

**CAPÍTULO I**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## 1.1. ANTECEDENTES

Como antecedentes al presente trabajo de investigación, a nivel nacional relacionado a la problemática de los hidrocarburos, se encontró una serie de trabajos realizados bajo el Proyecto “Gestión de Pasivos Ambientales en Áreas Protegidas y su Influencia en el Recurso Hídrico” denominado “Proyecto BOL/91196”.

Inventariación, caracterización y evaluación de riesgos por pasivos ambientales hidrocarburíferos y su influencia en el recurso hídrico en el Parque Nacional Área Natural de Manejo Integrado Amboró, Territorio Indígena y Parque Nacional Isiboro Sécure, Reserva de la Biósfera y Tierra Comunitaria de Origen Pilón Lajas, Reserva Nacional de Vida Silvestre Amazónica Manuripi, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Kaa Iya del Gran Chaco Y en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía Iñaño. (Arancibia Llano, y otros, 2017)

Inventariación, caracterización y evaluación de riesgos por pasivos ambientales hidrocarburíferos y su influencia en el recurso hídrico en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, en el Parque Nacional Carrasco y en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Aguaragüe. (Fernández Trigoso, y otros, 2017)

Durante la visita de campo, a la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, en el trabajo antes mencionado, identificaron el efluente de hidrocarburos objeto de estudio en este trabajo de investigación, ubicado a orillas del Río Cambarí, al cual lo denominaron una emanación natural de hidrocarburo líquido. Cabe mencionar, que en su informe aclaran, no haber realizado muestreo de aguas, en el Río Cambarí.

A nivel departamental, se encontró un trabajo sobre la contaminación e impactos generados por la actividad hidrocarburífera en la Serranía del Aguaragüe, en el cual se hizo además un análisis de cumplimiento de la normativa ambiental vigente. (Mamani Quiquinta, Suares Rueda, & Garcia Terrazas, 2003)

## **1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **Composición de los Hidrocarburos**

Los Hidrocarburos de Petróleo son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos que suponen entre el 50% y el 98% de la composición, su origen es el petróleo crudo. (Estrella Moreira & Guevara, 2015)

Familia de compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Los hidrocarburos se clasifican en dos grupos principales, de cadena abierta y cíclica. En los compuestos de cadena abierta que contienen más de un átomo de carbono, los átomos de carbono están unidos entre sí formando una cadena lineal que puede tener una o más ramificaciones. En los compuestos cíclicos, los átomos de carbono forman uno o más anillos cerrados. Los dos grupos principales se subdividen según su comportamiento químico en saturados e insaturados. (Jiménez Buitrago, 2006)

Los Hidrocarburos de Petróleo son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos que suponen entre el 50% y el 98% de la composición, su origen es el petróleo crudo. Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos derivados del petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de hidrocarburos en un sitio. (Castillo, y otros, 2013)

### **Composición del Agua Natural**

El agua es muy buen disolvente, de hecho, es el disolvente universal, por lo que nunca va a estar en la naturaleza en estado puro. El agua, en su ciclo natural, atraviesa la atmósfera y el suelo, y va arrastrando y disolviendo sus componentes. Por esta razón, incluso en zonas limpias donde no hay contaminación, el agua natural tiene muchísimos componentes, tanto inorgánicos como orgánicos. (Encinas Malagón, 2011)

### **SUSTANCIAS INORGÁNICAS** (procedentes del suelo y del agua de lluvia)

- Especies mayoritarias (de 1 a 10000 mg l-1):  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$
- Especies secundarias (de 0.1 a 10 mg l-1):  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$
- Especies traza (< 10-3 mg l-1): Be, Bi, Cs, Au, Pt, Ra, Ag, Sn,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$
- Especies en suspensión
- ✓ compuestos de Si (> 1 mg l-1), especialmente aluminosilicatos
- ✓ óxidos e hidróxidos: de Fe, de Ti, de Zn, de Al
- ✓ sales de metales de transición: sulfuros, carbonatos, sulfatos

