*Eichhorniacrassipes*) y la lenteja de agua (*Lemmnasp.*) son las especies más utilizadas para este sistema.
- **Sistemas de tratamiento basados en macrofitas sumergidas:** comprenden algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas. Se encuentra en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares solo viven hasta los 10 metros de profundidad aproximadamente, los órganos reproductores aéreos.
- **Sistema de tratamiento basado en macrofitas enraizadas emergentes:** en suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos. Los humedales basados en macrofitas enraizadas emergentes pueden ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee:
  - **Humedales de flujo superficial,** si el agua circula en forma superficial por entre los tallos de las macrofitas;
  - **Humedales de flujo sub-superficial,** si el agua circula por debajo de la superficie del estrato del humedal.

#### ***1.2.5 Humedales artificiales de flujo superficial***

Los sistemas de flujo superficial (conocidos en inglés como surfaceflowconstructedwetlands o free watersurfaceconstructedwetlands) son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0,6 m) y tienen plantas. En términos de paisaje, este sistema es bastante recomendable por su capacidad de albergar distintas especies de peces, anfibios, aves, etc.; pueden construirse en lugares turísticos y en sitios de estudio de diferentes disciplinas por las complejas interacciones biológicas que se generan y establecen. Los sistemas de flujo libre se componen de bases o canales paralelos sobre un suelo impermeable, vegetación emergente y niveles de agua con poca profundidad (0,6

metros) como máximo; el tratamiento se produce durante el flujo de agua a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente. Además, suponen una zona de creación de hábitats de fauna y flora (AQUANEA, 2010).

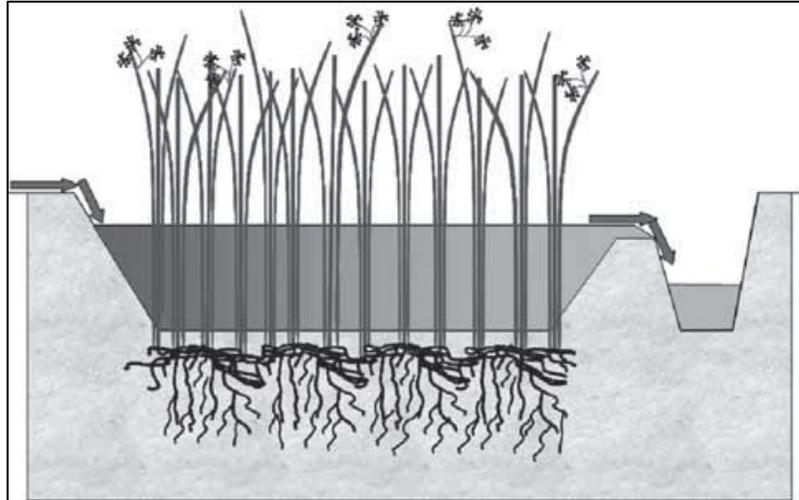


Figura 1-1 Humedal artificial de flujo superficial  
Fuente: (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade , 2010)

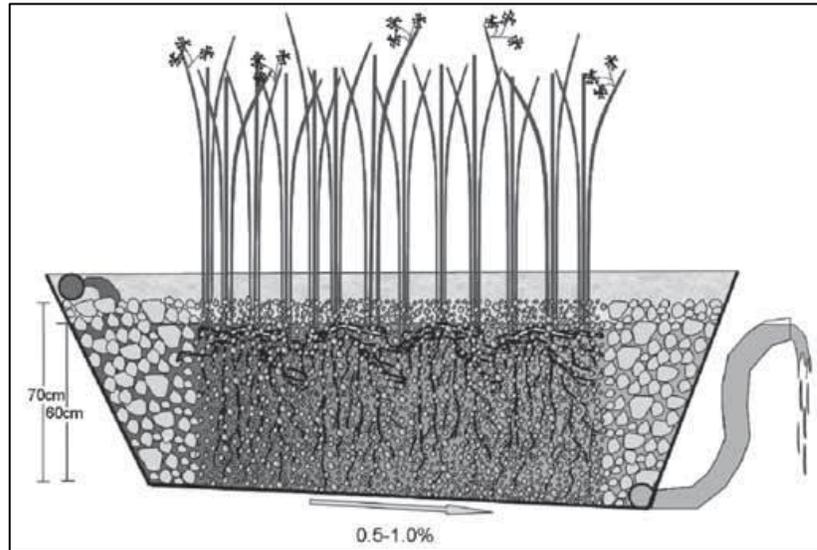
### 1.2.6 Humedales de flujo sub-superficial

Los sistemas de flujo sub-superficial, conocidos en inglés como (*subsurfaceflowconstructedwetlands*) se caracteriza porque la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0,6 metros. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de la planta. Los humedales de flujo sub-superficial pueden ser de dos tipos: (a) en función de la forma de aplicación del agua al sistema: humedal de flujo sub-superficial horizontal y (b) humedales de flujo sub-superficial vertical (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade , 2010).

Los sistemas de flujo sub superficial consiste en canales o zanjas rellenas de material granular, generalmente grava, donde el nivel de agua se mantiene por debajo de la superficie granular (AQUANEA, 2010).

El sistema, al ser cerrado, tiene altas tasas de reacción (creación de microorganismos) y por lo tanto no necesita tanta superficie como los sistemas de flujo libre. Así mismo, al ser un flujo sub-superficial

se evita la presencia de mosquitos y se gana en protección térmica. Es fundamental que el agua residual que ingresa al sistema se mantenga en un nivel inferior a la superficie (5 – 10 cm); lo cual se logra regulando el nivel del dispositivo de salida en función al requerimiento (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade , 2010).



**Figura 2-1:** Humedales sub-superficiales de flujo horizontal  
Fuente: (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade , 2010)

### **Marco legal: normativa**

La normativa jurídica del Estado Ecuatoriano en materia ambiental es extensa y en permanente proceso de evolución conceptual, desde la máxima norma jurídica del Estado, esto es la Constitución Política del Estado, en los últimos años se han emitido e incorporado a la Legislación Nacional una serie de nuevas disposiciones como la Ley de Gestión Ambiental, la Ley Reformatoria al Código Penal (que incluyó el gráfico de los delitos ambientales), y un proceso de actualización general de las normas que reglamentan a varias normas jurídicas y actualizan los procesos jurídico-ambientales a cargo de la Autoridad Ambiental Nacional que se encuentra en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Para efectos del presente trabajo es necesario entender la interacción que mantienen dos términos de derecho para la interpretación normativa nacional: la jurisdicción y la competencia. Se debe entender como jurisdicción al ámbito territorial en el cual se aplica una norma jurídica, así como el ámbito

territorial en el que una autoridad ejecuta actos relacionados con la materia o competencia a ellos asignados. La competencia es en cambio, la materia sobre la cual versa una norma jurídica, así como la materia sobre la cual una autoridad mantiene potestad.

### ***1.2.7 Normativa ambiental aplicable***

Dentro de la normativa ambiental aplicable en el territorio ecuatoriano tenemos:

- Constitución de la república del Ecuador;
- Convenios internacionales asumidos por la república del Ecuador;
- Ley de gestión ambiental;
- Ley de prevención y control de la contaminación ambiental;
- Ley forestal y la conservación de áreas naturales y vida silvestre;
- Ley de aguas;
- Código integral penal;
- Código orgánico de organización territorial autónoma y descentralizado;
- Texto unificado de legislación ambiental secundaria;
- Reglamento de aplicación de la ley de aguas;

### ***1.2.8 Norma específica aplicable***

Dentro de la norma específica aplicable en el territorio ecuatoriano tenemos:

### ***1.2.9 Reglamento ambiental de actividades hidrocarburíferas***

Este reglamento está bajo el Decreto Ejecutivo 1215, del registro oficial 265 del 13 de febrero de 2001. Donde estipula que en conformidad con lo establecido en el Art. 1 de la Constitución Política de la República del Ecuador es un Estado soberano, independiente, democrático, unitario, descentralizado, pluricultural y multiétnico.

Que el Art. 86 de la Carta Magna, dispone que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable, por lo que declara de interés público y que se regulará conforme a la Ley de preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país,

así como la prevención de la contaminación ambiental, la explotación sustentable de los recursos naturales y los requisitos que deban cumplirlas actividades públicas y privadas que puedan afectar al medio ambiente.

Que la ley de Hidrocarburos, en su Art. 31, literales s) y t), obliga a PETROECUADOR, sus contratistas o asociados en exploración y explotación de hidrocarburos, refinación, transporte y comercialización, a ejecutar sus labores sin afectar negativamente a la organización económica y social de la población asentada en su área de acción, ni a los recursos naturales renovables y no renovables locales; así como conducir las operaciones petroleras de acuerdo a las leyes y reglamentos de protección del medio ambiente y de seguridad del país.

Dentro de las operaciones que tiene la actividad petrolera esta las descargas, ya sean éstas líquidas, sólidas o gaseosas y para poder controlar éstos desechos se establecen los límites permisibles que está dentro del capítulo XII de este reglamento, donde encontramos los siguientes artículos:

Art. 86.- Parámetros.- Los sujetos de control y sus operadoras y afines en la ejecución de sus operaciones, para descargas líquidas, emisiones a la atmósfera y disposición de los desechos sólidos en el ambiente, cumplirán con los límites permisibles que constan en los Anexos No. 1, 2 y 3 de este Reglamento, los cuales constituyen el programa mínimo para el monitoreo ambiental interno y se reportarán a la Subsecretaría de Protección Ambiental conforme a la periodicidad establecida en el artículo 12 de este Reglamento.

En caso de exceder un límite permisible establecido en los anexos, se debe reportar inmediatamente a la Subsecretaría de Protección Ambiental y justificar las acciones correctivas tomadas.

- a. Anexo 1: Parámetros técnicos
- b. Tabla No. 1: Límites máximos permisibles de ruido.
- c. Tabla No. 2: Distancias mínimas permitidas para puntos de disparo, explosivos o no explosivos.
- d. Anexo 2: Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental rutinario y control ambiental.
- e. Tabla No. 3: Valores máximos referenciales para emisiones a la atmósfera.
- f. Tabla No. 4: Límites permisibles para aguas descargas líquidas en la explotación, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados.
- g. Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

- h. Límites permisibles en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).
- Tabla No. 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.
- i. Tabla No. 6: Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.
  - j. Tabla No. 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripsos de perforación en superficie.
  - k. Tabla No. 8: Clasificación de desechos procedentes de todas las fases de explotación, producción, transporte, almacenamiento, industrialización y comercialización de la industria hidrocarburífera.
  - l. c) Anexo 3: Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo y control ambiental profundizado
  - m. Parámetros a determinarse en la caracterización de aguas superficiales en Estudios de
  - n. Línea Base - Diagnóstico Ambiental.

Dentro de lo que establece el Capítulo XIII a la vigilancia y monitoreo ambiental menciona en los:

Art. 88 Mecanismos de vigilancia y monitoreo ambiental.- Con la finalidad de vigilar que en el desarrollo de las actividades hidrocarburífera no se afecte al equilibrio ecológico y a la organización económica, social y cultural de las poblaciones, comunidades campesinas e indígenas asentadas en las zonas de influencia directa de tales actividades, la Subsecretaría de Protección Ambiental definirá y coordinará los mecanismos de participación ciudadana en la vigilancia y el monitoreo de las actividades hidrocarburífera.

Art. 89: Espacios para la comunidad en el control y seguimiento.- En el trabajo de campo de control y seguimiento ambiental a las operaciones hidrocarburífera que efectúa la Dirección Nacional de Protección Ambiental, se proveerán espacios de vigilancia ciudadana a través de delegados de la comunidad que aportarán con sus observaciones y recomendaciones en muestreos y reuniones, las cuales serán evaluados y considerados por la Dirección Nacional de Protección Ambiental para el desarrollo técnico del control y seguimiento.

### ***1.2.10 Codificación de la ley de aguas***

Publicada en el Registro Oficial N° 339, de 20 de mayo de 2004. La Ley de Aguas es la norma específica en el país respecto al manejo de este recurso natural, contemplando disposiciones relacionadas con la prelación de uso del recurso (agua potable, abrevadero, riego, turismo y demás usos); así como la prohibición de contaminación de aguas y el requerimiento previo con que debe

contar un proyecto para mediante concesión obtener el “derecho de aprovechamiento de aguas” (Arts. 5, 20 y 22).

### ***1.2.11 Código integral penal***

Publicado en el Suplemento del Registro Oficial N° 147, de 22 de N° 02, de 25 de enero de 2000. Ley Reformatoria al Código Penal (Ley 99-49) enero de 1971; y, su Ley Reformatoria N° 49, publicada en el Registro Oficial. El Código Penal Ecuatoriano mantiene una determinación de varios tipos y acciones antijurídicas que constituirían delitos de carácter penal ambiental en caso de ser inobservados, que extienden las responsabilidades a la operadora, sus funcionarios, así como a las compañías contratistas y subcontratistas del mismo, por lo que estas disposiciones se deben tener en consideración para la adecuada ejecución de proyectos de desarrollo.

### ***1.2.12 Texto unificado de legislación ambiental secundaria***

(TULAS, 2003). Del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516, publicado en el Registro Oficial N° E 2, de 31 de marzo de 2003. De este cuerpo legal conformado por libros, títulos y capítulos; se ha seleccionado el Libro VI: De la Calidad Ambiental por ser el que compete al presente tema en cuestión, además porque contempla en su Título IV: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

En el Título I: Del Sistema Único de Manejo Ambiental, se establece la obligatoriedad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental a las autoridades de control ambiental. En el Art. 19 se establece al Seguimiento Ambiental (que comprende: Monitoreo Interno, Control Ambiental, Auditoría Ambiental y Vigilancia Comunitaria); como la principal herramienta de la gestión ambiental para asegurar el cumplimiento de los planes de manejo, y la toma de acciones preventivas/correctivas en las actividades de un proyecto. En el Art. 27, se establece la suspensión de la Licencia Ambiental de un proyecto cuando se compruebe a través de actividades de control, seguimiento y/o auditoría, el incumplimiento de los planes de manejo y/o normativa ambiental vigente. El control del cumplimiento de las normas de calidad ambiental deberá ser verificado por la entidad ambiental de control mediante el monitoreo ambiental, según lo establece el Art. 118; así como deberá existir un permiso para descarga, emisión y vertido, solicitado por el sujeto de control según el Art. 92. El cumplimiento de las normas de emisión y descarga es responsabilidad del sujeto de control, así como el reporte de estas mediciones a la autoridad ambiental (Arts. 122-123).

### ***1.2.13 Reglamento general para la aplicación de la ley de aguas***

Inmerso en el Título IV del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, publicado en el Decreto Ejecutivo N° 3609, Registro Oficial Edición Especial N° 1, de 20 de marzo de 2003. Este Reglamento indica los procedimientos y la forma de ejecutar acciones relacionadas con el uso del recurso agua. Respecto a disposiciones ambientales se establecieron varias relacionadas con acciones que se deben ejecutar para evitar la contaminación del agua, las mismas que se refieren a infracciones y control de obras que se efectúan en o cerca de cuerpos hídricos, el marco institucional aplicable y conceptos que debe contemplar un proyecto en la ejecución de sus operaciones (Arts. 90 al 93).

### ***1.2.14 Normativa específica aplicable: TULAS***

#### ***1.2.1.1 Libro VI. Anexo 1. Normas de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua***

La presente norma establece, entre otras cosas, los límites permisibles, disposiciones, y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado; los criterios de calidad de agua para los diferentes usos; y métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

## **CAPÍTULO II**

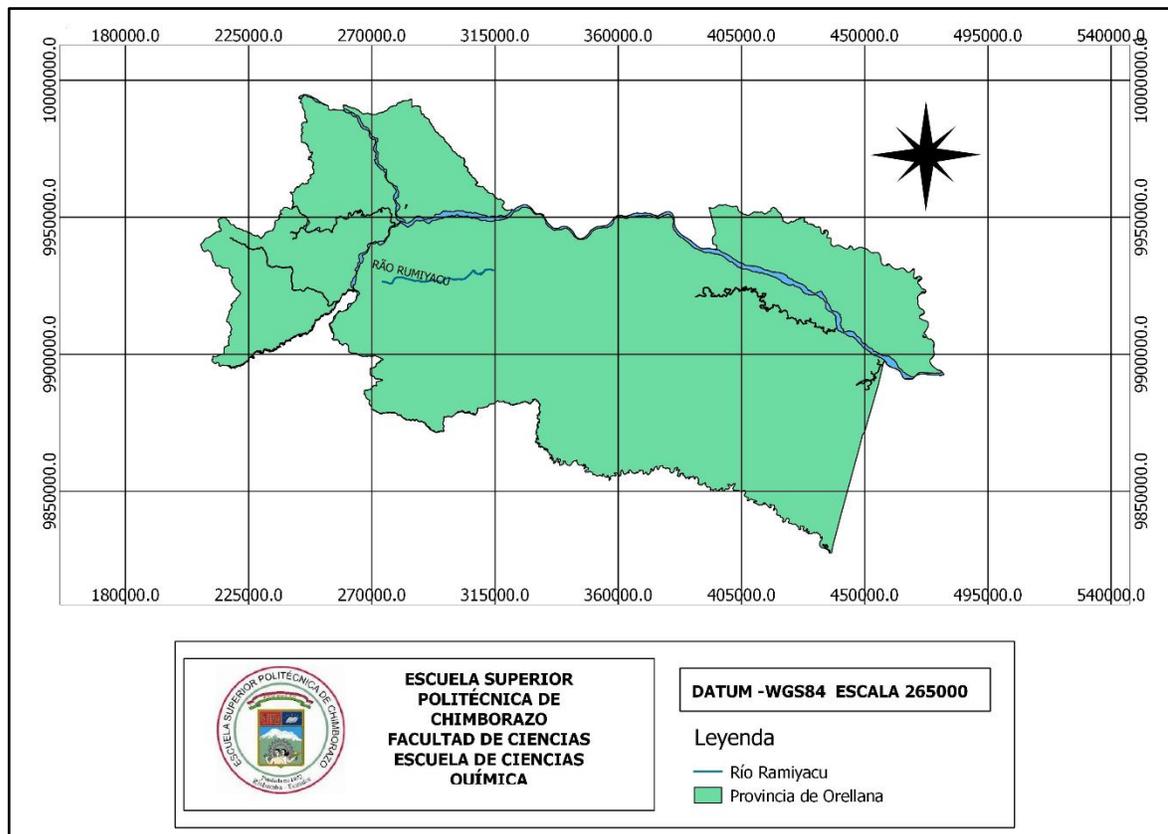
### **2. MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1. localización de la investigación**

El estudio se desarrolló en la provincia de Orellana, Cantón Puerto Francisco de Orellana, en la parroquia Taracoa, en las coordenadas de latitud Sur 0° 29'1,74'' y 0° 35'11,17'' y, entre 76° 46'26,24'' y 76° 50'19,07'' de longitud oeste.

### 1.2.15 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Parroquia Taracoa, en el cauce del río Rumiyaçu



**Figura 1-2:** Puntos de monitoreo del río Rumiyaçu

Fuente: (PDOT\_ TARACOA, 2016)

Dentro de la red hidrográfica de la parroquia Taracoa está el río Rumiyaçu, tiene una longitud de recorrido de 4,9 kilómetros, la ubicación de los puntos de muestreo son:

**Tabla 1-2:** Ubicación geo referencial de los puntos de muestreo (DATUM – WGS 84)

UBICACIÓN	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Latitud	0302829	0302830	0302811
Longitud	9957365	9947354	9947345
Altura	250	246	246

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

Fuente:(PDOT\_ TARACOA, 2016)

### ***1.2.16 Aspectos biofísicos***

Los componentes biofísicos corresponden al patrimonio y características naturales y físicas que tiene la parroquia Taracoa, el recurso natural el cual se asienta la población y sus diferentes actividades, las variables a considerar son las siguientes:

### ***1.2.17 Relieve***

La parroquia de Taracoa, por su ubicación geográfica, está en las tierras bajas orientales cuenta con una baja variabilidad topográfica (150 a 372 msnm). El MAGAP en su mapa de suelos variable de pendientes de la provincia de Orellana se visualiza que en la parroquia se identifican pendientes de tres tipos principalmente: plano o casi plano, tipo regular suave, y fuerte colinado. Ecológicamente esta región corresponde a bosque siempre verde de penillanura de la Zona Napo – Curaray. Dado que la región se asienta en una gran región de penillanura oriental no existen elevaciones de renombre para las comunidades (PDOT\_ TARACOA, 2016).

### ***1.2.18 Geología***

De acuerdo a los mapas de la secretaría de gestión de riesgos (SNGR) en la zona geográfica de Taracoa no se registran riesgos respecto al movimiento de placas o vulcanología. Sin embargo existen zonas en varios tramos de la carretera y caminos vecinales se han instalado señales de aviso de falla geológica. Esto es debido a la presencia de riachuelos y quebradas, la deforestación y pérdida de la vegetación; unidos a las vibraciones por paso de maquinaria y explosiones relacionadas a la actividad petrolera causan la remoción o pérdida del soporte lateral de la vía por erosión.

Además por zonas de escorrentías que comprometen las bases y rellenos implementados para la construcción de las vías. Estas zonas de riesgo representan alta peligrosidad para la circulación vehicular y poner en riesgo la conexión de la parroquia con el resto del cantón y de la provincia ya que el acceso vial es limitado a un acceso principal en el territorio de la parroquia Taracoa se encuentran dos unidades geológicas identificadas por el PDOT 2014 – 2019 (Anexo 2).

### ***1.2.19 Aspectos climáticos***

Las principales características físico-climáticas de la parroquia Taracoa son:

- Altitud: varía desde los 150 hasta los 372 msnm;
- Clima: la zona se clasifica con un clima Mega térmico lluvioso;
- Temperatura: aproximadamente un 10% del territorio occidental de la parroquia presenta una temperatura media anual de 22 a 26°C , mientras que el 90% aproximadamente presenta temperaturas media mensual de 26 y 27°C;
- Precipitaciones: oscila en un rango de 2000 a 3000 mm anuales;

## **2.2. Tipo y diseño de la investigación**

Este estudio se desarrolló bajo la categoría de experimental, así lo afirma (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010), la variable dependiente no se manipuló, las modificaciones se los realizó con la variable independiente (diseño del prototipo) que está diseñado de acuerdo al caudal, concentraciones de los contaminantes; dentro del diseño de investigación se utilizó la metodología documental, debido a que se realizó una revisión, selección sistemática de información sobre los efectos de contaminación que produce las actividades de la explotación petrolera en sus diferentes fases de explotación, ésta selección se lo realizó a través de revistas científicas de alto impacto, como también estudios relacionadas al tema de instituciones de educación superior, como de instituciones públicas y privadas; esta técnica está bajo la afirmación de (Heinz, 2008).

Finalmente se realizó una investigación de campo, donde se recorrió gran parte del río Rumiayacu (un kilómetro aguas arriba, e igual recorrido aguas abajo), tomando como referencia la población de la parroquia Taracoa, se tomó datos de campo in situ con equipos de monitoreo de campo (pHmetromultiparámetro, oxímetro, gps), midió el caudal del río, se tomó alícuotas, hasta llegar a obtener una muestra representativa, luego se llevó analizar en el laboratorio (Certificado de Acreditación N°: OAE LE 2C 07-003), posterior a ellos se realizó una base de datos clasificados en variables y estas clasificadas en (escalares, nominales y ordinales), una vez que se depuró esta base de datos se utilizó una combinación de programas de análisis estadístico (SPSS e InfoStat) para los respectivos análisis, estos análisis está bajo lo sugerido por (Balzarini, y otros, 2011).

## **2.3 Métodos y técnicas**

### **2.3.1 Monitoreo del río Rumiyacu**

Para realizar este objetivo se realizó en fases, se detalla a continuación:

#### **Fase 1: Ubicación**

El estudio se realizó en la parroquia Taracoa, en el río Rumiyacu, la ubicación de los puntos de muestreo se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- 1. Identificación** del punto de muestreo, se utilizó un mapa del sector, también un GPS para ubicar el punto de muestreo, se cumplió con los siguientes criterios:
- 2. Accesibilidad:** Se tomó en consideración que el punto deba permitir un rápido y seguro acceso a tomar los datos (caudal, alícuotas); con la finalidad de no tener riesgo alguno para las investigadoras.
- 3. Representatividad:** Se eligió un tramo regular, accesible y uniforme del río, se evitó que en ese tramo haya zonas de embalse o turbulencia no característico del río, se consideró también como punto de referencia de la ubicación (árbol grande, puente, una roca grande) respectivamente en los puntos escogidos.
- 4. Seguridad:** Se tomó en cuenta todo el equipo de seguridad industrial, utilizando los equipos de protección personal (EPP), como guantes, mascarilla, ropa impermeable, botas de caucho, arnés, esto fue de acuerdo al sitio (punto de muestreo). Se tomó en cuenta este aspecto para precautelar y preservar la vida de las investigadoras.

#### **Fase 2: Puntos de muestreo**

Para cumplir con el objetivo, tomando en cuenta los puntos anteriores se ubicó los tres puntos de muestreo, los mismos que cumplieron las siguientes condiciones:

- **Punto uno:** Como referencia se tomó al puente de ingreso al río Rumiyacu;
- **Punto dos:** Un kilómetro aguas arriba, del punto uno, como referencia fue una roca grande que hay en el sector;
- **Puntos tres:** Un kilómetro aguas abajo del punto uno, como referencia se tomó a un árbol grande que hay en el sector.

### **Fase 3: Medición del caudal**

El caudal es la cantidad, o volumen, de agua que pasa por una sección determinada en un periodo de tiempo dado. El caudal, está en función de la sección a atravesar por la velocidad del agua (UNIVERSIDAD NACIONAL, 2010). De acuerdo a la característica del río se utilizó la siguiente metodología:

**Medición del caudal por medio del flotador:** Para este método de cálculo de caudal se siguieron los siguientes pasos:

- 1. Selección del lugar adecuado:** Se ubicó un tramo lo más uniforme posible (sin piedras grandes, ni troncos ni árboles, es decir que el agua fluya libremente sin turbulencias, ni impedimentos)
- 2. Medición de la velocidad:** En el tramo que se seleccionó, se ubicó dos puntos, se plantó dos estacas, punto A (de inicio) y punto B (de llegada), se midió 12 metros aproximadamente. La medición se realizó de la siguiente manera: una persona se ubicó en el punto A con el flotador, y la otra persona (investigadora) en el punto B con el cronómetro. Se midió el tiempo que recorre el flotador del punto A al punto B; se realizó tres mediciones y se calculó el promedio; así se repitió en los tres puntos de muestreo propuestos; la velocidad de la corriente del agua del río Rumiayacu se calculó en base a la siguiente:

**Ecuación 1-2:** Cálculo del caudal del río Rumiayacu

$$Velocidad = \frac{Distancia (A - B)(m)}{Tiempo de recorrido (s)}$$

- 3. Medición del área de la sección transversal del río:** En el tramo que se seleccionó, se ubicó la sección o el ancho del río que presente las condiciones promedio y en las que nos facilitó la medición del área transversal; el método que se utilizó fue la de dividir el ancho del río, en tres partes y se midió la profundidad en cada uno de los espacios y luego se calculó el promedio, para ello se utilizó la siguiente:

**Ecuación 2-2:** Medición del área de la sección transversal del río

$$Profundidad promedio del río = \frac{\sum Profundidades}{Número de mediciones}$$

Una vez que se determinó el promedio de la profundidad, se procedió a realizar la medición del ancho del río ( $A_r$ ). Se utilizó la siguiente:

**Ecuación 3-2:** Cálculo del ancho del río

$$\text{Ancho del río} = \text{Profundidad promedio} * \text{ancho del río}$$

**4. Cálculo del caudal del río:** Con los datos obtenidos en los cálculos anteriores se calculó el caudal del río Rumiayacu con la siguiente:

**Ecuación 4-2:** Cálculo del caudal del río

$$Q_r (m^3/s) = K * \text{Velocidad} (m/s) * \text{Área} (m^2)$$

Donde:

K = factor de corrección relacionado con la velocidad.

**Tabla 2-1:** Valores del factor K de corrección de la velocidad

TIPO DE CANAL O RÍO	FACTOR “K”
Canal revestido en concreto, con una profundidad del agua > 15 centímetros	0,8
Canal de tierra, profundidad del agua > 15 centímetros	0,7
Río o riachuelo, profundidad del agua > 15 centímetros	0,5
Ríos o canales de tierra, profundidad del agua < 15 centímetros	0,25 – 0,5

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

Fuente: (ITDG, 2004)

#### **Fase 4: Toma de muestras, preservación, conservación y envío de muestras al laboratorio:**

Se realizó un monitoreo de tipo compuesto; en la que consistió en toma de alícuotas (muestras compuestas) en función del caudal, esta estrategia tubo como finalidad tener una muestra que sea lo más representativa posible y así se aseguró la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los datos.

Para el cálculo de la alícuota (sub-muestras) se utilizó la metodología propuesta por (IDEAM, 2015): toma de muestras compuestas de aguas residuales, esta está en función del caudal del cuerpo hídrico en estudio río Rumiayacu. Para ello se utilizó la:

**Ecuación 5-2:** Cálculo de alícuotas

$$V_A = Q_p * \left( \frac{V_c}{N * Q} \right)$$

Donde:

$V_A$  = Volumen de la alícuota (ml)

$V_c$  = Volumen de muestra compuesta (ml)

$Q$  = Caudal actual del agua (m.  $\text{seg}^{-1}$ )

$Q_p$  = Caudal promedio (m.  $\text{seg}^{-1}$ )

$N$  = Numero de muestras parciales

Se utilizó algunos criterios técnicos para el muestreo según los indicadores que se analizó:

- **Indicadores biológicos:** Dentro de este indicador se tomó una muestra para el análisis microbiológico. Se utilizó frascos esterilizados (plástico), este no fue sometido a enjagüe, la toma de muestra se lo realizó de forma directa (en el río), se llenó los 1/3 de frasco de muestra.

Como se realizó un muestreo compuesto, con una duración de 8 horas, las sub-muestras se las tomó con intervalos de una hora, al finalizar la jornada, se homogenizó la muestra compuesta y se llenó en los envases proporcionados y sugeridos del personal técnico del laboratorio (LABSU);

- **Indicadores orgánicos:** para analizar los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), se tomó una muestra sin hacer un enjagüe previo al envase, el mismo que fue de vidrio ámbar boca ancha con cierre hermético, de un litro de capacidad, no se usó un preservante (recomendación del técnico laboratorista);

Se tomó una muestra para el análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se utilizó un frasco de plástico, antes de tomar la muestra se enjuago tres veces, se llenó completamente el frasco e inmediatamente se tapó, se embalo la tapa con la finalidad de que no se riegue la muestra o se contamine con el agua del hielo del cooler, esta muestra no requiere preservación previa al análisis.

- **Parámetros físicos – químicos:** Se analizó metales pesados, y para ello se utilizó un frasco de plástico de boca ancha de un litro de capacidad, después de coger la muestra homogenizada se lo cerró herméticamente.

Una vez terminado el llenado de las muestras en los envases y volúmenes anteriormente mencionados, se los etiquetó; se hermetizó utilizando una cinta de embalaje; cada frasco (muestra) llevó la siguiente identificación:

- Punto de muestreo;
- Fecha de muestreo;
- Códigos;

Una vez llenados y revisados se los introdujo en el cooler (refrigerador portátil) lleno de hielo picado, con la finalidad de preservar la muestra a una temperatura (1 a 4°C) hasta llegar al laboratorio y proceder al análisis correspondiente.

### **2.3.2 Cálculo de la carga contaminante del río Rumiyacu**

Para calcular la carga contaminante del río Rumiyacu se utilizó la siguiente:

**Ecuación 6-2:** Cálculo de la carga contaminante

$$L = Q * C$$

Dónde:

L = Carga contaminante

Q = Caudal del río (m<sup>3</sup>/s)

C = Concentración del contaminante (mg/L.)

En concordancia, la carga contaminante es la cantidad de masa, ya sea ésta en (gramos, kilogramos, toneladas, etc.) del contaminante que fluye en una unidad de tiempo (segundo, minuto, hora, día, etc.) por las aguas del río en estudio.

### **2.3.3 Diseño y construcción de un prototipo a escala del humedal artificial**

Una de las alternativas que se tiene para mejorar las condiciones físicas, química, biológicas del agua; es hacer uso de los humedales artificiales, éstos son considerados como reactores biológicos y su rendimiento puede ser estimado mediante una cinética de primer orden de flujo a pistón para la remoción de la DBO<sub>5</sub> y nitrógeno, principalmente.

Según la afirmación que hace (Lara, 1999). Existen muchas propuestas de diseños de humedales artificiales, la principal variable que se toma en cuenta es caudal medio para lo cual se utilizó la siguiente:

**Ecuación 7-2:** Determinación del caudal

$$Q = \frac{Q_e + Q_0}{2}$$

Donde:

Q = caudal medio del humedal (m<sup>3</sup>/día)

Q<sub>e</sub> = Caudal de entrada o efluente

Q<sub>0</sub> = Caudal de salida o afluente

Se calculó el caudal medio del humedal, con la finalidad de estimar las pérdidas o ganancias de agua causado por la precipitación fluvial (2000 a 3000 mm de agua al año) (PDOT\_TARACOA, 2016). Como también se prevé las filtraciones que tendrá el sistema.

De ahí que se obtuvo el caudal de diseño, calculó el área superficial, bajo los parámetros que propone (Sánchez, 2009) con la siguiente:

**Ecuación 8-2:** Área superficial de humedal artificial

$$A_s = \frac{Q(\ln(DBO_5)_e - \ln(DBO_5)_s)}{Kt(y)(n)}$$

Donde:

A<sub>s</sub> = Área superficial

Q = Caudal

Ln (DBO<sub>5</sub>)<sub>e</sub> = Concentración del contaminante de ingreso

Ln (DBO<sub>5</sub>)<sub>s</sub> = Concentración del contaminante de salida

Kt = Constante de temperatura del humedal

y = Profundidad del humedal

n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal.

Del mismo modo se calculó el diseño hidráulico del humedal artificial, se asumió condiciones uniformes de flujo a pistón, y el flujo de be superar la resistencia por fricción, provocada por el medio, las raíces de las plantas.

En este diseño de humedales artificiales se tomó en cuenta la relación largo – ancho, ya que tienen gran influencia en el régimen hidráulico, como también tiene resistencia al flujo del sistema. Según

asevera (Lara, 1999) la relación de los sistemas de humedales sub-superficiales construidos (HSS) no debe superar 4:1

En el diseño de humedales artificiales se tomó en cuenta la retención hidráulica, con el objetivo de llegar a obtener los niveles de contaminación aceptables, es decir que estén dentro de los máximos permisibles establecidas por la normativa ambiental ecuatoriana vigente para ello se aplicó la siguiente:

**Ecuación 9-2:** Cálculo de la retención hidráulica

$$TRH = \frac{(As)(y)(n)}{Q}$$

Donde:

TRH = Tiempo de retención hidráulica en (días);

As = Área superficial;

y = Profundidad del humedal;

n = Porosidad del medio.

La conductividad hidráulica varía según el espacio vacío que existe, para la construcción de los (HSS). A continuación se muestra el cuadro donde se hace referencia a los valores típicos de la conductividad hidráulica:

**Tabla 3-2:** Características típicas medios para HSS

Tipo de Material	Tamaño Efectivo D <sub>10</sub> (mm)	Porosidad n(%)	Conductividad Hidráulica K <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)
Arena fina	2	28 – 32	100 – 1 000
Arena gruesa	8	30 – 35	500 – 5 000
Grava fina	16	35 – 38	1 000 – 10 000
Grava media	32	36 – 40	10 000 – 50 000
Roca gruesa	128	38 – 45	50 000 – 250 000

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

Fuente:(Lara, 1999)

Para calcular el ancho del humedal se consideró la ley de Darcy, para flujo en medio poroso;

**Ecuación 10-2:** Principio de Darcy para flujo en medio poroso

$$Ac = \frac{Q}{(K_s * S)}$$

Donde:

Ac = área vertical en m<sup>2</sup>

Q= caudal medio en m<sup>3</sup>/s

Ks = Conductividad hidráulica (m/s)

S = pendiente (m/m)

Con los resultados anteriores se realizó los cálculos relacionados con el largo y ancho de humedal. De acuerdo con la afirmación de (Lara, 1999)(Sánchez, 2009)proponen que la relación (lado por ancho) no debe exceder en relación 5:1 y se utilizó la siguiente ecuación para su cálculo:

**Ecuación 11-2:** Cálculo del ancho del humedal

$$W = \frac{\frac{1}{y} * Q * A_s}{(m * K_s)^{0,5}} \text{ \# de humedales}$$

Donde:

W = Ancho del humedal;

Q = Caudal / # de unidades;

m = Pendiente del lecho;

Ks = Conductividad hidráulica;

As = área superficial /# unidades;

y = Profundidad del humedal;

Conjuntamente se calculó el largo del humedal, se aplicó la siguiente:

**Ecuación 2-1:** Cálculo del largo del humedal

$$L = \frac{As}{W}$$

Donde:

L = Largo del humedal;

As = área superficial / # de unidades;

W = Ancho del humedal.

Una vez que se realizaron los cálculos de dimensionamiento físico de los humedales, se calculó las dimensiones ambientales como:

#### a. Constante de temperatura en el humedal.

Para este cálculo se utilizó la siguiente:

**Ecuación 2-2:** Constante de temperatura en el humedal

$$K_T = K_{20} (1,06)^{T_a-20}$$

Donde:

$K_T$  = Temperatura del humedal;

$K_{20}$  = 1,2404 d<sup>-1</sup> constante de temperatura

#### b. Área superficial

Para calcular el área superficial del humedal se aplicó la siguiente:

**Ecuación 2-3:** Área superficial del humedal

$$A_S = \frac{Q(\ln(DBO_5)_e - \ln(DBO_5)_s)}{K_T (y)(n)}$$

Donde:

$A_S$  = Área superficial;

Q = Caudal;

$\ln(DBO_5)_e$  = Concentración del contaminante de ingreso;

$\ln(DBO_5)_s$  = Concentración del contaminante a la salida;

$K_T$  = Constante de temperatura en el humedal;

y = Profundidad del humedal;

n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal.

Y finalmente se calculó el tiempo de retención hidráulica (TRH) para ello se aplicó la siguiente:

**Ecuación 2-4:** Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{(A_s)(y)(n)}{Q}$$

Donde:

TRH = Tiempo de retención hidráulica;

A<sub>s</sub> = Área superficial;

y = Profundidad del humedal;

n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal;

Q = Caudal.

#### 2.3.4 *Evaluación ambiental del humedal artificial del río Rumiyacu*

Con la intención de identificar los potenciales impactos socio-ambientales que genera la construcción y funcionamiento de un humedal artificial, se ha elaborado una lista de chequeo, para evaluar todas las fases que comprende este proyecto, para depurar las aguas del río Rumiyacu. De igual manera se consideró los distintos elementos que componen el medio físico (aire, agua, suelo y lo referente a la estética del lugar), medio biológico (flora y fauna) y el medio antrópico. El método que se utilizó para identificar los impactos ambientales del proyecto fue la lista de chequeo, este método tiene como objetivo el enumerar los impactos que se presentan en el proyecto de la construcción, manejo del humedal artificial, sin poner mucho énfasis en la valoración de los mismos. Los impactos ambientales identificados serán clasificados de acuerdo a la naturaleza del impacto (positivo y/o negativo) de acuerdo a las siguientes consideraciones:

**Tabla 4-2:** Clasificación y tipificación de impactos ambientales

IDENTIFICACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
(NA)	NATURALEZA	Puede ser positivo o negativo

(+)	POSITIVO	Aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.
(-)	NEGATIVO	Aquel que se traduce en pérdida de productividad ecológica y pérdida de valor socioeconómico, paisajístico o en aumento de los perjuicios derivados de la degradación ambiental del área de influencia del proyecto.
(ALC)	ALCANCE	Se refiere a la forma de alteración del componente ocasionado por el proyecto
D	DIRECTO	Aquel que tiene una incidencia directa, se manifiesta de manera inmediata por alguna acción de la construcción, operación o mantenimiento, sobre algún aspecto ambiental.
I	INDIRECTO	Aquel derivado de una actividad que no se encuentra directamente relacionada con las obras de ejecución, operación y mantenimiento de un proyecto, pero que pueden considerarse necesarias y/o implícitas para llevarlas a cabo

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

**Fuente:**(Espinoza, 2002).

### 2.3.5 *Evaluación del material vegetativo, tiempo de retención necesario para lograr un adecuado nivel de remoción de los contaminantes.*

En esta fase de la investigación se evaluaron las siguientes especies vegetativas:

**Tabla 5-2:** Nombres de especies de material vegetativo

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>FAMILIA</b>
<i>Echinochloa polystachya</i>	pasto alemán	gramínea,
<i>Pennisetum purpureum</i>	pasto elefante	gramínea
<i>Panicum máximum</i>	pasto chileno	gramínea
<i>Arvense</i>	arvense	gramínea

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

**Fuente:**(Caicedo , y otros, 2014)

Método para medir la altura de los pastos, según (Mostacedo & Fredericksen, 2000) para medir el crecimiento (altura) de los pastos se utilizó un flexómetro de 100 cm, como también se midió el porcentaje de mortandad de las especies en estudio.

Las variables que se evaluaron son:

**a. Variables dependientes:** Remoción de contaminantes orgánicos con los siguientes indicadores:

- Niveles de DBO;
- Niveles de DQO
- Niveles de TPH
- Niveles de turbidez
- Coliformes Totales
- Coliformes fecales

**b. Variables independientes :** Con las especies vegetativas expuestas en la tabla 2; con los siguientes indicadores:

- Crecimiento de hojas (nuevos brotes)

La característica de este estudio fue de modalidad cuantitativa, deductiva y experimental, que necesitó de procedimientos sistemáticos objetivos, en el cual se analizaron diferentes elementos que fueron medidos y cuantificados.

### 2.3.6 Factores y niveles de estudio

Los factores y niveles que se tomaron en cuenta son:

- **Factor A:** *Echinochloa polystachya* (pasto alemán)
- **Factor B :** *Pennisetum purpureum* (pasto elefante)
- **Factor C:** *Panicum maximum* (pasto chileno)
- **Factor D:** arvenses

El método de siembra que se utilizó es por (espeques)

**Tabla 6-2:** Combinaciones de los niveles

NIVEL	# ESPEQUES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /d)
A <sub>1</sub>	40	12.5

B <sub>2</sub>	40	12.5
C <sub>3</sub>	40	12.5
Testigo	0	12.5

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

### 2.3.7 *Tratamientos*

La combinación proporcionó para cuatro tratamientos, con tres repeticiones dispuestas a un diseño: “Completamente al Azar”, teniendo un total de 12 unidades experimentales

**Tabla 7-2:** Tratamientos de experimentación

# TRATAMIENTO	FACTOR
1	A <sub>1</sub>
2	B <sub>2</sub>
3	C <sub>3</sub>
4	Testigo

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

### 2.3.8 *Diseño experimental*

#### **Diseño de la investigación**

En el presente Trabajo de Titulación al utilizarse cuatro tipos de pastizales (factor A) y tres caudales (factor B) con tres repeticiones cada uno, los cuales permiten analizar mediante un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio, el mismo que se se ajusta al siguiente modelo aditivo.