### **SUSTANCIAS ORGÁNICAS** (procedentes de la descomposición de la biomasa)

- Fenoles: más abundantes
- Hidratos de carbono
- Ácidos carboxílicos
- Aminas
- Aminoácidos
- Polipéptidos
- Ácidos grasos
- Sustancias húmicas

### **Efectos de la contaminación de aguas por hidrocarburos**

La contaminación de aguas y suelos por hidrocarburos, tiene un efecto sobre sus propiedades. La determinación cuantitativa de los compuestos de origen del petróleo es muy importante en aguas naturales y residuales, por la disminución en el contenido

de oxígeno en el agua, de la misma manera disminuye la tensión superficial, afectando a los ecosistemas y afectando a la salud humana. (Estrella Moreira & Guevara, 2015)

Un río afectado por un derrame de crudo pierde toda su capacidad de sostener flora y fauna acuática, muchas de las sustancias que contiene el crudo se depositan en los sedimentos y son de difícil degradación y fácilmente bioacumulables. Se calcula que metales pesados como el vanadio puede permanecer en los sedimentos de los ríos por lo menos unos 10 años. (Bravo, 2007)

Los hidrocarburos interfieren en el intercambio de gases entre el aire y el agua. Esto elimina el abastecimiento de oxígeno para los animales de respiración branquial y obstruye, en muchos casos, la posibilidad de respiración pulmonar de otros animales acuáticos. Los hidrocarburos se adhieren a sedimentos, allí forman depósitos, los que se van liberando al ambiente lentamente durante mucho tiempo y actúan como fuentes de contaminación por un largo período. (Estrella Moreira & Guevara, 2015)

Luego de un derrame petrolero, se altera la composición de las poblaciones de peces, pues desaparecen las especies sensibles a la contaminación, y se seleccionan las especies más resistentes. (Bravo, 2007)

Por otro lado, suelen aparecer alteraciones morfológicas en los peces, como la aparición de una aleta más, algo de gigantismo o enanismo, alteración en la coloración, perturbación del desarrollo larval y presencia de tumores. (Bravo, 2007)

Los peces acumulan contaminantes en sus tejidos grasos, provocando el envenenamiento crónico de las poblaciones que se asientan tradicionalmente en las orillas de los ríos para proveerse de agua y pescado. (Bravo, 2007)

En casos de contaminación del agua, los anfibios son fuertemente afectados debido a que ellos respiran a través de su piel, que es muy sensible y a que utilizan el agua y la tierra en todos sus ciclos vitales, pero especialmente en la reproducción. (Bravo, 2007)

Algunas especies de anfibios están restringidas a ciertas zonas del bosque y hábitats muy específicos. Para vivir y reproducirse necesitan de vertientes de agua o riachuelos

con condiciones particulares de corrientes, composición del agua, incidencia de luz en los microhábitats, disponibilidad de escondites, etc. El contacto con contaminación de gran magnitud puede conducir a la extinción de especies endémicas con requerimientos muy estrictos. (Bravo, 2007)

Las especies que son depredadoras como son mamíferos carnívoros, las aves de presa, las libélulas y otros invertebrados, son muy susceptibles a la contaminación pues, acumular durante toda su vida alimento contaminado. (Bravo, 2007)

Entre los animales domésticos se ha registrado que aves de corral mueren en contacto con las aguas de formación y crudo. En el caso del ganado vacuno se ha visto que se produce un alto número de abortos de vacas preñadas, y si la exposición con las aguas de formación es muy alta, estas mueren. (Bravo, 2007)

### **Muestreo de aguas**

**Método de muestreo.** La toma de muestra destinadas al análisis organoléptico, físico-químico, metales pesados, compuestos orgánicos, bacteriológico y/o radiológico debe ser a través de muestras simples, necesariamente debe ser realizada por una persona experimentada o entrenada para tal fin. (NB 496, 2007)

### **Selección de los puntos de muestreo**

**Criterios de selección** Las muestras deben tomarse en lugares representativos del sistema de agua potable, aplicando los criterios de selección y ubicación en los puntos de muestreo, de acuerdo con la reglamentación vigente. (NB 496, 2007)

### 1.3. MARCO CONCEPTUAL

**Aguas naturales.** Según el (RMCH, 1992), son aquéllas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana; y se clasifican en:

- a) Superficiales, como aguas de lagos, lagunas, pantanos, arroyos con aguas permanentes y/o intermitentes, ríos y sus afluentes, nevados y glaciares;
- b) Subterráneas, en estado líquido o gaseoso que afloran de forma natural o por efecto de métodos artificiales;
- c) Meteóricas o atmosféricas, que provienen de lluvias de precipitación natural o artificial.

**Áreas Protegidas (APs).** Son territorios especiales, geográficamente definidos, jurídicamente declarados y sujetos a legislación, manejo y jurisdicción especial para la consecución de objetivos de conservación de la diversidad biológica. (RGAP, 1997)

**Autodepuración.** La autodepuración es un proceso que tiene lugar en las aguas naturales, y consiste en una serie de mecanismos de sedimentación de las partículas presentes en ellas y de procesos químicos y biológicos que producen la degradación de la materia orgánica existente para su conversión en materia inorgánica, que servirá como nutriente a las algas, haciendo aumentar su actividad fotosintética y enriqueciendo de oxígeno el agua. Con ellos se elimina la materia extraña del agua y se restablece el equilibrio natural.

**Contaminación de aguas.** Alteración de las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar o su medio ambiente. (RMCH, 1992)

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno (en mg/ℓ). Cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 h. (RMCH, 1992)

**Efluente Contaminado.** Toda descarga líquida que contenga cualquier forma de materia inorgánica y/u orgánica o energía, que no cumpla los límites establecidos en el presente reglamento. (RMCH, 1992)

**Evaluación de Impacto Ambiental.** Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al conjunto de procedimientos administrativos, estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el medio ambiente. (Ley 1333, 1992)

**Hidrocarburos.** Son los compuestos de carbono e hidrógeno, incluyendo los elementos asociados, que se presentan en la naturaleza, ya sea en el suelo o en el subsuelo, cualquiera sea su estado físico, que conforman el Gas Natural, Petróleo y sus productos derivados, incluyendo el Gas Licuado de Petróleo producido en refinerías y plantas de extracción de licuables. (Ley 3058, 2005)

**Hidrocarburos totales de petróleo.** El término hidrocarburos totales de petróleo (abreviados TPH en inglés) se usa para describir una gran familia de varios cientos de compuestos químicos originados de petróleo crudo. El petróleo crudo es usado para manufacturar productos de petróleo, los que pueden contaminar el ambiente. Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos de petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de TPH en un sitio. (ATSDR, 1999)

**Impacto ambiental.** Todo efecto que se manifieste en el Conjunto de "valores" naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinados y que pueden ser de carácter positivo o negativo. (Art. 4) (RGGA, 1992)

**In situ:** Término utilizado para observaciones en el lugar. (Bustillo Salazar, y otros, 2017)

**LMP.** Concentración o grado de presencia de elementos, compuestos o sustancias; también incluye parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. (RASH, 1996)



**Muestreo.** Acción que consiste en tomar muestras con el objeto de analizar sus propiedades y características. (NB 496, 2007)

**Muestra de agua.** La fracción significativa y representativa de una masa mayor de agua que conserva sus propiedades y características. (NB 496, 2007)

**Oxígeno Disuelto.** El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. (Jiménez Buitrago, 2006)

**Parámetro.** Nombre del elemento o compuesto a medirse mediante un procedimiento analítico de un laboratorio. (NB 512, 2007)

**Petróleo.** Los hidrocarburos que en condiciones normalizadas de temperatura y presión se presentan en estado líquido, así como la Gasolina Natural y los Hidrocarburos Líquidos que se obtienen en los procesos de separación del gas. (Ley 3058, 2005)