$Y_{ijk} = u + R_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$ , donde:

$Y_{ijk}$  = Valor Estimado de la variante

$u$  : Media General

$R_k$ : Efecto de las repeticiones

$A_i$  : Efecto de los pastizales (A)

$B_j$  : Efecto de los caudales (B)

$(AB)_{ij}$  : Efecto de la interacción (AB)

$E_{ijk}$ : Efecto de la Aleatorización de las unidades de muestreo

#### **Esquema del experimento**

Factor A	Factor B	Código	Repetición	U.E.	Uy.e./Trat.
Chileno	2.08	A1B1	3	4	12
Chileno	2.27	A1B2	3	4	12
Chileno	2.53	A1B3	3	4	12
Alemán	2.08	A2B1	3	4	12
Alemán	2.27	A2B2	3	4	12
Alemán	2.53	A2B3	3	4	12
Elefante	2.08	A3B1	3	4	12
Elefante	2.27	A3B2	3	4	12
Elefante	2.53	A3B4	3	4	12
Arvense	2.08	A4B1	3	4	12
Arvense	2.27	A4B2	3	4	12
Arvense	2.53	A4B3	3	4	12
Total					144

El diseño experimental que se desarrolló está representado en la tabla siguiente:

**Tabla 8-2:** Delineamiento experimental

Diseño experimental	Diseño completamente al azar (DCA) unifactorial
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	1
Niveles	Espeques de las gramíneas (Echinochloapolystachya, Pennisetumpurpureum, Panicummáximum , arvenses)
	40 espeques por tratamiento

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

### 2.3.9 Esquema de análisis de varianza

Para realizar el análisis de varianza se utilizó el programa estadístico InfoStat,

**Tabla 9-2:** Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Repetición	2

Pastos(A)	3
C vs AE	1
C vs A	1
C vs A	1
Caudales (B)	2
Lineal	1
Cuadrática	1
Interacción (AB)	6
Error Experimental	22

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

### 2.3.10 Unidad experimental

A continuación se presenta la descripción de las unidades experimentales que se utilizó en trabajo de campo dentro del estudio de humedales artificiales

**Tabla 10-2:** Unidades experimentales de la experimentación con humedales

UNIDADES EXPERIMENTALES	NOMENCLATURA	COMBINACIONES	
		ESPECIES DE GRANÍNEAS	Q (m3/d)
T <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	40 espeques pasto alemán	12.5
T <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	40 espeques pasto elefante	12.5
T <sub>3</sub> R <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	40 espeques pasto chileno	12.5
T <sub>3</sub> R <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	arvenses	12.5

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

### 2.3.11 Datos a monitorear

Los parámetros que se monitoreó son los indicadores de calidad de agua para el río

**Tabla 11-2:** Parámetros de medición de calidad

de agua del río Rumiayacu

PARÁMETROS	UNIDADES
DBO	mg/L.
DQO	mg/L.
Niveles de TPH	mg/L.

Turbidez	UFT
Niveles de TPH	mg/L.
Coliformes Totales	NMP /100 ml
Coliformes Fecales	NMP /100 ml

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

### 2.3.12 Cálculo de porcentaje de remoción de contaminantes

Para el cálculo del porcentaje de remoción se utilizó la:

**Ecuación 2-5:** Porcentaje de remoción de concentración de contaminante

$$\% \text{ Remoción} = \frac{V_{Pi} - V_{PF}}{V_{Pi}} * 100$$

Donde:

$V_{Pi}$ = Valor parámetro inicial

$V_{PF}$ = Valor parámetro final

### 2.3.13 Análisis estadístico

Las variables fueron sometidas al respectivo análisis de varianza y aquellas de presentaron una significación estadística se les realizó las siguientes pruebas estadísticas:

- Prueba de Tukey al 0.05
- Prueba de Duncan al 0.05

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

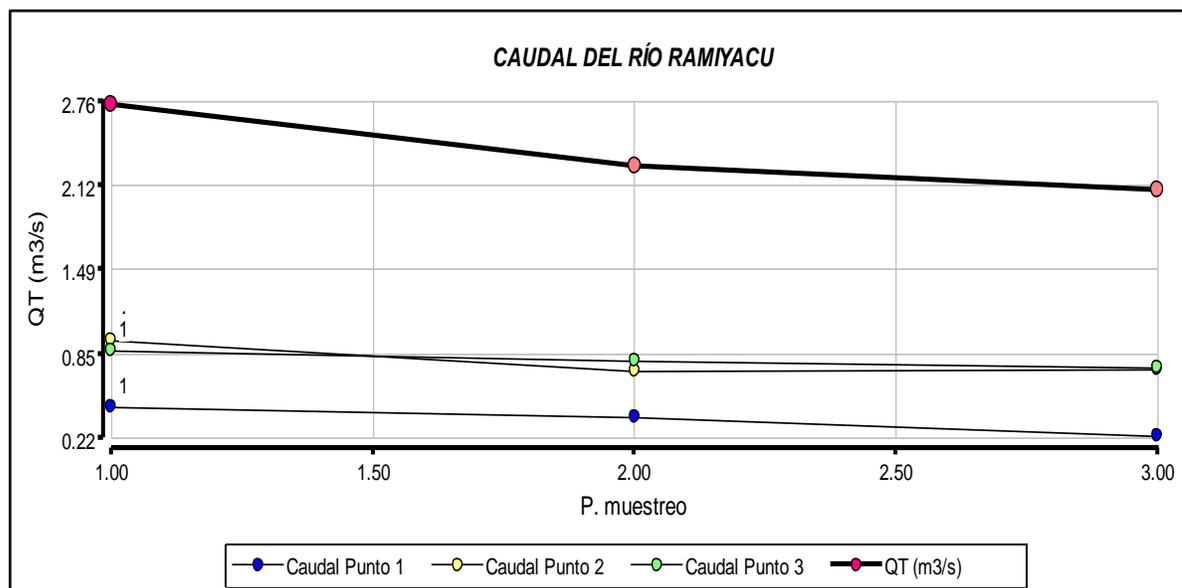
#### 3.3.1 Evaluar la calidad de agua del río Rumiayacu de la parroquia Taracoa.

La evaluación de la calidad del agua del río Rumiyacu, se hizo a través de un monitoreo compuestos que consistió en calcular el caudal promedio de este cuerpo hídrico para ello se utilizó la ecuación (2-1, 2-2 y 3-3), tomando en cuenta el valor de K (tabla 3), se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 1-3:** Cálculo del caudal del río Rumiyacu

P. muestreo	Ancho del río					Profundidad del río					K	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	0.60	0.6	0.60	0.6	0.60	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5	0.1	0.2	0.2	0.1	0.65
2	0.60	0.6	0.60	0.6	0.60	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.1	0.2	0.2	0.1	0.55
3	0.60	0.6	0.60	0.6	0.60	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.1	0.2	0.2	0.1	0.54

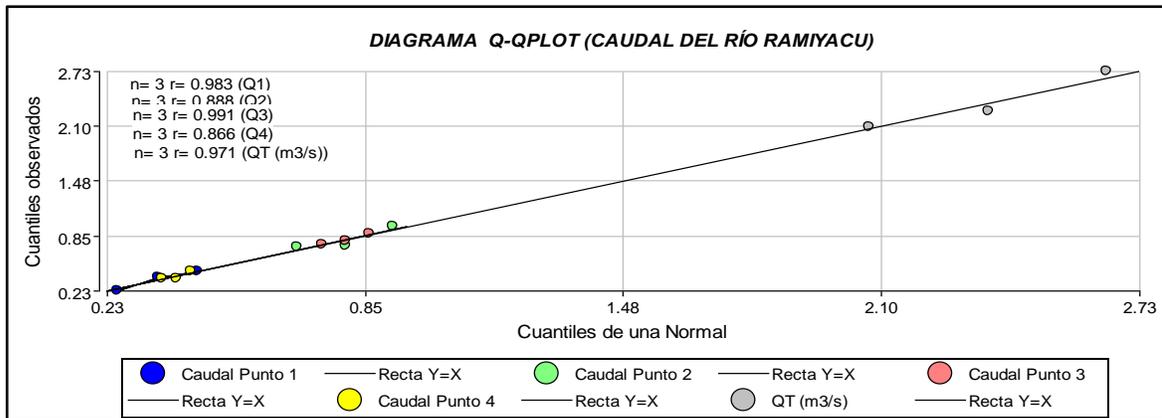
Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017



**Gráfico 1-3:** Comportamiento del caudal del río Rumiyacu

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** En relación con los resultados de la (tabla 3-1) y (gráfico 3-1) deducimos que las características del río tanto de ancho, profundidad, pendiente y de recorrido es heterogéneo, tomando en cuenta otras consideraciones externas al río como las vertientes del sector, precipitaciones fluviales inciden en parámetros físicos, químicos y biológicos; de lo anterior mencionado se deduce que el punto uno hay mayor caudal que en el punto dos y tres que cada uno de ellos tiene una distancia de un kilómetro aproximadamente, tomando como punto de referencia la zona poblada de la parroquia de Taracoa, agua arriba y aguas abajo un kilómetro de distancia.



**Gráfico 2-3:** Comportamiento del caudal del río Rumiyaçu (Diagrama Q-Q plot)  
 Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** De acuerdo a los resultados del monitoreo del río Rumiyaçu, representados en la (tabla 3-1) y (gráfico 3-2 y 3-3) podemos decir la correlación que tiene el caudal del río Rumiyaçu va desde excelente a buena en los puntos 3 (-1,00); 2 (-0,99), y 3 (-0,68), respectivamente, de estos valores se deduce que el comportamiento tiende a ser equilibrado en los tres puntos, un kilómetro aguas arriba y abajo tomando como punto de referencia la zona poblada de la parroquia Taracoa; el análisis de correlación está en base a lo analizado.

### 3.3.2 Cálculos de alícuotas, medición de parámetros y análisis en el laboratorio

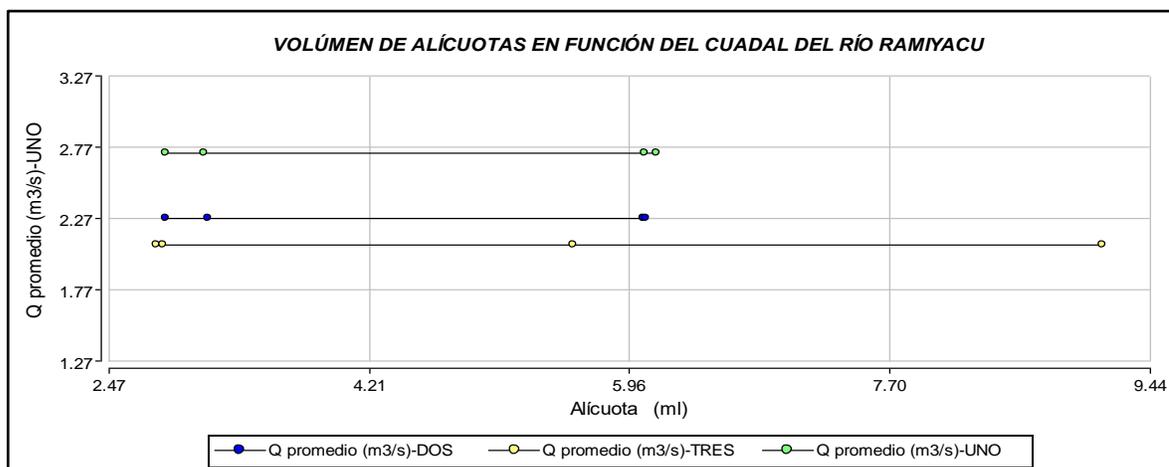
Una vez que se midió el caudal del río Rumiyaçu, se realizó un monitoreo compuesto, para ello se aplicó la ecuación 5; producto de ello se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 2-3:** Cálculo de alícuotas para análisis en el laboratorio

P. Muestreo	Hora	Q p (m <sup>3</sup> /s)	Vol. muestra	muestras	Q (m <sup>3</sup> /s)	Alícuota (ml)
UNO	8:00	2.73	0.004	4	0.45	6.06
	11:00	2.73	0.004	4	0.96	2.85
	14:00	2.73	0.004	4	0.88	3.11
	17:00	2.73	0.004	4	0.44	6.14
DOS	09h00	2.27	0.004	4	0.38	6.05
	12h00	2.27	0.004	4	0.72	3.14

	15h00	2.27	0.004	4	0.80	2.85
	18h00	2.27	0.004	4	0.37	6.07
<b>TRES</b>	10h00	2.08	0.004	4	0.23	9.12
	13h00	2.08	0.004	4	0.74	2.84
	16h00	2.08	0.004	4	0.75	2.79
	19h00	2.08	0.004	4	0.37	5.58

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017



**Gráfico 3-3:** Cálculo de alícuotas en función del caudal

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** De acuerdo a la (tabla 3-2) y (gráfico 3-3), y de acuerdo a su hidrografía geográfica y condiciones climáticas deducimos y otros factores externos al ríos, su mayor caudales en el punto uno con ( $2.73 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mientras tanto el caudal aguas arriba y abajo al punto de referencia (zona poblada) de la parroquia Taracoa disminuyen los caudales ( $2.27$  a  $2.08 \text{ m}^3/\text{s}$ ) respectivamente, se deduce este comportamiento del caudal por los usos que le dan al mismo (ganadería, piscicultura y para fines recreativos).

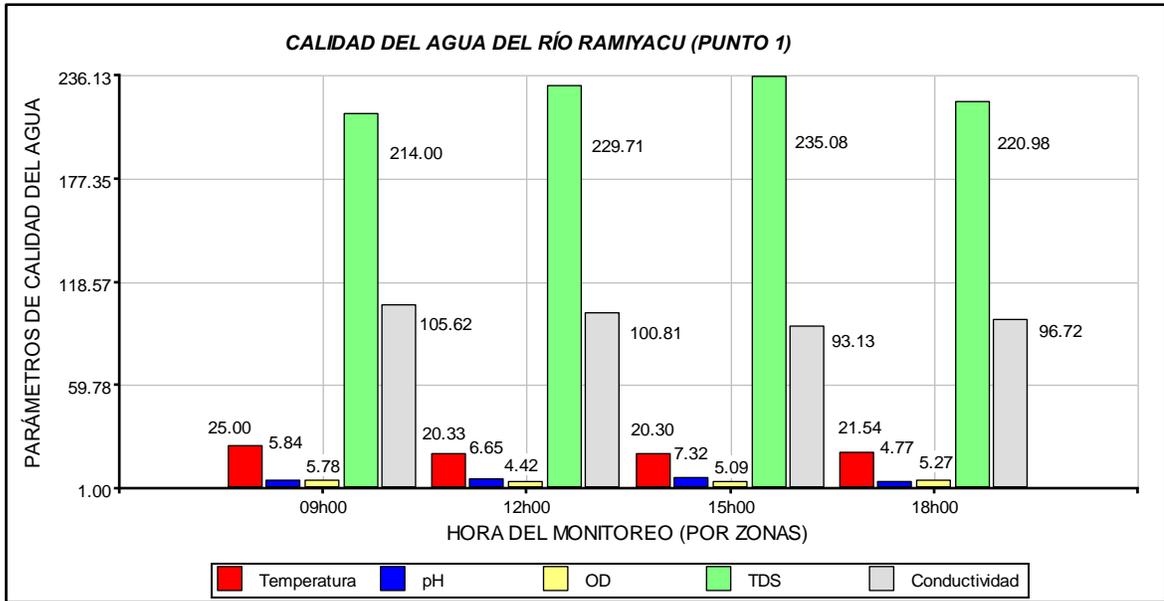
**Tabla 3-1:** Datos de calidad de calidad de agua (in situ)

P. Muestreo	Hora	Temperatura	pH	OD	TDS	Conductividad
<b>UNO</b>	8:00	25,10	6,08	5,59	234,00	94,64
	11:00	19,83	5,07	5,27	225,71	96,34
	14:00	20,13	4,24	4,82	222,2	90,26
	17:00	22,03	4,17	5,05	231,79	97,16
<b>DOS</b>	09h00	25	5,84	5,78	214	105,62
	12h00	20,33	6,65	4,42	229,71	100,81

	15h00	20,3	7,32	5,09	235,08	93,13
	18h00	21,54	4,77	5,27	220,98	96,72
<b>TRES</b>	10h00	25,10	6,08	5,64	210,1	95,59
	13h00	22,4	6,65	5,28	225,01	96,94
	16h00	16,68	7,32	5,36	234,19	98,66
	19h00	19,45	6,05	4,42	228,33	99,62
<b>PROMEDIO</b>		<b>21.5</b>	<b>5.9</b>	<b>5.2</b>	<b>225.9</b>	<b>97.1</b>

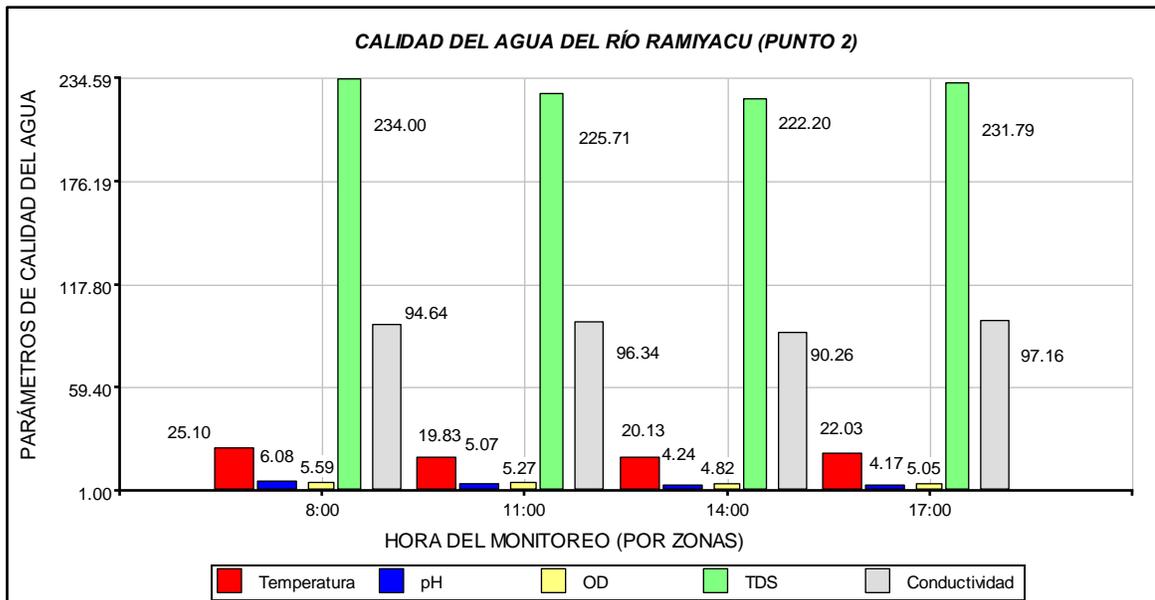
Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** Dentro de la caracterización de la calidad del agua del río Rumiayacu, (tabla 3-3), se midió a través de equipos de monitoreo de campo, éstos resultados son la temperatura del agua máxima es 25.10 °C en los tres puntos en horario comprendido entre las 8 y diez de la mañana, mientras tanto la menor temperatura es de 16.68 °C, se deduce que en horario matutino hay descargas con temperaturas elevadas que altera la temperatura del río, su temperatura promedio es de 21.5°C; mientras tanto el pH del agua tiene un máximo de 7,32 y un mínimo 4,42 y su promedio en los tres puntos es de 5.9; algo similar ocurre con la concentración del oxígeno disuelto en el agua (OD) la mayor oxigenación que recibe el río es el horas de la mañana en horario comprendido entre las 08H00 y 10H00, su oxigenación promedio es de 5.2 mg/L.; existe una concentración de STD de un promedio 225.9 mg/l y una conductividad promedio de 97.1 µC/ cm, contrastando éstos resultados con la normativa ambiental vigente TULAS libro VI Anexo 1, concluimos que todos los parámetros tomados en campo están dentro de los límites permisibles, sin embargo encontramos una alteraciones de la calidad del río en horario matutino (08h00 a 10h00), en lo que se relaciona a temperatura y pH se puede suponer que existe algunas descargas industriales o domésticas a esa hora para alterar las condiciones del agua.



**Gráfico 4-3:** Medición de la calidad de agua del río Rumiayacu (in situ) \_ 1

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017



**Gráfico 5-3:** Medición de la calidad de agua del río Rumiayacu (in situ) \_ 2

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** Al contrastar los resultados del monitoreo (in situ) del río Rumiayacu que está representado en la (tabla 3-3) y representados en el (gráfico 3-4 y 3-5) con los límites máximos permisibles que establece el TULAS (Libro VI, anexo 1, tabla 3), los parámetros de calidad de agua promedio son: temperatura 21.5° C; pH 5.9; OD 5.2; TDS 225.9 y conductividad 97.1 respectivamente, todos éstos

parámetros se encuentran dentro de los máximos permisibles, que establece la normativa ambiental vigente para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en agua marinas y de estuarios, también comparadas con la (tabla 9) del TULAS que se refiere a los criterios de la calidad para aguas destinadas para fines recreativos (Anexo 4).