**Punto sin impacto.** Punto fuera del área de descarga en un curso de agua, aguas arriba, donde no existe impacto de la descarga de aguas residuales crudas o tratadas. (RMCH, 1992)

**Punto de muestreo.** Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa, para su posterior caracterización físico-química, bacteriológica y/o radiológica. (NB 496, 2007)

**Substancia peligrosa.** Son consideradas sustancias peligrosas aquellas que presenten o conlleven, entre otras, las siguientes características intrínsecas: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad o bioinfecciosidad, radioactividad, reactividad y toxicidad, de acuerdo a pruebas estándar. (RASP, 1992)

## **1.4. MARCO LEGAL**

### **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE)**

**Artículo 376.** Los recursos hídricos de los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas hidrográficas, por su potencialidad, por la variedad de recursos naturales que contienen y por ser parte fundamental de los ecosistemas, se consideran recursos estratégicos para el desarrollo y la soberanía boliviana. El Estado evitará acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionen daños a los ecosistemas o disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población.

### **LEY N° 1333. LEY DE MEDIO AMBIENTE**

**Artículo 39.** El Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido o gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno.

Los organismos correspondientes reglamentarán el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas.

**Artículo 73.** Los recursos energéticos constituyen factores esenciales para el desarrollo sostenible del país, debiendo su aprovechamiento realizarse eficientemente, bajo las normas de protección y conservación del medio ambiente.

Las actividades hidrocarburíferas, realizadas por YPFB y otras empresas, en todas sus fases, deberán contemplar medidas ambientales de prevención y control de contaminación, deforestación, erosión y sedimentación, así como de protección de flora y de fauna silvestre, paisaje natural y áreas protegidas.

Asimismo, deberán implementarse planes de contingencias para evitar derrames de hidrocarburos y otros productos contaminantes.

**Artículo 74.** El Ministerio de Energía e Hidrocarburos, en coordinación con la Secretaría Nacional del Medio ambiente, elaborará las normas específicas pertinentes.

Asimismo, promoverá la investigación, aplicación y uso de energía alternativas no contaminantes.

### **LEY N° 3058. LEY DE HIDROCARBUROS**

**Artículo 1.** (Alcance). Las disposiciones de la presente Ley norman las actividades hidrocarburíferas de acuerdo a la Constitución Política del Estado y establecen los principios, las normas y los procedimientos fundamentales que rigen en todo el territorio nacional para el sector hidrocarburífero.

Todas las personas individuales o colectivas, nacionales o extranjeras, públicas, de sociedades de economía mixta y privadas que realizan y/o realicen actividades en el sector hidrocarburífero, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), los servidores públicos, consumidores y usuarios de los servicios públicos, quedan sometidos a la presente Ley.

### **REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA**

**Artículo 1.** La presente disposición legal reglamenta la Ley del Medio Ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992 en lo referente a la prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco del desarrollo sostenible.

### **LIMITES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS RECEPTORES (ANEXO A – RMCH)**

**Artículo 1.** Los límites de calidad de las Clases A, B, C y D de cuerpos receptores en las que se han clasificado los cuerpos de agua, se presentan en el cuadro No A-1.

### **REGLAMENTO PARA ACTIVIDADES CON SUSTANCIAS PELIGROSAS**

**Artículo 2.** Para efectos de este Reglamento, son consideradas sustancias peligrosas aquellas que presenten o conlleven, entre otras, las siguientes características intrínsecas: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad o bioinfecciosidad, radioactividad, reactividad y toxicidad, de acuerdo a pruebas estándar.

**Artículo 52.** Las sustancias peligrosas deben ser almacenadas en áreas, lugares y ambientes que reúnan condiciones y garanticen su seguridad, de acuerdo con lo dispuesto por el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

## **REGLAMENTO AMBIENTAL PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

**Artículo 1.** El presente Reglamento tiene por objeto regular y establecer los límites y procedimientos para las actividades del sector hidrocarburos que se lleven a efecto en todo el territorio nacional, relativas a: exploración, explotación, refinación e industrialización, transporte, comercialización, mercadeo y distribución de petróleo crudo, gas natural y su respectiva comercialización, cuyas operaciones produzcan impactos ambientales y/o sociales en el medio ambiente y en la organización socioeconómica de las poblaciones asentadas en su área de influencia.

## **DECRETO SUPREMO N° 2400**

**Artículo 1. (OBJETO).** El presente Decreto Supremo tiene por objeto complementar y modificar el Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 24335, de 19 de julio de 1996 y sus modificaciones.

**Artículo 2.- (INCORPORACIÓN).** Se incorpora el Título IV en el Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 24335, de 19 de julio de 1996, con el siguiente texto:

### **TÍTULO IV**

#### **LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES**

##### **Artículo 131. (APLICABILIDAD)**

I. Los Límites Máximos Permisibles – LMP, son aplicables a todas las operaciones, actividades y rubros de la cadena productiva Hidrocarburífera y/o grandes administradores por empresa o persona natural o jurídica, pública o privada que generen emisiones o descargas que puedan alterar la calidad del aire, agua y suelo.

II. Para la aplicación del presente Reglamento se entenderá como LMP, a la concentración o grado de presencia de elementos, compuestos o sustancias; también

incluye parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente.

**Artículo 132. (EVALUACIÓN DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES).**

Los LMP, serán evaluados conforme establece el Anexo N° 7 del presente Reglamento, bajo el siguiente detalle:

- a. Límites Máximos Permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector Hidrocarburos;
- b. Límites Máximos Permisibles para emisiones atmosféricas para el sector Hidrocarburos;
- c. Límites Máximos Permisibles para contaminantes hidrocarburiíferos en suelos.

**ANEXO 7.1.1.** Límites Máximos Permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector Hidrocarburos.

**CAPÍTULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo de investigación está bajo el enfoque cuantitativo, porque se realizará recolección de datos sobre la concentración de algunos parámetros del Río Cambarí, para posteriormente hacer un análisis de los mismos.

Los métodos o tipos de investigación que se utilizarán son: **Investigación descriptiva** que; son las que pretenden decir cómo es la realidad (Mejía Mejía, 2005). En este trabajo de investigación, se deberá realizar la descripción del área de estudio, reflejando sus características observadas, el **Método cuantitativo** que; utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. (Cabezas Mejía, Andrade Naranjo, & Torres Santamaría, 2018); el **método Analítico cuantitativo** que; tiene como propósito fundamental el de analizar y cuantificar un hecho, evento para comprenderlo en término de sus aspectos y componentes, (Avendaño, 2008). Estos dos últimos, se utilizarán al analizar los datos obtenidos en campo y los resultados de laboratorio.

Las técnicas a utilizar, son: **la Observación** que; se aplicará in situ, para verificar la realidad, características, comportamiento; situación actual del área de estudio y la **Técnica documental**, que será muy necesaria; tendremos que recurrir a todo tipo de bibliografías, documentos y archivos para nutrir la información y conocimiento sobre el tema y área de investigación.

Los instrumentos a utilizar, serán: el **protocolo de muestreo de aguas de YACULAB SRL**, para realizar una buena toma de muestras de aguas en el Río Cambarí y las **fichas de observación** que; serán muy necesarias a la hora de recopilar datos o información en campo, que sea muy importante y no queramos olvidar.

## **2.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Nuestra área de estudio comprende la Reserva Nacional de Flora y fauna Tariquía, formando parte de la cuenca del Río Grande de Tarija, en la microcuenca Cambarí. El efluente de hidrocarburos se encuentra ubicado en coordenadas:

✓ 359633.00 m Este

✓ 7547136.00 m Sur

### **RESERVA NACIONAL DE FLORA Y FAUNA TARIQUÍA**

#### **Ubicación, superficie y límites**

El área protegida se ubica al sur de Bolivia, en el departamento de Tarija, en el territorio que corresponde a cuatro provincias: Arce, O'Connor, Gran Chaco y Avilés.