**Tabla 4-3:** Resultados de laboratorio de calidad de agua

Punto muestreo	Parámetro	Unidad	a 4886	Criterio de calidad	Método/Norma de referencia	Incertidumbre (K=2)
UNO	DQO	mg/L.	4,10	< 4	HACH 8000	~
	DBO	mg/L.	< 1,00	< 2	SM 5210 B	~
	Níquel	mg/L.	<0,10	**	SM 3030 B, 3111B	± 24 %
	Hierro total	mg/L.	0,93	1,0	SM 3030 B, 3111B	±26 %
	TPH	mg/L.	<0,05	0,2	EPA 418.1	± 13%
	Turbidez	UFT	9,36	100,0	SM 2130 B	± 16%
	Coliformes totales	Col/100 ml	2900	**	SM 9222 B	± 12%
	Coliformes fecales	Col/100 ml	1100	1000	SM 9222 D	± 5%
DOS	DQO	mg/L.	4,82	< 4	HACH 8000	~
	DBO	mg/L.	< 1,00	< 2	SM 5210 B	~
	Níquel	mg/L.	<0,10	**	SM 3030 B, 3111B	± 24 %
	Hierro total	mg/L.	0,91	1,0	SM 3030 B, 3111B	±26 %
	TPH	mg/L.	<0,05	0,2	EPA 418.1	± 13%
	Turbidez	UFT	10,2	100,0	SM 2130 B	± 16%
	Coliformes totales	Col/100 ml	2400	**	SM 9222 B	± 12%
	Coliformes fecales	Col/100 ml	600	1000	SM 9222 D	± 5%
TRES	DQO	mg/L.	7,21	< 4	HACH 8000	~
	DBO	mg/L.	< 1,00	< 2	SM 5210 B	~
	Níquel	mg/L.	< 0,10	**	SM 3030 B, 3111B	± 24 %
	Hierro total	mg/L.	0,89	1,0	SM 3030 B, 3111B	±26 %
	TPH	mg/L.	< 0,05	0,2	EPA 418.1	± 13%
	Turbidez	UFT	11.1	100,0	SM 2130 B	± 16%
	Coliformes totales	Col/100 ml	1300	**	SM 9222 B	± 12%
	Coliformes fecales	Col/100 ml	600	1000	SM 9222 D	± 5%

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

**Fuente:** Laboratorio LABSU

**Análisis:** De acuerdo a los resultados emitidos por el laboratorio, y plasmados en la (tabla 3-4) y comparados con los valores (límite máximo permisible) del TULAS de la tabla (3) y tabla (9), como también con el criterio de calidad de efluentes de agua para consumo humano y doméstico, los parámetros que están fuera de los límites máximos permisibles son: coliformes totales y fecales, caso

similar sucede con el parámetro Demanda Química de Oxígeno DQO, sin embargo es necesario indicar que el parámetro TPH está dentro de límite máximo permisible de la tabla 3, como también del criterio de calidad de efluentes de agua, pero no así con la (tabla 9) del TULAS “criterios de calidad de aguas destinadas para fines recreativos” no debe haber presencia o (**ausencia**) de residuos de petróleo (Anexo 4). Es necesario tomar en cuenta este indicativo ya que el uso que se da a este cuerpo hídrico es para fines recreativos familiares.

### 3.3.3 Cálculo de la carga contaminante del río Rumiyacu

Según él (TULSMA, 2008). La carga contaminante, es la cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidad de tiempo.

**Tabla 5-3:** Carga contaminante del río Rumiyacu

P. Muestreo	Parámetro	Unidad	Concentración	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	C. Contaminante (mg/s)
UNO	DQO	mg/L.	4,10	0,091	0,37
	DBO	mg/L.	1	0,091	0,09
	Níquel	mg/L.	0,1	0,091	0,01
	Hierro total	mg/L.	0,93	0,091	0,08
	TPH	mg/L.	0,05	0,091	0,00
	Turbidez	UFT	9,36	0,091	0,85
	Coliformes totales	Col/100 ml	2900	0,091	263,90
	Coliformes fecales	Col/100 ml	1100	0,091	100,10
DOS	DQO	mg/L.	4,82	0,127	0,61
	DBO	mg/L.	1	0,127	0,13
	Níquel	mg/L.	0,1	0,127	0,01
	Hierro total	mg/L.	0,91	0,127	0,12
	TPH	mg/L.	0,05	0,127	0,01
	Turbidez	UFT	10,2	0,127	1,30
	Coliformes totales	Col/100 ml	2400	0,127	304,80
	Coliformes fecales	Col/100 ml	600	0,127	76,20
TRES	DQO	mg/L.	7,21	0,322	2,32
	DBO	mg/L.	1	0,322	0,32
	Níquel	mg/L.	0,1	0,322	0,03
	Hierro total	mg/L.	0,89	0,322	0,29
	TPH	mg/L.	0,05	0,322	0,02
	Turbidez	UFT	11,1	0,322	3,57
	Coliformes totales	Col/100 ml	1300	0,322	418,60
	Coliformes fecales	Col/100 ml	600	0,322	193,20

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

Fuente: Laboratorio LABSU

**Análisis:** De acuerdo a los resultados de la (tabla 3-5), la carga contaminante más representativa es la de los coliformes totales y fecales con un promedio de 329.1 y 369.5 mg/s respectivamente, además se tiene una carga contaminante de TPH de 0.15 mg/s sobre las aguas del río Rumiyacu.

### **Diseño y construcción de un humedal artificial prototipo a escala**

Para el diseño del prototipo a escala del humedal artificial y tratar el agua del río Rumiyacu, del caudal total calculado del río (tabla 3-1) se tomó como caudal al 0.5 % del caudal total que tiene el mencionado cuerpo hídrico, éste caudal lo tomamos como nuestro caudal de diseño.

Aplicando la ecuación 2-7 (Determinación del caudal) se tiene:

$$Q = \frac{75.1 \text{ m}^3/\text{día} + 188.69 \text{ m}^3/\text{día}}{2} = 131.9 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal tratado que saldrá de los humedales a escala será de  $23.55 \text{ m}^3/\text{día}$ , el mismo que saldrá con parámetros de calidad de agua acorde a la normativa ambiental vigente.

A continuación se calculó el área superficial del humedal artificial, se aplicó la ecuación 2-8 obteniendo los siguientes resultados:

$$As = \frac{131.9 \text{ m}^3/\text{día} (\ln(2) - \ln(1))}{1.0400 (0.60)(38)} = \frac{91.43}{23.71} = 3.85$$

Una vez que se obtuvo el área superficial del humedal artificial se calculó el tiempo de retención hidráulica (TRH) aplicando la ecuación 2-9 obteniendo los siguientes resultados:

$$TRH = \frac{(1.63)(0.60) (38)}{131.9 \text{ m}^3/\text{día}} = 0.28 \text{ dias} \approx 6.76 \text{ horas}$$

Se consideró el cálculo del ancho del humedal para ello se aplicó la ecuación 2-11:

$$W = \frac{\frac{\frac{1}{0.60} * 131.9 * 1.63}{0.3 \left( \frac{500 + 10000}{2} \right)^{0.5}}}{3} = 5.50 \text{ m} \approx 1.37 \text{ m (cada celda)}$$

Este valor se ajusta al ancho del humedal  $W = 1, 00$  metros, por recomendación de (Lara, 1999) con respecto a la relación 4: 1 para la construcción de humedales artificiales.

Ahora bien se procedió a calcular el largo que va a tener el humedal, para ello se utilizó la ecuación 2-12, y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$L = \frac{3.85}{\frac{1.37}{3}} = 8.3 \text{ m}$$

**Tabla 6-3:** Resumen de datos iniciales para la construcción del humedal artificial

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD – UNIDAD
DBO <sub>5</sub> (entrada)	2
DBO <sub>5</sub> (salida)	1
Caudal	75.1 m <sup>3</sup> /d
<b>Suelo</b>	
Porosidad N	36 %
Conductividad hidráulica Ks	2100 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> * d
Profundidad y1	0.15 m
<b>Arena</b>	
Porosidad N	30%
Conductividad hidráulica	550 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> * d
Profundidad y2	0.25 m
<b>Grava</b>	
Porosidad N	38 %
Conductividad hidráulica Ks	30000 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> * d
Profundidad y3	0.2 m
<b>Vegetación</b>	
Profundidad del humedal	1,63 m
Temperatura del agua	20 ° C
Temperatura del aire	27 ° C
Pendiente del lecho	5 %
Largo	8.3 m
Ancho	1.37 m
Profundidad de excavación	0.69 m

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

### 3.3.4 Identificación y evaluación ambiental del humedal artificial

Con respecto a la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se presentaron en la construcción, operación y mantenimiento del humedal artificial:

### 3.3.5 Identificación de actividades susceptibles a causar impacto ambiental

Bajo la definición que establece el (TULSMA, 2008) sobre la conservación de los recursos naturales menciona al uso y manejo técnico de un recurso a fin de mantener y/o mejorar las características de un determinado sitio; por ello se identificó los impactos ambientales que producen la construcción, mantenimiento y operación de un humedal artificial a escala.

**Tabla 7-3:** Impactos ambientales producidos en la construcción de humedales artificiales a escala

<b>ACTIVIDADES GENERALES</b>	<b>ACTIVIDADES ESPECÍFICAS</b>
Preparación del espacio físico y construcción	Limpieza, desbroce y nivelación del área de instalación del humedal artificial; Trazo y señalización del área específica según los cálculos realizados para la construcción; Excavación manual de las celdas y compactación del fondo; Suministro y colocación de geo membrana Construcción de la estructura de entradas y salidas del agua del río, a base de tuberías plásticas. Plantación manual de tres especies de pastos Colocación y calibración de vertederos de entrada.
<b>ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
<b>ACTIVIDADES GENERALES</b>	<b>ACTIVIDADES ESPECÍFICAS</b>
Operación y mantenimiento	Poda y evaluación mensual de las especies de pasto del humedal; Verificación del estado y funcionamiento del humedal artificial (tuberías, vertederos y aliviaderos); Monitoreo de la calidad del agua de entrada y salida del humedal artificial.

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

### 3.3.6 Identificación de los potenciales impactos ambientales por medio de un check-list

Los impactos ambientales más probables que se pueden suscitar en la etapa de la construcción del humedal artificial son los siguientes:

- Disminución de la superficie de infiltración;
- Generación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos;
- Alteración del paisaje en el predio;
- Erosión de la capa superficial del suelo debido a la eliminación de la cobertura vegetal para la construcción de la estructura;

- Generación de fuentes de empleo directos e indirectos;
- Alteración de las características físico químicas del suelo;
- Alteración del funcionamiento del humedal a consecuencia del arrastre de sedimentos.

**Análisis:** En la etapa de construcción se identificaron 7 impactos ambientales (limpieza y desbroce, excavación, colocación de la geo membrana, construcción de la estructura, remoción del suelo para la plantación del pasto, calibración de los vertederos), uno de ellos fue positivo directo que es la generar fuentes de trabajo directo e indirecto, mientras tanto los restantes 6 impactos negativos y directos al medio ambiente todos ellos mitigables y compensables a beneficio del medio ambiente acuatico.

### ***3.3.7 Etapa de operación y mantenimiento***

Dentro de esta etapa de operación y mantenimiento se pudieron determinar los siguientes impactos:

- Mejora de la calidad del efluente, disminuyendo la carga contaminante;
- Generación de un hábitat (humedal) para invertebrados principalmente que beneficiarán en la descontaminación del agua del río Rumiyacu;
- Mejora la calidad del vida del medio circundante;
- Incorporación de agua tratada al cuerpo hídrico;
- Generación de pasto, como alimento (forraje) para ganado y/o especies menores.

**Análisis:** En esta etapa del proyecto se consideraron 5 impactos ambientales, siendo todos ellos positivos para el medio ambiente, como también la generación de materia prima (forraje) como fuente de alimento animal, que en épocas de invierno en cierta manera son escasas, debido al pisoteo y la generación de lodo y encharcamientos de agua en los pastizales.

### ***3.3.8 Interpretación de los resultados de los análisis***

Los resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos realizados en el laboratorio “LABSU” con acreditación # OAE LE 2C 07-003(cantón Francisco de Orellana).

**Tabla 8-3:** Resultados de los análisis de calidad de agua en el laboratorio

LEGUMINOSA	PARÁMETROS	RESULTADOS		Límites máximos permisibles		
		INGRESO	SALIDA	1	2	3
Pasto alemán	DQO	7.01	2.10	(-)	(-)	< 4
	DBO	1.68	0.50	(-)	(-)	<2
	Níquel	0.020	0.020	0.02	(-)	<0.020
	Hierro total	0.185	0.06	0.3	(-)	(-)
	TPH	0.10	0.05	0.5	Ausencia	0.2
	Turbidez	5	2	(-)	(-)	100
	C. Totales	1400	1000	200	1000	(-)
	C. Fecales	1100	800	200	200	1000
Pasto elefante	DQO	4.51	1.01	(-)	(-)	< 4
	DBO	1.63	0.02	(-)	(-)	<2
	Níquel	0.02	0.02	0.02	(-)	<0.020
	Hierro total	0.218	0.02	0.3	(-)	(-)
	TPH	0.06	0.05	0.5	Ausencia	0.2
	Turbidez	22.5	7	(-)	(-)	100
	C. Totales	1600	1300	200	1000	(-)
	C. Fecales	1100	700	200	200	1000
Pasto chileno	DQO	6.83	1.08	(-)	(-)	< 4
	DBO	1	0.36	(-)	(-)	<2
	Níquel	0.02	0.02	0.02	(-)	<0.020
	Hierro total	0.221	0.02	0.3	(-)	(-)
	TPH	0.07	0.05	0.5	Ausencia	0.2
	Turbidez	5.06	2.32	(-)	(-)	100
	C. Totales	1500	1000	200	1000	(-)
	C. Fecales	600	300	200	200	1000
Arvense (testigo)	DQO	9.66	4.00	(-)	(-)	< 4
	DBO	1	0,95	(-)	(-)	<2
	Níquel	0.02	0,02	0.02	(-)	<0.020
	Hierro total	0.211	0,02	0.3	(-)	(-)
	TPH	0.10	0,05	0.5	Ausencia	0.2
	Turbidez	5	4,05	(-)	(-)	100
	C. Totales	1600	1400	200	1000	(-)
	C. Fecales	600	400	200	200	1000

**Realizado por:** Troya M, Villalta S. 2017

**Fuente:** Laboratorio LABSU

1 Criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

2 Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos.

3 Criterios de calidad de efluentes de agua para consumo humano y doméstico

**Análisis:** El ingreso de un material a un río, sea orgánico e inorgánico, que demanda oxígeno agota o consume el que se halla disuelto en el agua (Mackenzie & Masten, 2008). De acuerdo a ésta

aseveración, la calidad del agua del río Rumiyaqua través de un tratamiento primario “humedales artificiales” diseñado de acuerdo a sus características fisicoquímica e hidráulicas, tiempos de retención, dimensiones, los resultados de éstos tratamientos se compararon con la normativa ambiental vigente del (TULSMA, 2008), con la (tabla 3) criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y estuarios, (tabla 9) criterios de calidad de aguas destinadas para fines recreativos, y finalmente con los criterios de calidad de efluentes de agua para consumo humano y doméstico.

De acuerdo con los resultados de los tres tratamientos (*Echinochloa polystachya* (pasto alemán), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Panicum maximum* (pasto chileno) y comparándolos con el tratamiento testigo gramíneas (arvenses) que crecen de forma natural en el sector, se obtuvieron los siguientes resultados, el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) la concentración de ingreso en cada uno de los tratamientos fueron: (7.01); (4.51); (6.83) y (9.66) mg/L. de concentración respectivamente, después del tratamiento primario a través del humedal artificial se obtuvo los siguientes resultados (2.10); (1.01); (1.08) y (4.00) respectivamente, la remoción de la concentración de la DQO en el agua del río Rumiyaqua fueron los siguientes: el (29.95%) la gramínea pasto alemán, el 22.39% la gramínea pasto elefante, mientras tanto el pasto chileno tubo una remoción del 15.81% y finalmente la gramínea que crece en el sector conocido como el arvense removió el 41.40 % de la concentración de la DQO, siendo el más efectivo el (arvense), en conclusión todas las descargas de éstos tratamientos cumplen con la normativa ambiental vigente, éstos resultados concuerdan con el estudio realizado por (Cueva & Rivadeneira, 2013), también ésta dentro de las consideraciones que menciona (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010) que la DQO tiene categoría A si su concentración es < 5 mg/L.; (Metcalf, Tchobanoglous, & Burton, 1995) considera que las composiciones típicas de un agua residual urbana presentan concentraciones de 250 mg/L. consideradas como débiles, también las descargas de aguas residuales industriales sin previo tratamiento que son descargadas a cuerpos hídricos inciden en la DQO entre 100 mg/L. hasta 60000 mg/L. según lo afirma (Martínez, 1996). Cumpliendo el principio básico que dice *la DQO* siempre es mayor de la (DBO<sub>5</sub>).

Mientras que los parámetros la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y hierro total cumplen los límites máximos permisibles al ingreso del humedal, y tiene una remoción promedio de 40.49% en la descarga del tratamiento, datos que concuerdan con (Cueva & Rivadeneira, 2013).

De acuerdo con el parámetro Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) las concentraciones de ingreso a al humedal fueron de (0.10); (0.06); (0.07) y de (0.10) mg/L. en cada tratamiento respectivamente.

Al realizar éste tratamiento primario bajo humedales artificiales se obtuvo una remoción de (0.05) mg/L. en todos los tratamientos. Éstos resultados concuerdan estudios realizados por humedales en remover concentraciones de hidrocarburos realizado por (Cubillos, 2011), donde han tenido eficiencia de remoción de TPH superiores al 50%. Sin embargo los resultados finales, se les compararon con la normativa ambiental estando dentro de los límites máximos permisibles en las consideraciones (1) y (3) mientras que para la consideración de calidad de agua (2) éste no debe contener residuos o trazas de hidrocarburos. Ésta consideración también la tiene la normativa ambiental (EL PERUANO, 2008), las concentraciones de TPH en el agua según (GREENPEACE, 2012) y que afectan y contaminan al ser humano se da por tres rutas (absorción por la piel, ingestión de comida y bebida y por inhalación a través de la respiración. El agua contaminada con “dosis baja” de TPH produce efectos negativos para la salud (Boudia, 2013), los efectos negativos que produce el agua contaminada con hidrocarburos causan efectos negativos en la salud a largo plazo, uno de ellos es la salud reproductiva, produce cáncer así lo afirma (HESPERIAN, 2011). Estudios realizados en la provincia de Orellana por el Ministerio del Ambiente del Ecuador define en el Sistema de Indicadores de Pasivos Ambientales (SINPAS, 2012) donde identifican y ratifican que la petrolera en la Región Amazónica Norte del Ecuador afecta a los ecosistemas y a la calidad de vida de las comunidades locales. El sector más representativo es el sector de Dayuma, donde se ha identificado que existe una contaminación puntual (accidental) como crónica (Becerra, 2013).

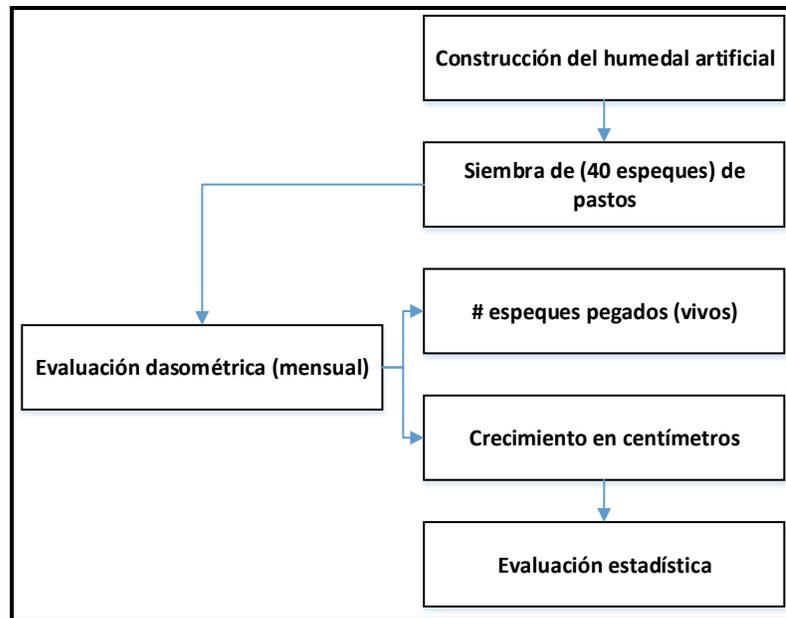
Por otra parte los coliformes totales al ingreso del humedal están sobre la normativa ambiental con concentraciones promedio de 1525 (nmp/100 ml); sin embargo al realizar el tratamiento con humedales artificiales se obtuvo una remoción del contaminante en 1000 ((nmp/100 ml)) con la gramínea pasto alemán, 1300 (nmp/100 ml) con pasto elefante, 1000 (nmp/100 ml) con pasto chileno y 1400 ((nmp/100 ml) con gramíneas (arvenses) respectivamente. Siendo el tratamiento con pasto alemán el que está dentro de los límites máximos permisible de la normativa comparada con <sup>(2)</sup> resultados que concuerdan con los emitidos por (Santana & Santos , 2016). Además (EL UNIVERSO, 2013) asegura que existe elevadas concentraciones de hidrocarburos y coliformes en las agua de los ríos de la región norte de la Amazonía ecuatoriana.

Y finalmente los coliformes fecales presentes en el agua del río Rumiyacu están sobre la normativa ambiental con concentraciones de 1100 (nmp/100 ml), realizando un tratamiento con humedales artificiales con un ensayo de (pasto alemán) se evidencia a través de análisis de laboratorio una remoción del contaminante a 800 (nmp/100 ml) es decir un 27.28 %, se modo similar ocurre con el ingreso del agua contaminada de coliformes fecales en el tratamiento dos (pasto elefante) 1100

(nmp/100 ml), se obtuvo una remoción a 700 (nmp/100 ml), es decir se removió el 36.36%, mientras tanto con el tercer ensayo (pasto chileno) ingreso el agua con una concentración de 600 (nmp/100 ml), lo cual se tuvo una remoción de 300 (nmp/100 ml), es decir el 50%, y finalmente el cuarto ensayo el agua ingresa con una concentración 600 (nmp/100 ml), obteniendo una remoción de 400 (nmp/100 ml), es decir del 33.33 %. Todas estas concentraciones están fuera de los límites máximos permisibles, éstos resultados de remoción concuerdan con tratamientos de aguas residuales domésticas realizados por (Quintero, 2014), de igual manera coincide con lo expuesto por (Cubillos, 2011) donde menciona que uno de los métodos económicos y fáciles de realizar es la utilización de humedales artificiales para remover éste tipo de contaminantes. Mientras tanto (CONAGUA, 2015) manifiesta que la remoción de coliformes fecales a través de humedales artificiales generalmente se utiliza como único proceso, dependiendo de la calidad del efluente, en carga orgánica y disponibilidad del terreno.

### ***3.3.9 Evaluación del material vegetativo, tiempo de retención necesario hidráulica.***

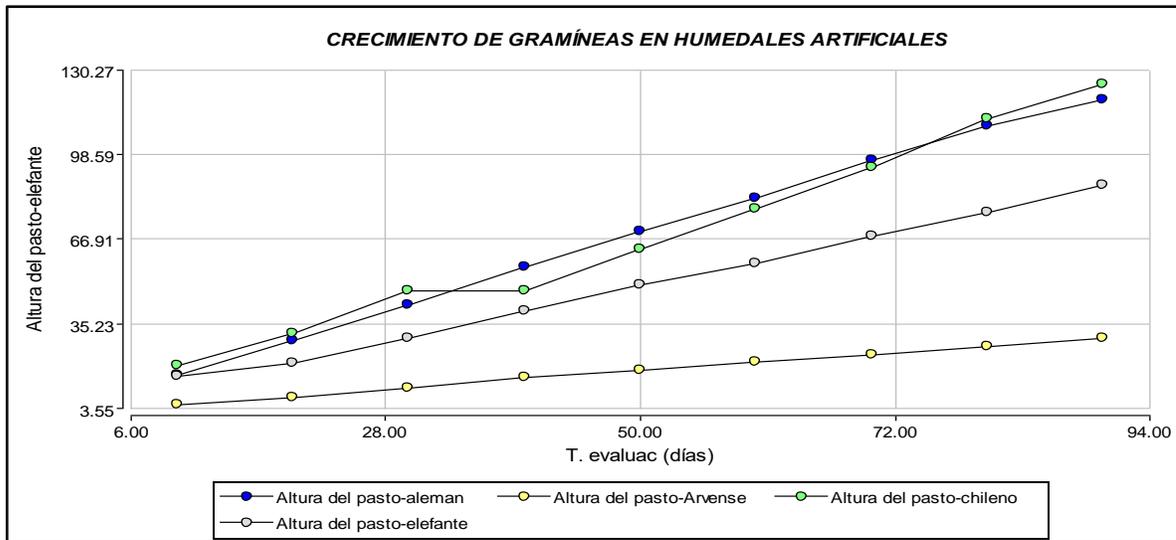
Esta investigación se realizó con gramíneas (pastos) que son adaptados en la zona, el experimento se estableció con cuatro tratamientos, con una réplica, obteniendo un total de 4 unidades experimentales, de las cuales 3 fueron escenarios, se utilizaron 40 espeques de pasto (*Echinochloa polystachya* (pasto alemán), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Panicum maximum* (pasto chileno) y la gramínea que crece de forma natural en el sector (arvenses), esta gramínea considerada por muchos productores como una especie de hierba agresiva que actúa como antagonista a las especies (pastos) mejorados como forraje de ganado vacuno principalmente.



**Figura 3-1:** Evaluación del material vegetativo pastos adaptados a la zona  
 Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

La primera semana de evaluación del material vegetativo, el 100 % de los espeques sobrevivieron el trasplante, y tuvieron un crecimiento del material vegetativo (pasto alemán) promedio de 15.93 centímetros, de manera similar creció (pasto elefante) un promedio de 15.72 centímetros; mientras tanto que la variedad (pasto chileno) creció un promedio de 19.6 centímetros; en cambio el crecimiento promedio del arvense (diferentes especies que crecieron en el ensayo asignado) fue tan solo de 4.8centímetros (Anexos R a la U).

La adaptabilidad de estas especies, es debido a que las concentraciones de la DBO del agua del río Rumiyaçu están dentro de las concentraciones que toleran estas gramíneas así lo afirma (Marroquín, 2016) DQO < 400 mg/L...Además estas especies de gramíneas mejoradas introducidas se adaptan fácilmente a un suelo con un pH ácido, hasta una altura de 1000 msnm, como también a precipitaciones superiores a los 1900 mm, todas estas características de la región Amazónica.



**Gráfico 6-3:** Crecimiento de gramíneas en el humedal artificial

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** La gramínea que más desarrollo (creció) en los tres meses de evaluación es el pasto chileno que alcanzó una altura de 1.25 metros, seguido de pasto alemán con una altura promedio de 1.19 metros, seguido a ellos está el pasto elefante con una altura promedio de 0.87 metros y finalmente se al arvense con un crecimiento promedio del 0.29 metros.

Durante el experimento y evaluación dasométrica de los pastos se observó síntomas cloróticos de coloración pardusca en algunas de las hojas de las gramíneas, principalmente de las tres especies mejoradas, no así del arvense, es probable que esta coloración se debe a una no tolerancia de metales que se encuentra en el agua del río Rumiyaqu.

### 3.3.10 Comprobación de la eficacia de los pastos, mediante análisis de los indicadores

El porcentaje de remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos que se obtuvo con el tratamiento de aguas del río Rumiyaqu por medio de humedales artificiales. Para ello se utilizó especies vegetativa (pastos) adaptados a la región: pasto alemán, pasto elefante, pasto chileno y los arvenses (material vegetativo que nace, crece naturalmente en el sector). Se utilizó ecuación 16 para el cálculo respectivo (% de remoción), los resultados se presenta :

**Tabla 9-3:** Porcentaje de remoción de contaminantes fisicoquímico del agua del río Rumiayacu

Gramínea	Parámetro	Resultados Ingreso	Resultados Salida	% remoción
Pasto alemán	DQO	7,01	2,1	70,04
	DBO	1,68	0,5	70,24
	Níquel	0,02	0,02	0,00
	Hierro total	0,185	0,06	67,57
	TPH	0,1	0,05	50,00
	Turbidez	5	2	60,00
	C. Totales	1400	1000	28,57
	C. Fecales	1100	800	27,27
Pasto elefante	DQO	4,51	1,01	77,61
	DBO	1,63	0,02	98,77
	Níquel	0,02	0,02	0,00
	Hierro total	0,218	0,05	77,06
	TPH	0,06	0,06	0,00
	Turbidez	22,5	7	68,89
	C. Totales	1600	1300	18,75
	C. Fecales	1100	700	36,36
Pasto chileno	DQO	6,83	1,08	84,19
	DBO	1	0,36	64,00
	Níquel	0,02	0,02	0,00
	Hierro total	0,221	0,02	90,95
	TPH	0,07	0,05	28,57
	Turbidez	5,06	2,32	54,15
	C. Totales	1500	1000	33,33
	C. Fecales	600	300	50,00
Arvense	DQO	9,66	4	58,59
	DBO	1	0,95	5,00
	Níquel	0,02	0,02	0,00
	Hierro total	0,211	0,02	90,52
	TPH	0,1	0,05	50,00
	Turbidez	5	4,05	19,00
	C. Totales	1600	1400	12,50
	C. Fecales	600	400	33,33

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** De acuerdo a los resultados de la (tabla 22), el pasto chileno fue el que remoción el mayor porcentaje de DQO (84.19%), seguido del pasto elefante con el 70.04%, mientras tanto la mejor gramínea que removi6 la DBO fue el pasto alemán con el 98.77%, en cambio el níquel no fue removido por ninguna gramínea; a diferencia de la remoción del hierro total que fue del 90.95 % removido por el pasto chileno, la remoción de la TPH objeto de este estudio lo hizo con mayor eficacia el pasto alemán al igual que el arvense un 50% de remoción, en cambio el pasto elefante removió el

68.89% la turbidez del agua y finalmente el pasto chileno fue quién más removió los coliformes totales y fecales con una remoción del 33.33% y del 50% respectivamente.

### 3.3.11 Análisis de la varianza: calidad de agua al ingreso del humedal artificial

**Tabla 10-3:** Resultados al ingreso del humedal artificial

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Resulta. Ingreso	32	0.97	0.96	36.65

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Tabla 11-3:** Cuadro de análisis de varianza (SC Tipo I) entrada al humedal

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coefficiente
Modelo.	9331007.55	8	1166375.94	97.02	<0.0001	
Parámetro	9329756.8	7	1332822.4	110.87	<0.0001	
Alturas de pasto	1250.75	1	1250.75	0.1	0.7499	0.3
Error	276492.15	23	12021.4			

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** La relación que hay entre las gramíneas (pastos) sembrados en los humedales y su crecimiento, tiene el valor  $p = 0.7499$ , de pendiente positiva (0.3) entre el crecimiento y la disminución de concentraciones de contaminantes del agua, de tal manera el ANAVA aceptándose la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos, es decir no existen diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro especies de pastos.

**Tabla 12-3:** Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=257.76033 (entrada al humedal)

Parámetro	Medias	n	E.E.			
C. Totales	1517.85	4	59.13	A		
C. Fecales	839.69	4	63.47		B	
DQO	16.52	4	62.26			C
DBO	8.44	4	59.09			C
Turbidez	5.37	4	56.22			C
TPH	-1.02	4	54.93			C

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

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

**Análisis:** De acuerdo a la prueba de Tukeyel parámetro Coliformes Totales, seguido de los coliformes fecales; son las que presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a las restantes, de tal manera, se recomienda que los humedales artificiales con este tipo de pastos sea utilizado para reducir las concentraciones de estos dos parámetros respectivamente.

### 3.3.12 Análisis de la varianza: calidad de agua a la salida del humedal artificial

**Tabla 13-3:** Resultados a la salida del humedal artificial

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Resulta. Salida	32	0.95	0.93	52

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Tabla 14-3:** Cuadro de análisis de varianza (SC Tipo I) salida del humedal

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coefficiente
Modelo.	5245042.93	8	655630.37	53	<0.0001	
Parámetro	5233604.15	7	747657.74	60	<0.0001	
Alturas de pasto	11438.78	1	11438.78	0.9	0.3	-1
Error	286083.22	23	12438.4			
Total	5531126.15	31				

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** La calidad del agua que descarga el humedal artificial compuesta por cuatro especies de gramíneas (pastos), se encuentra con un valor de  $p= 0.3$  de pendiente negativa (-1) entre el crecimiento y la desconcentración de contaminantes físico químicos del agua.

**Tabla 15-3:** Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 163.13826(salida al humedal)

Parámetro	Medias	n	E.E.			
C. Totales	1196.62	4	60.15	A		
C. Fecales	581.19	4	64.56		B	
Turbidez	16	4	57.19			C
TPH	3.38	4	55.87			C
Hierro total	-5.83	4	56.1			C
Níquel	-12.1	4	57.18			C
DBO	-21.06	4	60.11			C
DQO	-26.74	4	63.33			C

Realizado por: Troya M, Villalta S. 2017

**Análisis:** De acuerdo a la prueba de Tukey el parámetro Coliformes Totales, seguido de los coliformes fecales; son las que presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a las restantes, de tal manera, se recomienda que los humedales artificiales con este tipo de pastos sea utilizado para reducir las concentraciones de estos dos parámetros respectivamente.

### ***3.3.13 Porcentaje de remoción de los contaminantes de acuerdo a tipo de gramínea***

De acuerdo al (anexo 17) la remoción de la carga contaminante (DQO), de acuerdo a su análisis de varianza (ADEVA) se tiene un p- valor de 0.0153 menor al valor de significancia nominal de la prueba ( $\alpha = 0.05$ ), por lo que el ADEVA sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos, es decir existen diferencias estadísticamente significativas entre los pastos de remoción de la (DQO), de acuerdo con la prueba de Duncan; se recomienda la utilización de la gramínea (pasto): arvense y alemán por alcanzar las mayores medias en este tratamiento.

Sin embargo para la remoción de la (DBO) (Anexo 18) se tiene una p- valor de 0.0806, superior a la significancia nominal ( $\alpha = 0.05$ ), por lo que el análisis de la ADEVA sugiere tomar como datos de igual media de tratamientos, realizando la prueba de Duncan los pastos que remueven con mayor eficacia la (DBO) son los pastos: Pasto elefante, alemán y arvense respectivamente.

En cambio el (anexo 19) referente a la remoción del Níquel se tiene un p valor de 0.1676, valor superior a la significancia nominal ( $\alpha = 0.05$ ), demostrando ser datos de una misma normalidad, realizando la prueba de Duncan recomienda los cuatro pastos mantiene similares medias por lo tanto la remoción de níquel es homogénea.

De manera similar es la remoción del hierro total (anexo 20), se obtuvo un valor  $p= 0.950$ , valor superior a la significancia nominal ( $\alpha = 0.05$ ), que analizando estos valores con la prueba de Duncan las cuatro variedades de pastos tienen valores media similares por tanto se recomienda a las cuatro especies para remover este contaminante.

La remoción del TPH (anexo 21) se tiene un vapor  $p= 0,0236$  valor inferior al ( $\alpha = 0.05$ ), por lo que se rechaza la igualdad de medias de tratamientos, por lo tanto realizando la prueba de Duncan recomienda los pastos: arvense y pasto alemán como mejores removedores de concentraciones de TPH, seguidos del pasto elefante y pasto chileno respectivamente.

En lo que respecta al (anexo 22) se tiene un p valor de  $p= 0,0643$  valor superior a la significancia nominal ( $\alpha = 0.05$ ), y analizados los datos con Duncan éste sugiere la utilización del pasto elefante y arvense para remover ésta carga contaminante de turbidez.

Finalmente se la remoción de los coliformes totales y fecales, se tiene un p valor no (sd) sin significancia de medias, por lo tanto, se deduce que no hay media que permitan sugerir que tratamiento es el más efectivo para remover esta carga contaminante.

## CONCLUSIONES

Fundamentado en el objetivo general de esta investigación, y amparados en los específicos, se presenta a continuación los resultados obtenidos en todas las fases del trabajo de tesis, a continuación se enumeran las más importantes que se llegó a determinar:

- El sector donde fue monitoreado el río Rumiyacu tiene una profundidad promedio de 0,64 metros, con un ancho de río de 3 metros aproximadamente, generando un caudal promedio de  $0,58\text{m}^3/\text{s}$ , presentó su pico más alto de caudal en horas de la mañana, de acuerdo a mediciones (in situ) de calidad de agua en los parámetros (temperatura, pH, oxígeno disuelto y TDS) está dentro de los máximos permisibles que establece el TULAS, mientras tanto que en los resultados de laboratorio, los parámetros de (DQO, coliformes totales y fecales, TPH) están sobre el máximo permisible, especialmente el TPH según el Libro VI, Anexo I (tabla 9), (ausencia de residuos de hidrocarburos), y con una carga contaminante de  $(0,02\text{mg/s})$ .
- De acuerdo a las características hidráulicas, físicoquímicas del río Rumiyacu, se diseñó un prototipo “humedal artificial”, este diseño está para tratar  $131,9\text{m}^3/\text{día}$ , con un tiempo de retención hidráulico de 6,7 horas, una celda tiene un ancho aproximado de 1.37 metros, con una profundidad de 0,25 metros, y con un largo de 8,3 metros; el material de filtración está compuesto de grava con una porosidad del 30% y una conductividad eléctrica de  $2100\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ , y una temperatura promedio del agua de  $20^\circ\text{C}$ , ideal para el tratamiento de agua.
- El material vegetativo que se utilizó en esta investigación (ensayo), son adaptados al medio (gramíneas mejoradas) como el pasto alemán, elefante, chileno y el arvense, gramínea que crece naturalmente en el sector, concluyendo que el arvense hizo una remoción del 50% de los TPH, mientras tanto que el pasto chileno removió el 50% de la concentración de los coliformes fecales, el pasto elefante fue el que mayor remueve la turbidez del agua, con el 68,89 por ciento, como también removió la DBO en un 98,77%.
- Finalmente se concluye que los humedales artificiales en prototipo cumplen la función de remover material contaminante, el mismo que cumple con la normativa ambiental vigente en el territorio Ecuatoriano, según el Libro VI anexo 1 (tabla 3) “criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna de aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuarios.

## **RECOMENDACIONES**

Analizados todos los resultados de esta investigación, ponemos en manifiesto algunas recomendaciones, que serán en su posterior objeto de nuevas investigaciones, y tratar de cerrar un ciclo de necesidades que tienen la población de la parroquia de Taracoa, en tener ríos libres de contaminantes de origen industrial y doméstico.

- Es necesario realizar un monitoreo permanente el todo el trayecto del río Rumiyaçu, como también de sus tributarios, debido a las precipitaciones irregulares que hay en el sector, a más de ello como es un sector de explotación petrolera hay muchos pasivos ambientales que pueden incidir en la calidad del agua, en consecuencia de ello realizar análisis físicos químicos y microbiológicos periódicamente, y así tener información más específica del comportamiento del cuerpo hídrico.
- Es necesario realizar análisis bromatológicos de los pastos (alemán, elefante, chileno y arvenses) con la finalidad de conocer las concentraciones de los contaminantes embelesados en las gramíneas y si éstos cumplen para ser utilizado como alimento forrajero animal.
- Desarrollar un estudio de impacto ambiental integral en la microcuenca del río Rumiyaçu, como también de una posterior sistema de tratamiento de aguas contaminadas (humedales artificiales) y con los resultados obtenidos proponer planes y programas de manejo ambiental;
- Realizar pruebas con gramíneas que genéticamente sean absolvedoras de hidrocarburos, como uno de los principales problemas que tienen los ríos de la Amazonía Ecuatoriana, y muchos de los ríos son utilizados para fines recreativos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AQUANEA.** [En línea] Sistema de depuración natural con humedales artificiales. 2010. [Consulta 17 de mayo de 2017] Disponible en [www.aquanea.com/armari/aquanea:aquanea/2/sistemas\\_depuracion\\_natural.es.pdf](http://www.aquanea.com/armari/aquanea:aquanea/2/sistemas_depuracion_natural.es.pdf)

**BALZARINI, Mónica.** Estadística y Biometría. Argentina - Córdoba: s.n., 2011. [Consulta 17 de junio de 2017] Disponible en: [www.agro.unc.edu.ar/~mcia/archivos/Estadistica%20y%20Biometria.pdf](http://www.agro.unc.edu.ar/~mcia/archivos/Estadistica%20y%20Biometria.pdf)

**BARON ,Jill.** [En Línea] Tópicos de Ecología. Nuevo México: s.n., 2003, [Consulta 17 de junio de 2017] Disponible: <https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf>

**BECERRA, Sylvia.** Vivir con la contaminación petrolera en el Ecuador. Quito: s.n., 2013. [Consulta 10 de mayo de 2017] Disponible en : <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4959912.pdf>

**BELLINO, Norberto.** Aguas subterráneas. Buenos Aires: s.n., 2012. [Consulta 11 de mayo de 2017] Disponible: [www.fi.uba.ar/archivos/aguasubterraneas-2012.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/aguasubterraneas-2012.pdf)

**BOUDIA, S.** From threshold to risk: exposure to low doses of radiation En: Toxicants Health and regulation. [En línea] 2013. (United States Of América) Disponible en: [https://www.researchgate.net/.../271963435\\_From\\_Threshold\\_to\\_](https://www.researchgate.net/.../271963435_From_Threshold_to_).

**BRAVO, Elizabeth.** [En línea] Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. Ecuador - Quito: s.n., 2007. Disponible en: [https://www.inredh.org/archivos/documentos.../impactos\\_explotacion\\_petrolera\\_esp.p](https://www.inredh.org/archivos/documentos.../impactos_explotacion_petrolera_esp.p)

**CASTAÑO, Juan y HARMÁN, Juan Felipe. 2013.** La sismica impacto ambiental de la industria petrolera. [En Línea] Colombia - Bogotá: s.n., 2013. [Consulta 5 de mayo del 2017] Disponible: [censat.org/apc-aa-files/686468646b6c61736a6b6c646a61736b/sismica-final.pdf](http://censat.org/apc-aa-files/686468646b6c61736a6b6c646a61736b/sismica-final.pdf)

**CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.**[En línea] Ecuador: s.n., 2008.

Disponible: [www.inocar.mil.ec/.../A.\\_Constitucion\\_republica\\_ecuador\\_2008constitucion.pdf](http://www.inocar.mil.ec/.../A._Constitucion_republica_ecuador_2008constitucion.pdf)

**CONTRERAS, Keylla, et,al..** *El agua un recurso para preservar*. [En línea] Medellín - Colombia: s.n., 2008. [Consulta 13 de mayo de 2017] Disponible: [www.eventos.ula.ve/ciudadesostenible/documentos/pdf/agua.pdf](http://www.eventos.ula.ve/ciudadesostenible/documentos/pdf/agua.pdf)

**CUBILLOS, Janeth.** Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos. [En línea] (tesis) (Maestría) Colombia - Pereira: s.n., 2011. [Consulta 17 de mayo de 2017] Disponible: [repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2782/6281683C962.pdf?...1](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2782/6281683C962.pdf?...1)

**CUEVA, Edison y RIVADENEIRA, Fidel.** Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo sub superficial con vegetación herbácea 2013. (Ecuador - Santo Domingo)pp 9- 12

**CAJAMAR.** 2009. Depuración y reutilización de aguas residuales para riego. Lima: s.n., 2009. Disponible: [www.publicacionescajamar.es/pdf/series.../depuracion-y-reutilizacion-de-aguas.pdf](http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series.../depuracion-y-reutilizacion-de-aguas.pdf)

**CAICEDO, William,** Agroforestería sostenible en la Amazonía Ecuatoriana 2017 [Consulta 07 de junio de 2017] Disponible: [repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2782/6281683C962.pdf?...](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2782/6281683C962.pdf?...)