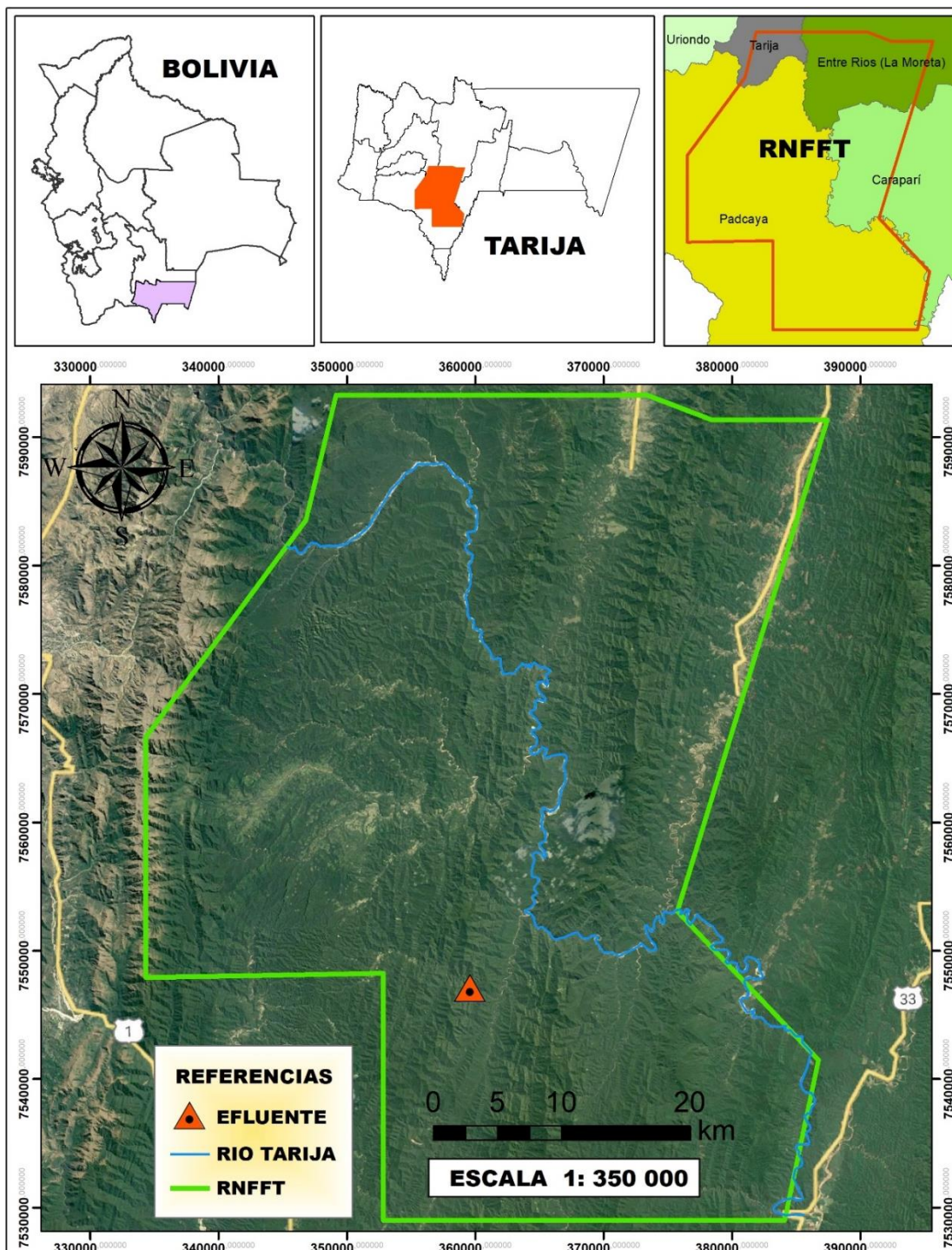
La Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía tiene una superficie aproximada de 246870 hectáreas.