**DELGADILLO, Oscar, y otros. 2010.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. [blog] Bolivia Cochabamba: s.n., 2010. [Consulta 08 de junio de 2017] Disponible: [http://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/02/depuracion\\_de\\_aguas\\_residuales\\_por\\_medio\\_de\\_humedales\\_artificiales.pdf](http://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/02/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf).

**DI TORO, Dominic.** Predicting the Toxicity of Neat and Weathered Crude Oil: Toxic Potencial and the Toxicity of Saturated Mixtures. [En línea] USA: s.n., 2007. [Consulta: 09 de Junio de 2017] Disponible: <https://apps.neb-one.gc.ca/REGDOCS/File/Download/2586172>.

**CONSEJO NACIONAL DEL AGUA.** Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. México 2015. [Consulta 15 de Junio de 2017] Disponible en: [mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro30.pdf](http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro30.pdf)

**ECHARRI, LUIS.** *Población, ecología y ambiente. Efectos de ripio de perforación petrolera de base agua sobre el crecimiento de la soya.* España: s.n., 2007. [Consulta 17 de mayo de 2017]

**ESPINOZA, JOSÉ.** 2002. Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. México: s.n., 2002. [ Consulta 22 de mayo de 2017] Disponible: [www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf](http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf)

**GONZÁLEZ, Byron Y VELÁSQUEZ, Jorge.** *Calidad de agua superficial.* Guatemala,, 2013. [Consulta: 24 de junio de 2017] Disponible en: [fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/d/de/Luis\\_Angel\\_Marroquin.pdf](http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/d/de/Luis_Angel_Marroquin.pdf)

**GREENPEACE.** *Impacto ambiental del petróleo.* México: s.n., 2012. [Consulta 13 de mayo de 2017] Disponible en: [http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/1/impactos\\_ambientales\\_petroleo.pdf](http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/1/impactos_ambientales_petroleo.pdf)

**HESPERIAN.** *Guía comunitaria para la salud ambiental.* México: s.n., 2011. [Consulta 15 de mayo de 2017] Disponible en: [es.hesperian.org/hhg/Guía\\_comunitaria\\_para\\_la\\_salud\\_ambiental](http://es.hesperian.org/hhg/Guía_comunitaria_para_la_salud_ambiental)

**SÁNCHEZ, Teodoro; ESCOBAR, Rafael** at, al; Evaluación de recursos hidroenergéticos. [En línea] Lima – Perú, s.n., 2004. [Consulta 38 de mayo de 2017] Disponible: [www.solucionespracticas.org.pe/Descargar/287/2560](http://www.solucionespracticas.org.pe/Descargar/287/2560)

**LARA, Jaime.** Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. España: s.n., 1999. [Consulta 14 de mayo de 2017] Disponible en: <https://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2015/09/humedales-artificiales.pdf>

**MARROQUÍN, Flor.** Evaluación de eficacia en fitodepuración de los pastos alemán y tanner en efluentes especiales de planta extractora de aceite de palma del Atlántico, Izabal. Guatemala: s.n., 2016. [Consulta 27 de mayo de 2017] Disponible: <recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/06/15/Marroquin-Flor.pdf>

**MARTÍNEZ, Julio.** Estudio de la calidad de las aguas superficiales del río San Pedro. México: s.n., 1996. [Consulta 27 de mayo de 2017] Disponible en: [www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista17/Articulo%205.pdf](http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista17/Articulo%205.pdf)

**METCALF, Eddy, TCHOBANOGLIOUS, George Y BURTON, Franklin.** Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. España: s.n., 1995.

**MOSTACEDO, Bonifacio Y FREDERICKSEN, Todds.** Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. [en línea] Bolivia: s.n., 2000. [consulta 17 de mayo de 2017] Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD** *Lucha contra la contaminación del agua.* [En línea] Ginebra 1965. [Consulta 13 de junio de 2017] Disponible en: [whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_318\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_318_spa.pdf)

**PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA TARACOA** *Plan De Ordenamiento Territorial Taracoa.* Francisco de Orellana – Ecuador: s.n., 2016. Pp. 14-28

**FERNANDEZ Mercedes** Normas legales. Ambiente. El Peruano [En línea] 2008. Pp. 1-5 [Consulta 18 de mayo de 2017] Disponible: [www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/DS-003-2008-MINAM.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/DS-003-2008-MINAM.pdf)

**PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR.** [En Línea] Ecuador - Quito: s.n., 2013 - 2017. [Consulta 23 de mayo de 2017] Disponible en: [https://www.unicef.org/ecuador/Plan\\_Nacional\\_Buen\\_Vivir\\_2013-2017.pdf](https://www.unicef.org/ecuador/Plan_Nacional_Buen_Vivir_2013-2017.pdf)

**QUINTERO, Jesús.** *Evaluación de humedales artificiales pilotos de flujo horizontal y tipo superficial y subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales.* [En línea] Colombia – Santander: s.n., 2014. [Consulta 24 de Junio de 2017] Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038416.pdf>

**PRITCHARD, Dave** “El manejo de las aguas subterráneas”. *Ramsar. n° 4 (2010)*. Suiza: s.n., Disponible en: [www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib\\_hbk4-11sp.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib_hbk4-11sp.pdf)

**RUIZ, Lucy.** *Amazonía Ecuatoriana: escenarios y autores del 2000.* [En línea] Quito - Ecuador: s.n., [Consulta 27 de mayo de 2017] Disponible: [www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43406.pdf](http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43406.pdf)

**SÁNCHEZ, Ricardo.** *Diagnóstico y recomendación de las políticas técnicas ambientales para el consejo provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas.* [En línea]. Ecuador: s.n., 2009. [Consulta 25 de mayo de 2017] Disponible en: <http://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:15000-1148>.

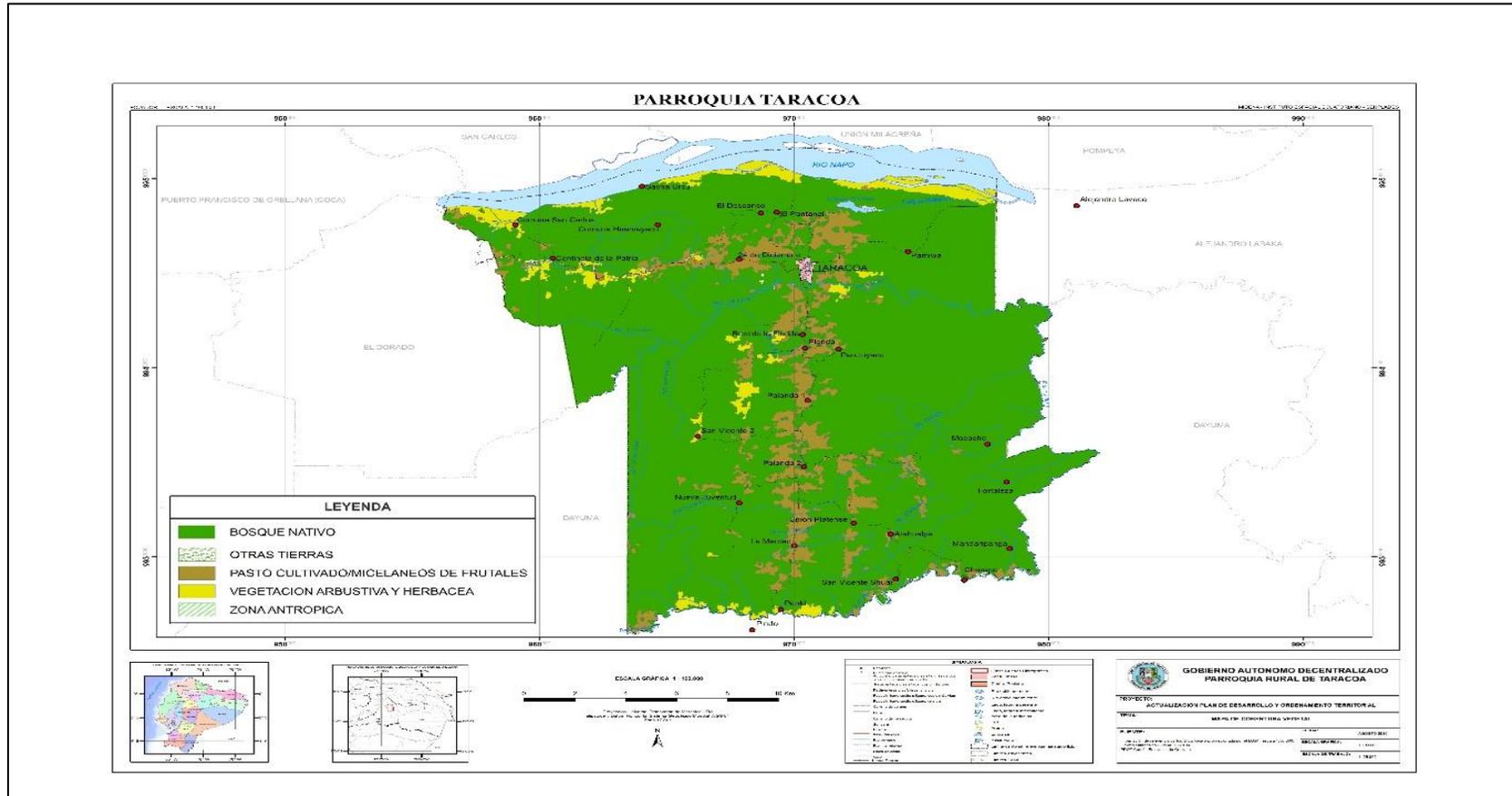
**SANTANA, Ximena Y SANTOS, Jessie.** *Eficiencia del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides) ex – situ en la remoción de los contaminantes orgánicos, caso de estudio río Muerto, cantón Manta.* [En línea] Ecuador - Calceta: s.n., 2016. [Consulta: 26 de mayo de 2017] Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/281>.

**TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE.** *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.* Quito - Ecuador: s.n., 2008.

**VIRGINIO, Elías De Melo,** *Agroforestería sostenible en la Amazonia Ecuatoriana,* Ecuador 2014 pp. 35- 40. Disponible: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554\\_8231/Agroforesteria\\_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554_8231/Agroforesteria_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

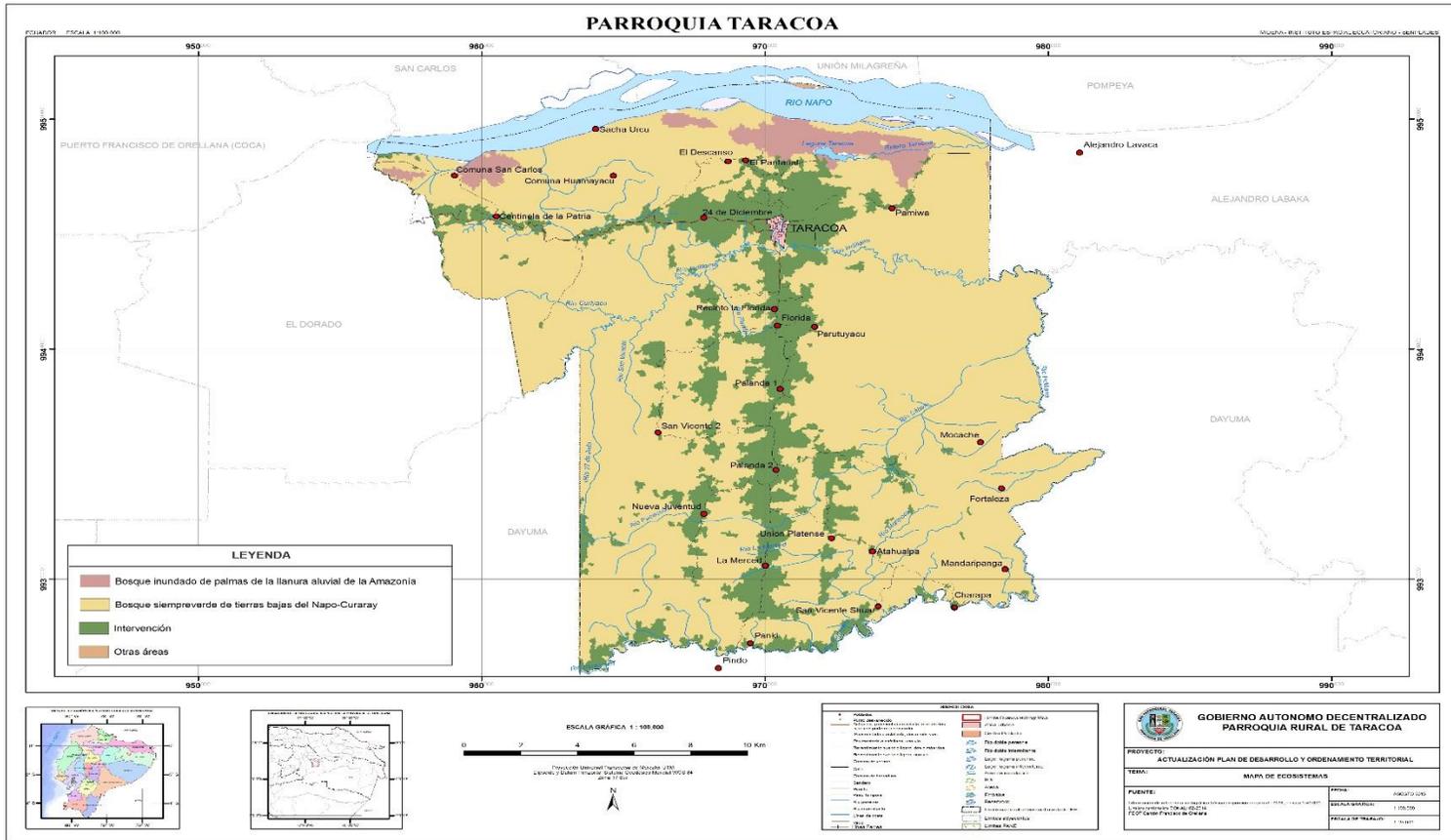
## ANEXOS

### Anexo A: Área de estudio: parroquia Taracoa, cantón Francisco de Orellana



Fuente: (PDOT\_TARACOA, 2016)

Anexo B: Aspectos biofísicos de la parroquia de Taracoa



Fuente: (PDOT\_TARACOA, 2016)

**Anexo C: Fotografías de las fases del proyecto de investigación**



Medición de caudales del río Rumiyaçu



Toma de muestras de aguas de parámetros in situ Medición de calidad del agua antes del envío a laboratorio

**Anexo D: Resultados de la calidad del agua del río Rumiyacu (Punto 1)**

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° CAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 972</b>		
SPS: 17 - 0 735	Análisis de agua		

Coca, 22 de marzo de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 017 03 10 13:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 017 03 10 18:00.  
 Fecha del análisis .....2 017 03 10 a 2 017 03 22  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 4 888 .....Muestra de Agua Río Rumiyacu aguas abajo del punto de captación.  
 Coordenadas:  
 X ..... 302844 E  
 Y .....9947365 N

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 888	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L	4,10	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	< 1,00	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L	< 0,10	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
4	Hierro total	mg/L	0,93	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/L	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UFT	9,36	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 mL	2 900	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 mL	1 100	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015:

TABLA I: CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:  Ing. Gilberto Lopez Perez.  
DIRECTOR TECNICO



 Ing. Homero Vela W.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

**Anexo E: Resultados de la calidad del agua del río Rumiayacu (Punto 2)**

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° CAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 972</b>		
SPS: 17 - 0 735	Análisis de agua		

Coca, 22 de marzo de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 017 03 10 13:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 017 03 10 18:00.  
 Fecha del análisis .....2 017 03 10 a 2 017 03 22  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 4 888.....Muestra de Agua Río Rumiayacu aguas abajo del punto de captación.  
 Coordenadas:  
 X ..... 302844 E  
 Y ..... 9947365 N

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 888	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L	4,10	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	< 1,00	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L	< 0,10	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
4	Hierro total	mg/L	0,93	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/L	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UFT	9,36	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 mL	2 900	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 mL	1 100	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015:

TABLA I: CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:  Ing. Gilberto Lopez Perez.  
DIRECTOR TECNICO



 Ing. Homero Vela W.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

**Anexo F: Resultados de la calidad del agua del río Rumiayacu (Punto 3)**

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano                  Acreditación N° OAE LE 20 07-003                  LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 970</b>		
SPS: 17 - 0 735	Análisis de agua		

Coca, 22 de marzo de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 017 03 10 13:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 017 03 10 18:00.  
 Fecha del análisis .....2 017 03 10 a 2 017 03 22  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 4 886.....Muestra de Agua Río Rumiayacu aguas arriba desde el punto de captación.  
 Coordenadas:  
 X ..... 302811 E  
 Y ..... 9947395 N

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 886	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	7,21	< 4	PEE-LABSU-89	HACII 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	< 1,00	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,10	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
4	Hierro total	mg/L.	0,89	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UFT	11,1	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 ml.	1 300	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 ml.	600	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

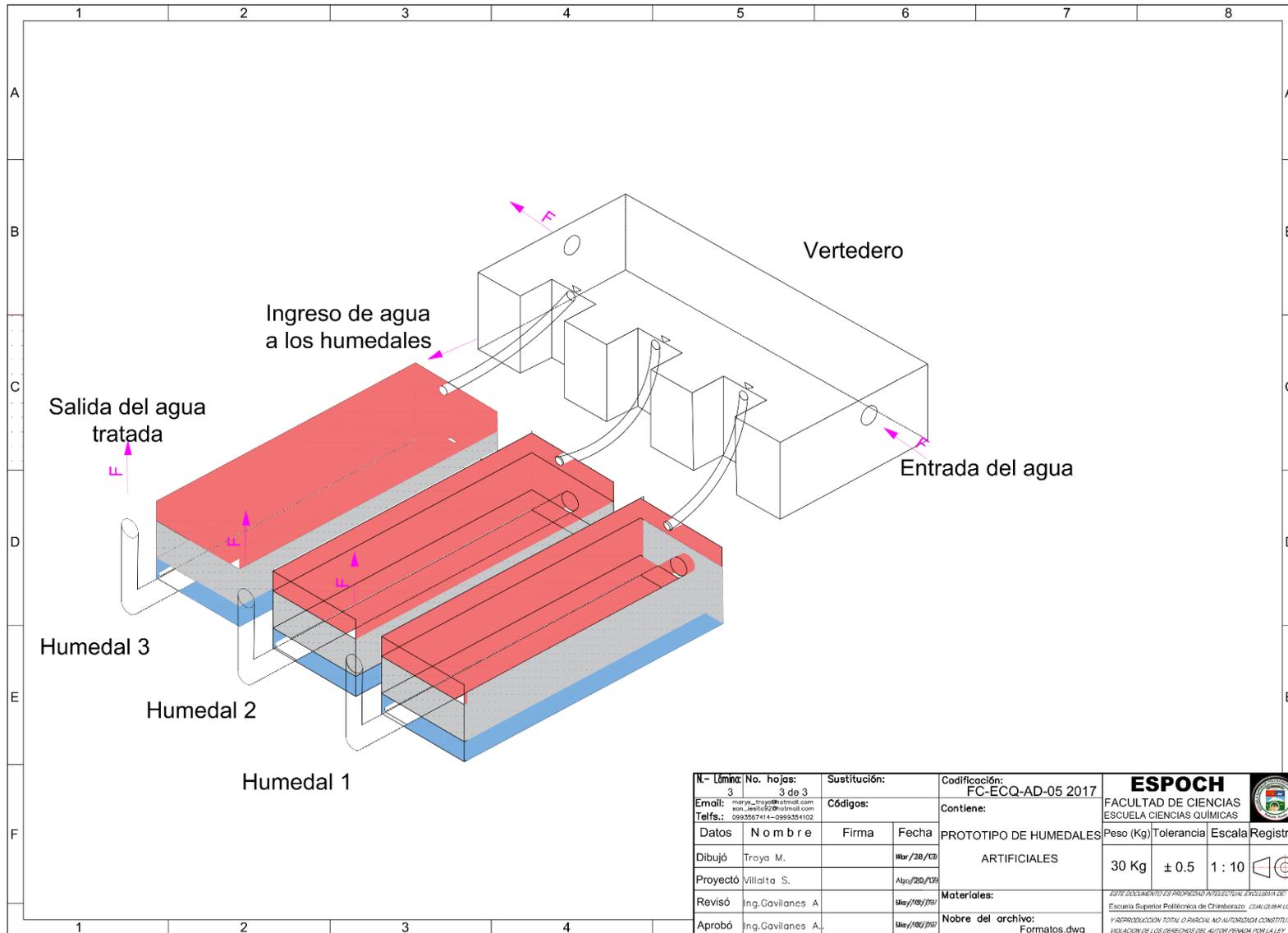
**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
 Ing. Gilberto Lopez Perez.  
 DIRECTOR TECNICO



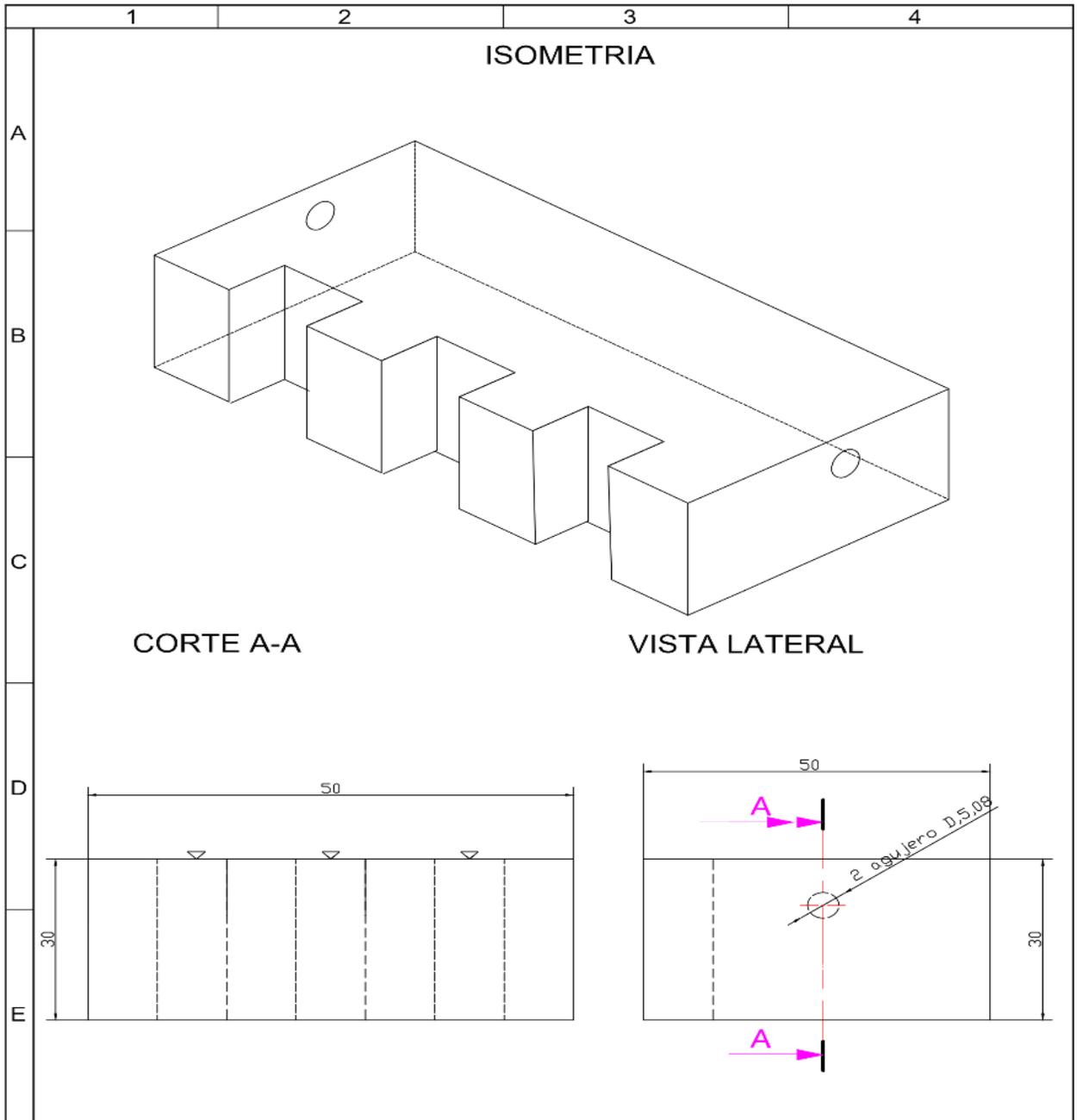
  
 Ing. Homero Vela W.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE



<b>N. Lámina:</b> 3		<b>No. hojas:</b> 3 de 3		<b>Sustitución:</b>		<b>Codificación:</b> FC-ECQ-AD-05 2017		<b>ESPOCH</b>		
<b>Email:</b> marya_troya@hotmail.com esq_angel@esoch.com		<b>Teléfono:</b> 0993567414-0999354102		<b>Códigos:</b>		<b>Contiene:</b>		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA CIENCIAS QUIMICAS		
<b>Datos</b>	<b>N o m b r e</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>PROTOTIPO DE HUMEDALES:</b>		<b>Peso (Kg)</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Escala</b>	<b>Registro</b>	
Dibujó	Troya M.		Mar/28/17	ARTIFICIALES		30 Kg	± 0.5	1 : 10		
Proyectó	Villalta S.		Abr/20/17	<b>Materiales:</b>		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - CUACUMBA UNO				
Revisó	Ing. Gavilanes A.		May/18/17	<b>Nobre del archivo:</b>		REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.				
Aprobó	Ing. Gavilanes A.		May/18/17	Formatos.dwg						

**Anexo H:** Vistas e Isometría del diseño arquitectónico del humedal artificial



N.- Lámina: 2		No. hojas: 2 de 3		Sustitución:		Codificación: FC-ECQ-AD-05 2017		<b>ESPOCH</b>		
Email: marys_troya@hotmail.com son_lesita92@hotmail.com		Telfs.: 0993567414-0999354102		Códigos: 4241 - 4785		Contiene: CANAL CON VERTEDEROS		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS		
Datos	N o m b r e	Firma	Fecha	Materiales: HORMIGON		Peso (Kg)		Tolerancia	Escala	Registro
Dibujó	Troya M.		Abr/28/17	Nombre del archivo: Formatos.dwg		1 Kg		± 0.5	1 : 4	
Proyectó	Villalta S.		Abr/20/17	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY						
Revisó	Ing. Gavilanes A.		May/05/17							
Aprobó	Ing. Gavilanes A.		May/05/17							



**Anexo I: Fotografías de la construcción del humedal a escala**

**Impermeabilización de los humedales**



**Rebrote de gramíneas (pastos) en los ensayos**



**Siembra de especies de las gramíneas en los ensayos**



**Crecimiento y desarrollo de gramíneas**



**Rotulación, evaluación (mensual) de la gramínea según su especie**

**Anexo J: Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto alemán)**

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p><b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 976</b></p>	
SPS: 17 - 1 647	Análisis de agua	

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.  
 Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03  
 Condiciones Ambientales de Análisis..T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C  
 Código de LabSu..... **Identificación de la muestra.**  
 a 5 742..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal pasto Aleman.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 742	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	2,10	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	0,50	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/L.	0,06	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UNT	2,0	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 ml.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 ml.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

EUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.

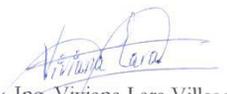
**TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.**

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
Ing. Gilberto López Pérez.  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
Ing. Viviana Lara Villegas.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

## Anexo K: Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto elefante)

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano                  Acreditación Nº OAE LE 2C 07-003                  LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO Nº: 112 977</b>		
SPS: 17 – 1 647	Análisis de agua		

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taraoa.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.

Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.

Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.

Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03

Condiciones Ambientales de Análisis .T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C

Código de LabSu..... Identificación de la muestra.

a 5 743 ..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal pasto elefante.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 743	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	1,01	< 4	PEE-LABSU-89	HAC11 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	0,02	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/L.	< 0,02	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UIT	7,00	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 mL.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 mL.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.  
**TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.**

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización:   
**Ing. Gilberto López Pérez.**  
 DIRECTOR TECNICO



  
**Ing. Viviana Lara Villegas.**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

## Anexo L: Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto chileno)

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06-2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano                  Acreditación N° OAE LE 2C 07-003                  LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 978</b>		
	SPS: 17 - 1 647	Análisis de agua	

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.

Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.

Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.

Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03

Condiciones Ambientales de Análisis .T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C

Código de LabSu..... Identificación de la muestra.

a 5 744 ..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal pasto chileno.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 744	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	1,08	< 4	PEE-LABSU-89	HACI 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	0,36	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/L.	< 0,02	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UFT	2,32	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 mL.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 mL.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización:   
**Ing. Gilberto López Pérez.**  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
**Ing. Viviana Lara Villegas.**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1

**Anexo M: Calidad del agua antes de ingresar al humedal artificial (pasto arvense)**

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p><b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 979</b></p>	
SPS: 17 – 1 647	Análisis de agua	

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.  
 Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 a 5 745..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal blanco testigo.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 745	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	4,00	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	0,95	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/L.	< 0,02	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 20%
5	Hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UNT	4,05	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 mL.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 mL.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

EUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.

**TABLA I. CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.**

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
**Ing. Gilberto López Pérez.**  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
**Ing. Viviana Lara Villegas.**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

**Anexo N: Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto alemán)**

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 Servicio de Acreditación Ecuatoriana Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 976</b>		
SPS: 17 – 1 647	Análisis de agua		

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.  
 Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03  
 Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 a 5 742..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal pasto Aleman.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 742	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	2,10	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	0,50	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/L.	0,06	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 20%
5	Hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UNT	2,0	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 ml.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 ml.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

EUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.

TABLA I. CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:  Ing. Gilberto López Pérez.  
 DIRECTOR TÉCNICO



 Ing. Viviana Lara Villegas.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

## Anexo O: Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto elefante)

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105</p>		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p><b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 977</b></p>		
	SPS: 17 – 1 647	Análisis de agua	

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.  
 Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03  
 Condiciones Ambientales de Análisis. T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 a 5 743..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal pasto elefante.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 743	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/L.	1,01	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L.	0,02	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/L.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/L.	< 0,02	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/L.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UFT	7,00	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 ml.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 ml.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015:

**TABLA I. CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.**

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización:   
Ing. Gilberto López Pérez.  
 DIRECTOR TECNICO



  
Ing. Viviana Lara Villegas.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

## Anexo P: Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto chileno)

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105</p>		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<p><b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 978</b></p>		
SPS: 17 – 1 647	Análisis de agua		

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.  
 Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03  
 Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 a 5 744..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal pasto chileno.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 744	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/l.	1,08	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l.	0,36	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/l.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/l.	< 0,02	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/l.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UIT	2,32	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 ml.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 ml.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015:

TABLA I. CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización:   
 Ing. Gilberto López Pérez.  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
 Ing. Viviana Lara Villegas.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

## Anexo Q: Calidad del agua depurada en el humedal artificial: descarga (pasto arvense)

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 112 979</b>		
	SPS: 17 – 1 647	Análisis de agua	

Coca, 04 de julio de 2017

**Srta. SONIA VILLALTA / MAYRA TROYA.**

Dirección: Taracoa.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Srta. Sonia Villalta / Mayra Troya.  
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 017 06 17 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 017 06 17 11:30.  
 Fecha del análisis..... 2 017 06 17 a 2 017 07 03  
 Condiciones Ambientales de Análisis. T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 a 5 745..... Muestra de Agua tomada en el punto de descarga del humedal blanco testigo.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 5 745	Criterio de Calidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Demanda química de oxígeno	mg/l.	4,00	< 4	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
2	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l.	0,95	< 2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
3	Níquel	mg/l.	< 0,02	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	~
4	Hierro total	mg/l.	< 0,02	1,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
5	Hidrocarburos totales	mg/l.	< 0,05	0,2	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
6	Turbidez	UIT	4,05	100,0	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
7	Coliformes totales	Col/100 ml.	< 2	**	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	Col/100 ml.	< 2	1000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

FUENTE: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, Noviembre del 2015.

TABLE 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE EFLUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE LE 2C 05-002.

### 3.- Responsables del Informe:

  
 Autorización: Ing. Gilberto López Pérez.  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
Ing. Viviana Lara Villegas.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

**Anexo R:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (pasto alemán)

<b>MAYO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	14	27,5	41,0
2	15.5	27,9	41,2
3	14.2	28,00	42,6
4	14.3	30,2	44,00
5	16.4	30,5	43,8
6	16.1	29.7	42,2
7	18.1	28,3	41,7
8	18.2	27.6	42,5
9	17	29,4	43,4
10	15.5	31,00	41,1
<b>JUNIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	54,5	68,0	81.5
2	55,1	69,3	81,3
3	57,2	68,5	82,5
4	56,4	68,9	81,4
5	55.5	69,10	83,6
6	54,3	71,1	82,2
7	57,3	70,4	81,5
8	59,00	70,8	83.4
9	58.3	71.6	81,7
10	56,1	69,2	82,00
<b>JULIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	95,00	1,08	1,22
2	96,1	1,10	1.21
3	95.3	1,09	1.2
4	95,4	1,08	1.2
5	97.3	1,11	1.21
6	96,5	1,06	1.12
7	98,4	1,10	1.22
8	97,00	1,12	1.19
9	98,2	1,13	1.18
10	96,7	1,07	1.17

**Anexo S:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (pasto elefante)

<b>MAYO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	15,0	19,2	28,6
2	15,1	19,3	30,1
3	15,4	19,8	33,3
4	16,2	20,3	28,6
5	16,7	21,4	28,4
6	15,1	22,00	29,7
7	15,00	21.1	29,00
8	16,6	22,6	30,7
9	15,3	19,4	28,3
10	16,8	20.5	31,6
<b>JUNIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	38,00	47,4	56,8
2	39,1	47.,6	56,7
3	41,2	48,2	58,2
4	42,3	49,6	59,4
5	38,3	52,3	57,3
6	38,00	51,3	57,2
7	40,4	50,8	61,00
8	39,5	50,2	60,1
9	41,5	48,1	56,1
10	40,00	48,4	57,2
<b>JULIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	38,00	47,4	56,8
2	39,1	47.,6	56,7
3	41,2	48,2	58,2
4	42,3	49,6	59,4
5	38,3	52,3	57,3
6	38,00	51,3	57,2
7	40,4	50,8	61,00
8	39,5	50,2	60,1
9	41,5	48,1	56,1
10	40,00	48,4	57,2

**Anexo T:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (pasto chileno)

<b>MAYO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
<b>1</b>	18,2	30,8	46,4
<b>2</b>	18,4	30,5	46,5
<b>3</b>	20,6	32,2	47,2
<b>4</b>	21,4	31,4	48,3
<b>5</b>	19,2	30,8	49,3
<b>6</b>	18,6	31,2	46,8
<b>7</b>	20,5	33,00	47,7
<b>8</b>	21,3	32,4	48,6
<b>9</b>	18,2	31,00	46,9
<b>10</b>	20,5	33,00	47,7
<b>JUNIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
<b>1</b>	62,00	77,6	93,00
<b>2</b>	63,2	77,9	94,5
<b>3</b>	62,5	78,3	94,6
<b>4</b>	64,3	78,5	93,8
<b>5</b>	63,6	80,3	95,2
<b>6</b>	62,8	79,4	93,2
<b>7</b>	62,1	78,6	93,00
<b>8</b>	63,4	77,8	94,7
<b>9</b>	63,7	77,6	93,1
<b>10</b>	68,4	79,8	95,1
<b>JULIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
<b>1</b>	1,08	1,24	1,40
<b>2</b>	1,10	1,25	1,40
<b>3</b>	1,09	1,24	1,39
<b>4</b>	1,12	1,29	1,38
<b>5</b>	1,11	1,26	1,37
<b>6</b>	1,14	1,27	1,39
<b>7</b>	1,12	1,24	1,38
<b>8</b>	1,14	1,24	1,37
<b>9</b>	1,15	1,26	1,38
<b>10</b>	1,17	1,30	1,42

**Anexo U:** Evaluaciones mensuales de las gramíneas (arvense)

<b>MAYO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	4,4	7,00	10,8
2	4,1	7,2	10,5
3	4,3	7,6	10,6
4	5,1	8,2	11,00
5	5,6	8,3	11,3
6	5,3	7,7	11,00
7	4,5	7,2	10,7
8	5,2	7,1	12,00
9	4,8	7,4	10,8
10	4,7	8,00	11,4
<b>JUNIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	14	17,2	20,4
2	14,2	17,3	20,3
3	15,6	17,00	20,4
4	16,8	17,4	21,4
5	14,1	17,3	22,3
6	16,1	17,9	21,6
7	16,2	18,3	20,5
8	14,6	17,2	20,1
9	14,3	18,4	21,1
10	14,2	18,00	21,6
<b>JULIO</b>	<b>10 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>20 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>	<b>30 DIAS DE CRECIMIENTO (cm)</b>
1	23,6	26,5	30,1
2	23,4	26,6	30,00
3	24,6	27,1	29,8
4	23,3	27,5	29,1
5	24,2	26,3	30,2
6	23,1	26,5	29,4
7	23,2	27,6	29,3
8	23,8	26,1	29,5
9	23,4	26,3	29,7
10	23,00	26,2	30,1

## Anexo V: Análisis de varianzas gramíneas - remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DQO	12	0.71	0.60	16.52

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27.89	3	9.30	6.52	0.0153
Especie	27.89	3	9.30	6.52	0.0153
Error	11.40	8	1.42		
Total	39.28	11			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.4246 gl: 8

Especie	Medias	n	E.E.			
Arvense	9.19	3	0.69	A		
P. alemán	8.17	3	0.69	A	B	
P. elefante	6.17	3	0.69		B	C
P. chileno	5.37	3	0.69			C

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DBO	12	0.55	0.38	28.77

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.38	3	0.46	3.26	0.0806
Especie	1.38	3	0.46	3.26	0.0806
Error	1.13	8	0.14		
Total	2.51	11			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1411 gl: 8

Especie	Medias	n	E.E.			
P. elefante	1.62	3	0.22	A		
P. alemán	1.44	3	0.22	A	B	
Arvense	1.43	3	0.22	A	B	
P. chileno	0.73	3	0.22			B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Níquel	12	0.45	0.24	79.94

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.9E-04	3	1.6E-04	2.19	0.1676
Especie	4.9E-04	3	1.6E-04	2.19	0.1676
Error	6.0E-04	8	7.5E-05		
Total	1.1E-03	11			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 8

Especie	Medias	n	E.E.
---------	--------	---	------

P. elefante	0.02	3	0.01	A
P. alemán	0.01	3	0.01	A
P. chileno	0.01	3	0.01	A
Arvense	3.3E-03	3	0.01	A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hierro total	12	0.04	0.00	55.52

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.0E-03	3	1.3E-03	0.11	0.9501
Especie	4.0E-03	3	1.3E-03	0.11	0.9501
Error	0.09	8	0.01		
Total	0.10	11			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0118 gl: 8

Especie	Media n	E.E.
P. alemán	0.22	3 0.06 A
Arvense	0.20	3 0.06 A
P. elefante	0.19	3 0.06 A
P. chileno	0.17	3 0.06 A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TPH	12	0.68	0.55	13.58

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.8E-03	3	6.0E-04	5.54	0.0236
Especie	1.8E-03	3	6.0E-04	5.54	0.0236
Error	8.7E-04	8	1.1E-04		
Total	2.7E-03	11			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0001 gl: 8

Especie	Medias	n	E.E.
Arvense	0.09	3	0.01 A
P. alemán	0.08	3	0.01 A B
P. elefante	0.07	3	0.01 B
P. chileno	0.06	3	0.01 B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Turbidez	12	0.58	0.42	62.66

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	298.99	3	99.66	3.63	0.0643
Especie	298.99	3	99.66	3.63	0.0643

Error	219.59	8	27.45
Total	518.58	11	

---

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 27.4491 gl: 8

Especie	Medias	n	E.E.		
P. elefante	16.31	3	3.02	A	
Arvense	8.52	3	3.02	A	B
P. chileno	5.64	3	3.02		B
P. alemán	2.97	3	3.02		B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C. Totales	12	sd	sd	0.00

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	3	0.00	sd	sd
Especie	0.00	3	0.00	sd	sd
Error	0.00	8	0.00		
Total	0.00	11			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C. Fecales	12	sd	sd	0.00

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	3	0.00	sd	sd
Especie	0.00	3	0.00	sd	sd
Error	0.00	8	0.00		
Total	0.00	11			

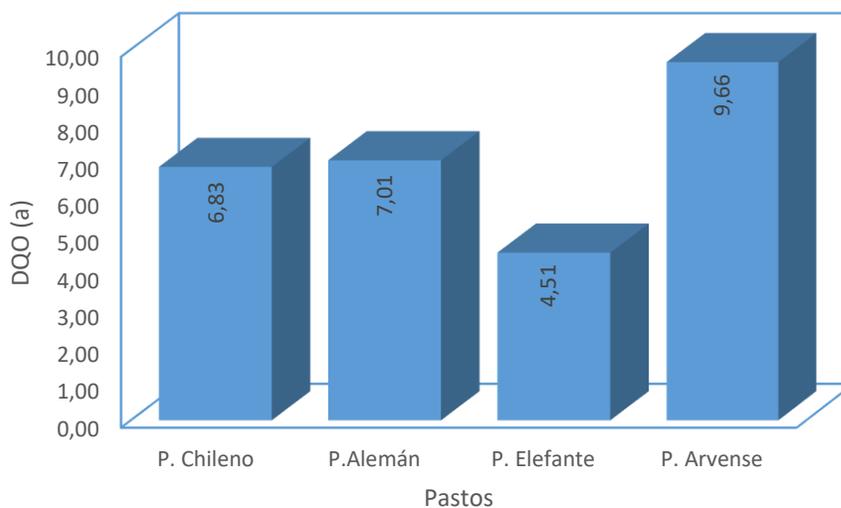
**Anexo W: Análisis Multivariable**

DQO (a)

ADEVA					
F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	119,76			
Repetición	2	0,02	0,01	1,79	0,19
PASTOS	3	119,54	39,85	7128,17	0,00
CA vs AE	1	55,50	55,50	9928,62	0,00
C vs A	1	36,04	36,04	6447,06	0,00
A vs E	1	28,00	28,00	5008,83	0,00
Caudales	2	0,02	0,01	1,80	0,19
Lineal	1	0,01	0,01	1,31	0,26
Cuadratica	1	0,01	0,01	2,29	0,14
Int. AB	6	0,06	0,01	1,69	0,17
Error	22	0,12	0,01		
CV %			1,07		
Media			7,00		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	6,83	c
P. Alemán	7,01	b
P. Elefante	4,51	d
P. Arvense	9,66	a

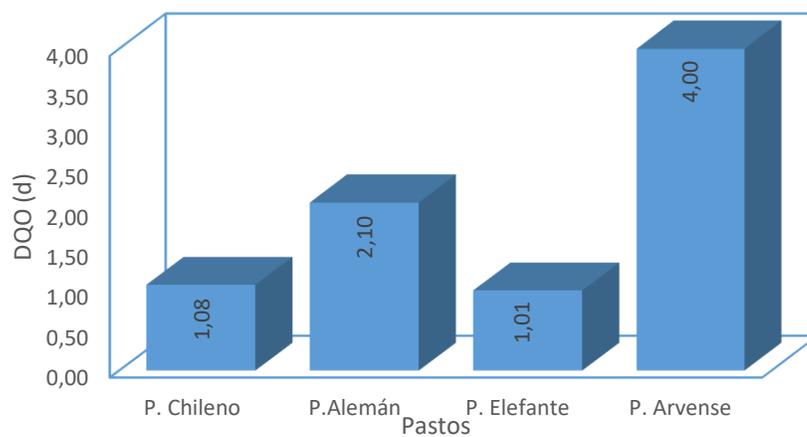


## DQO (d)

ADEVA		
F. Var	gl	S. Cuad
Total	35	56,57
Repetición	2	0,17
PASTOS	3	52,57
CA vs AE	1	8,75
C vs A	1	38,46
A vs E	1	5,36
Caudales	2	0,17
Lineal	1	0,04
Cuadratica	1	0,13
Int. AB	6	0,50
Error	22	3,17
CV %		
Media		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	1,08	c
P.Alemán	2,10	b
P. Elefante	1,01	d
P. Arvense	4,00	a



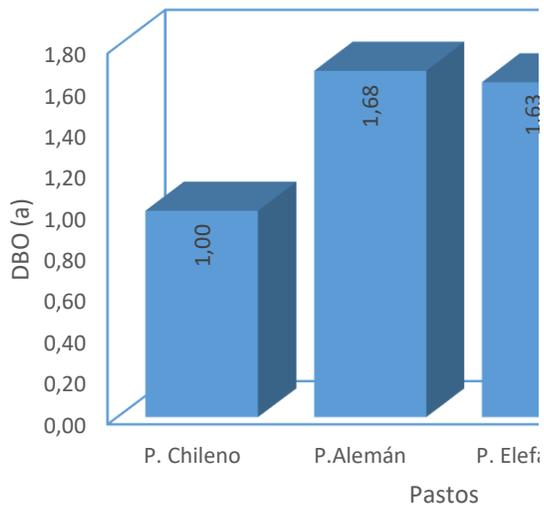
## DBO (a)

ADEVA

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	3,98			
Repetición	2	0,00	0,00	0,22	0,80
PASTOS	3	3,83	1,28	334,21	0,00
CA vs AE	1	3,82	3,82	998,97	0,00
C vs A	1	0,00	0,00	0,02	0,88
A vs E	1	0,01	0,01	3,64	0,07
Caudales	2	0,02	0,01	2,23	0,13
Lineal	1	0,00	0,00	0,53	0,48
Cuadratica	1	0,02	0,02	3,93	0,06
Int. AB	6	0,05	0,01	2,02	0,11
Error	22	0,08	0,00		
CV %			4,65		
Media			1,33		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	1,00	c
P. Alemán	1,68	a
P. Elefante	1,63	b
P. Arvense		



1,00 c

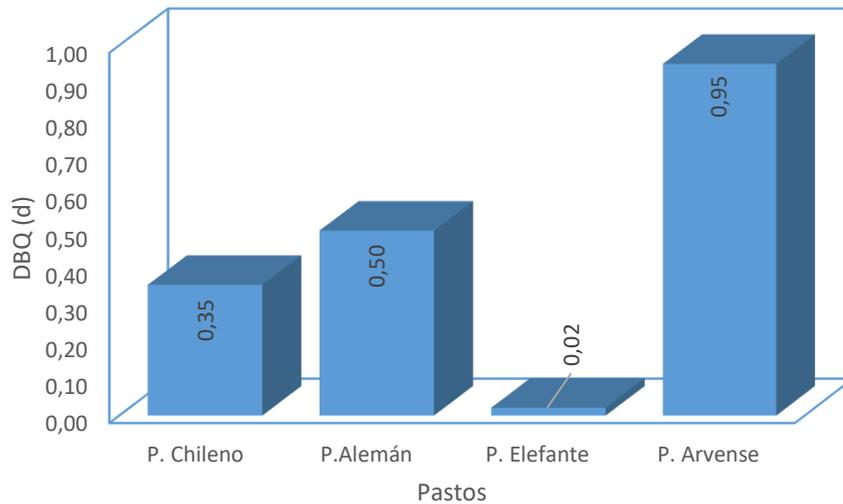
DBO (d)

ADEVA

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	4,02			
Repetición	2	0,00	0,00	0,30	0,75
PASTOS	3	4,01	1,34	3307,80	0,00
CA vs AE	1	1,38	1,38	3405,23	0,00
C vs A	1	1,61	1,61	3977,37	0,00
A vs E	1	1,03	1,03	2540,79	0,00
Caudales	2	0,00	0,00	0,19	0,83
Lineal	1	0,00	0,00	0,04	0,84
Cuadratica	1	0,00	0,00	0,34	0,56
Int. AB	6	0,00	0,00	0,35	0,90
Error	22	0,01	0,00		
CV %			4,41		
Media			0,46		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	0,35	b
P. Alemán	0,50	a
P. Elefante	0,02	b
P. Arvense	0,95	a

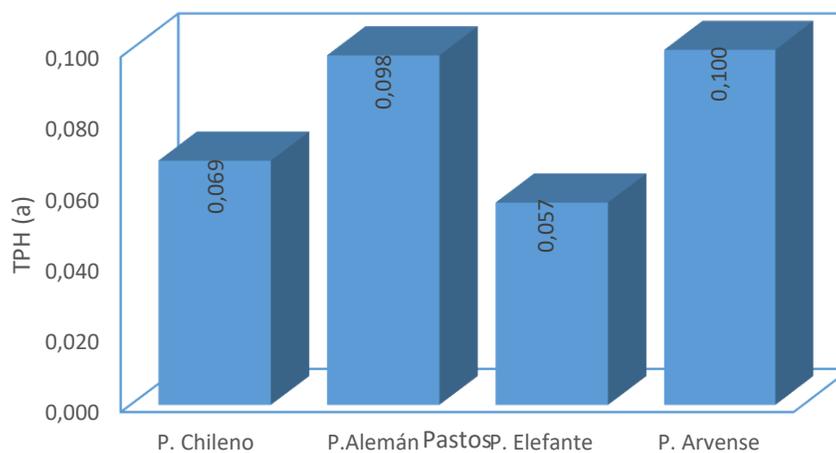


TPH (a)

ADEVA

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	0,01			
Repetición	2	0,00	0,00	1,26	0,30
PASTOS	3	0,01	0,00	69,85	0,00
CA vs AE	1	0,00	0,00	6,74	0,02
C vs A	1	0,00	0,00	73,35	0,00
A vs E	1	0,01	0,01	129,46	0,00
Caudales	2	0,00	0,00	0,15	0,86
Lineal	1	0,00	0,00	0,07	0,79
Cuadratica	1	0,00	0,00	0,24	0,63
Int. AB	6	0,00	0,00	1,27	0,31
Error	22	0,00	0,00		
CV %				9,50	
Separación de medias según Tukey (P < 0,05)			0,08		

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	0,069	c
P. Alemán	0,098	b
P. Elefante	0,057	d
P. Arvense	0,100	a



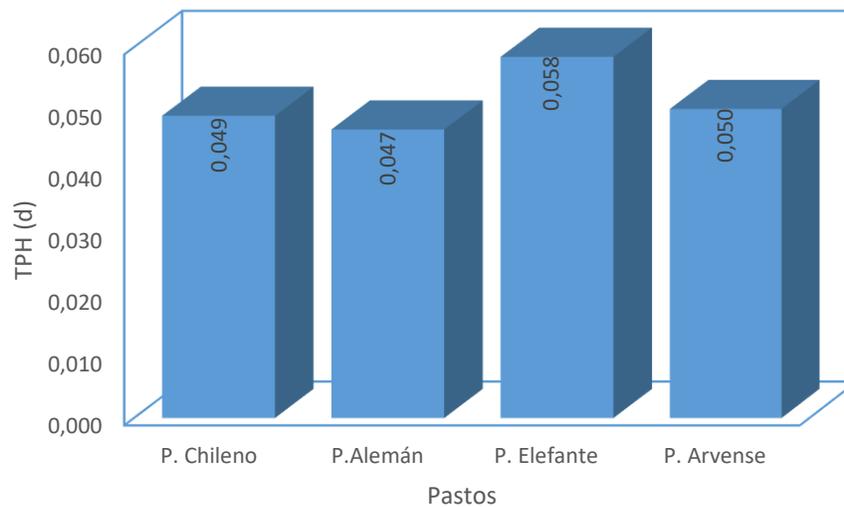
TPH (d)

ADEVA					
F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	0,00			

Repetición	2	0,00	0,00	0,19	0,82
PASTOS	3	0,00	0,00	3,79	0,02
CA vs AE	1	0,00	0,00	1,38	0,25
C vs A	1	0,00	0,00	0,09	0,77
A vs E	1	0,00	0,00	9,91	0,00
Caudales	2	0,00	0,00	0,57	0,58
Lineal	1	0,00	0,00	0,56	0,46
Cuadratica	1	0,00	0,00	0,57	0,46
Int. AB	6	0,00	0,00	0,25	0,95
Error	22	0,00	0,00		
CV %			15,56		
Media			0,05		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	0,049	b
P. Alemán	0,047	b
P. Elefante	0,058	a
P. Arvense	0,050	a



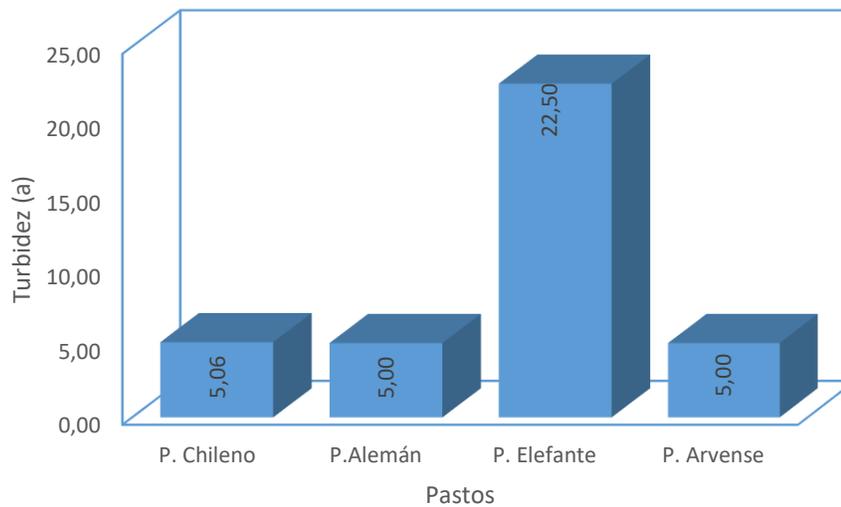
Turbidez (a)

ADEVA					
F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	2062,32			
Repetición	2	0,00	0,00	0,62	0,55

PASTOS	3	2062,31	687,44	2419775,80	0,00
CA vs AE	1	684,52	684,52	2409510,44	0,00
C vs A	1	0,01	0,01	48,89	0,00
A vs E	1	1377,78	1377,78	4849768,08	0,00
Caudales	2	0,00	0,00	0,73	0,49
Lineal	1	0,00	0,00	1,47	0,24
Cuadratica	1	0,00	0,00	0,00	1,00
Int. AB	6	0,00	0,00	0,33	0,91
Error	22	0,01	0,00		
CV %			0,18		
Media			9,39		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	5,06	b
P. Alemán	5,00	b
P. Elefante	22,50	a
P. Arvense	5,00	b



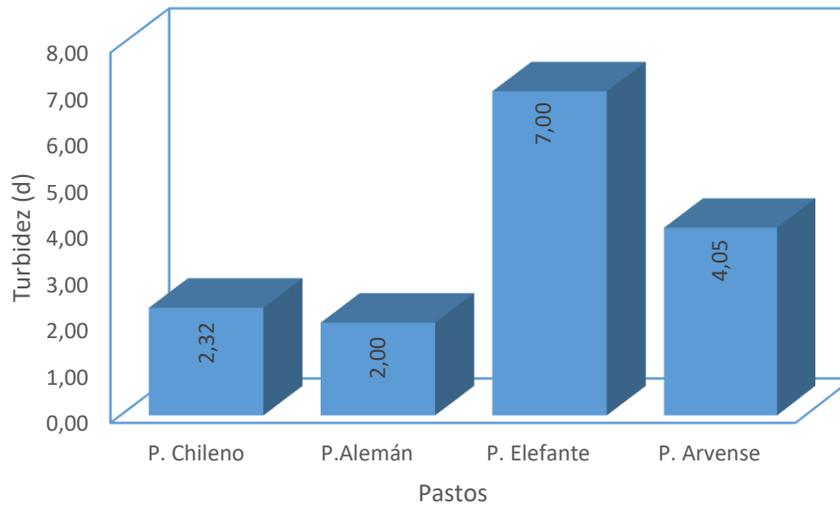
Turbidez (d)

ADEVA					
F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	141,77			
Repetición	2	0,00	0,00	1,92	0,17
PASTOS	3	141,77	47,26	300375,36	0,00

CA vs AE	1	15,55	15,55	98840,31	0,00
C vs A	1	13,47	13,47	85607,51	0,00
A vs E	1	112,75	112,75	716678,25	0,00
Caudales	2	0,00	0,00	0,92	0,41
Lineal	1	0,00	0,00	0,11	0,75
Cuadratica	1	0,00	0,00	1,73	0,20
Int. AB	6	0,00	0,00	0,42	0,86
Error	22	0,00	0,00		
CV %				0,33	
Media			3,84		

Separación de medias según Tukey ( $P < 0,05$ )

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	2,32	c
P. Alemán	2,00	d
P. Elefante	7,00	a
P. Arvense	4,05	b



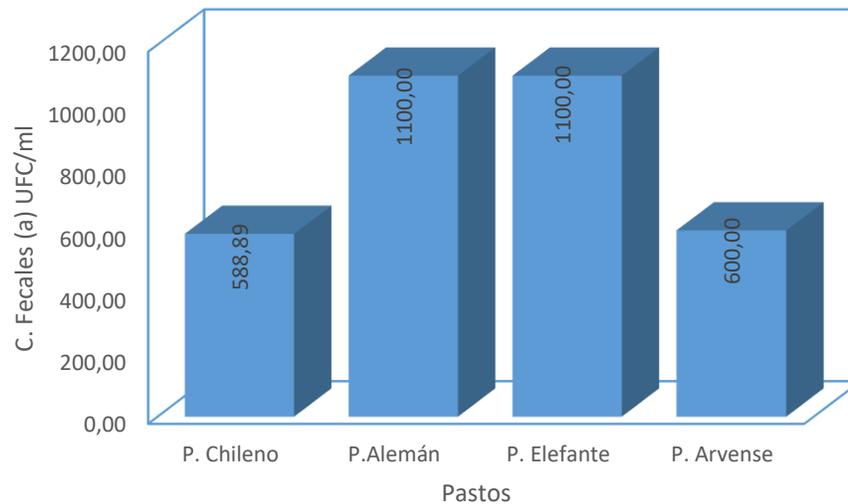
Coliformes Fecales (a)

ADEVA

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	2309722,22			
Repetición	2	555,56	277,78	1,00	0,38
PASTOS	3	2300833,33	766944,44	2761,00	0,00
CA vs AE	1	2300277,78	2300277,78	8281,00	0,00
C vs A	1	555,56	555,56	2,00	0,17
A vs E	1	0,00	0,00	0,00	1,00
}	2	555,56	277,78	1,00	0,38
Lineal	1	0,00	0,00	0,00	1,00
Cuadratica	1	555,56	555,56	2,00	0,17
Int. AB	6	1666,67	277,78	1,00	0,45
Error	22	6111,11	277,78		
CV %			1,97		
Media			847,22		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	588,89	b
P.Alemán	1100,00	a
P. Elefante	1100,00	a
P. Arvense	600,00	b



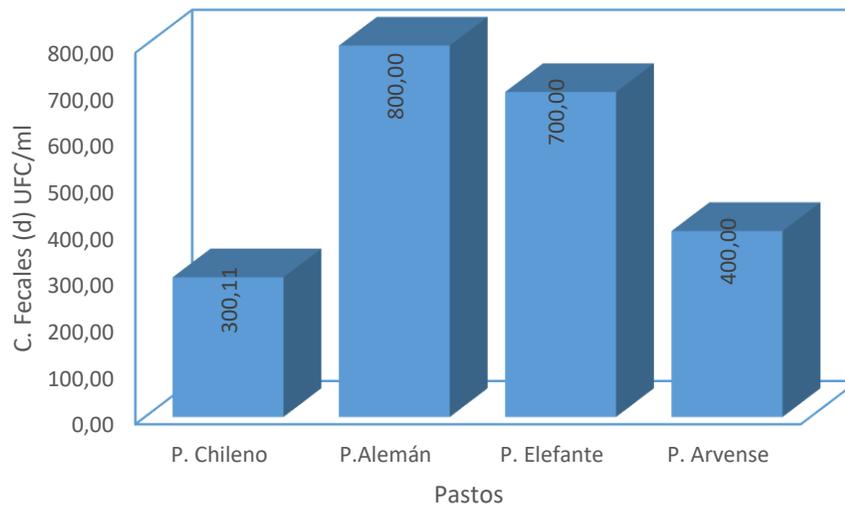
Coliformes Fecales (d)

ADEVA

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	1529500,97			
Repetición	2	0,06	0,03	1,00	0,38
PASTOS	3	1529500,08	509833,36	18354000,98	0,00
CA vs AE	1	1439600,03	1439600,03	51825600,93	0,00
C vs A	1	44900,06	44900,06	1616402,00	0,00
A vs E	1	45000,00	45000,00	1620000,00	0,00
Caudales	2	0,06	0,03	1,00	0,38
Lineal	1	0,04	0,04	1,50	0,23
Cuadratica	1	0,01	0,01	0,50	0,49
Int. AB	6	0,17	0,03	1,00	0,45
Error	22	0,61	0,03		
CV %			0,03		
Media			550,03		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	300,11	d
P. Alemán	800,00	a
P. Arvense	400,00	c



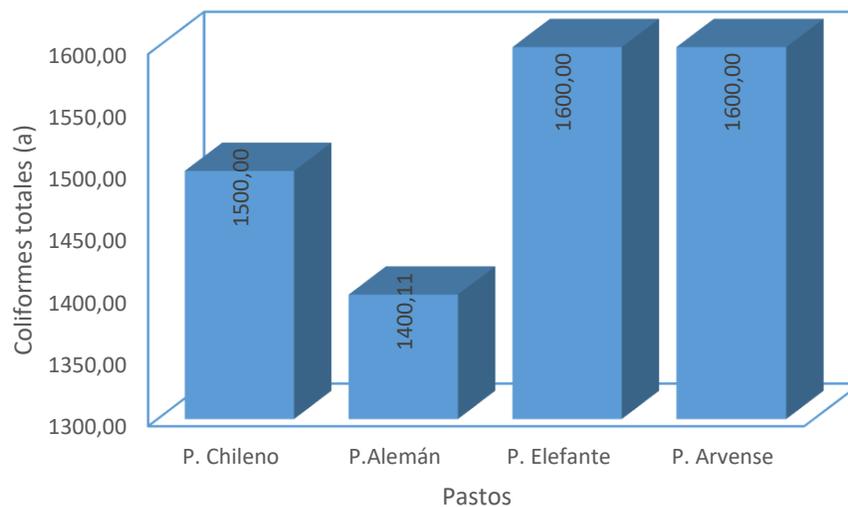
**Coliformes Totales (a)**

ADEVA					
F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher

Total	35	247250,97			
Repetición	2	0,06	0,03	1,00	0,38
PASTOS	3	247250,08	82416,69	2967000,96	0,00
CA vs AE	1	22450,03	22450,03	808200,99	0,00
C vs A	1	45000,00	45000,00	1619999,98	0,00
A vs E	1	179800,06	179800,06	6472801,91	0,00
Caudales	2	0,06	0,03	1,00	0,38
Lineal	1	0,04	0,04	1,50	0,23
Cuadratica	1	0,01	0,01	0,50	0,49
Int. AB	6	0,17	0,03	1,00	0,45
Error	22	0,61	0,03		
CV %			0,01		
Media			1525,03		

Separación de medias según Tukey (P < 0,05)

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	1500,00	b
P. Alemán	1400,11	c
P. Elefante	1600,00	a
P. Arvense	1600,00	a



**Coliformes Totales (d)**

ADEVA					
F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	35	1147150,97			

Repetición	2	0,06	0,03	1,00	0,38
PASTOS	3	1147150,08	382383,36	13765801,15	0,00
CA vs AE	1	22450,03	22450,03	808201,01	0,00
C vs A	1	720000,00	720000,00	25920000,28	0,00
A vs E	1	404700,06	404700,06	14569202,16	0,00
Caudales	2	0,06	0,03	1,00	0,38
Lineal	1	0,04	0,04	1,50	0,23
Cuadratica	1	0,01	0,01	0,50	0,49
Int. AB	6	0,17	0,03	1,00	0,45
Error	22	0,61	0,03		
CV %			0,01		
Media			1175,03		

Separación de medias según Tukey ( $P < 0,05$ )

PASTOS	Media	Grupo
P. Chileno	1000,00	c
P.Alemán	1000,11	c
P. Elefante	1300,00	b
P. Arvense	1400,00	a