#### **Municipios**

La Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía está bajo la jurisdicción de cuatro municipios: Padcaya, Entre Ríos, Caraparí y Concepción.



Mapa 1. Delimitación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

## **Aspectos Físico – Naturales**

### **Orografía**

La RNFFT pertenece a las provincias fisiográficas de la cordillera oriental sur. El relieve del área es fuertemente ondulado, con serranías paralelas que corren de Norte a Sur y que aumentan progresivamente de altura hacia el Oeste.

En la RNFFT existen dos conjuntos de serranías escalonadas en sentido ascendente de Este a Oeste, separados por una depresión de Norte a Sur ocupada por los ríos Salinas, Tarija (centro), Cambarí y Conchas-Salado. Tienen una orientación submeridiana, (rumbo NNE-SSO); la unidad más conspicua del sistema es la sierra de Nua Paruma, que alcanza la máxima altura de la reserva. Hacia el oriente destaca el conjunto de las serranías de San Telmo, representada en este sector por tres cordones; las mayores elevaciones están en la serranía occidental, que es la prolongación septentrional de la Sierra de las Pavas (Aguilera 1999).

### **Hidrografía**

La RNFFT pertenece a la cuenca del Plata, subcuenca norte de la cuenca superior del Río Bermejo, cuyos más importantes afluentes son los ríos Orozas, Chiquiacá y Grande de Tarija, con sus propios afluentes. La red que drenaje del área corresponde en 95% a la cuenca del Río Grande de Tarija, caracterizado por ser un torrente de alta energía, y cuyo cauce principal cruza en diagonal de NO a SE toda la reserva. Los cauces principales son amplios, con playas y meandros encajonados. Los valles se encajonan al atravesar las rocas más antiguas, formando cañones con rápidos, saltos y pozos profundos. El restante 5% de la red de drenaje se concentra en las nacientes de los ríos Emborozú, Salado Conchas y San Telmo, que forman parte de la cuenca del Río Bermejo (Aguilera 1999).

### **Flora**

Las investigaciones realizadas en el área han determinado la presencia de 609 especies botánicas, 135 familias y 382 géneros. Las familias mejor representadas son las leguminosas, mirtáceas, lauráceas y sapindáceas; entre las arbustivas se destacan las

compuestas, solanáceas y melastomatáceas; dentro las especies no arbóreas encontramos las bromeliáceas, orchidáceas y helechos (Paniagua 1999).

De acuerdo al uso que se les da, las especies con alto valor económico para los pobladores de la reserva son el nogal (*Junglans australis*), el cedro (*Cedrela* spp), la afata (*Cordia alliodora*), el urundel (*Astronium urundeuva*), el guayabo (*Eugenia pungens*), el pacay del campo (*Inga* spp), el chilto (*Solanum betaceae*), el ceibo (*Erithrina falcata*), el cedrillo (*Cedrela lilloi*), el lapacho (*Tabebuia* spp), el barroso (*Blepharocalix salicifolius*), el laurel de monte (*Cinnamomum porphyria*) y la quina blanca (*Lonchocarpus lilloá*).

### **Fauna**

La fauna de mamíferos está representada por 58 especies, de las cuales el jucumari (*Tremarctos ornatus*), el anta (*Tapirus terrestris*), la taruca (*Hippocamelus antisensis*), el jaguar-tigre (*Panthera onca*), el carpincho (*Hydrochaerus hydrochaeris*) y el oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*) están en alguna categoría de UICN por el estado de amenaza de sus poblaciones.

Las aves están representadas por 241 especies registradas que pertenecen a 47 familias (Sarmiento 1999). Entre las especies raras se encuentran el pato negro (*Cairina moschata*), el pato de los torrentes (*Merganetta armata*) (VU), águila s (*Harpyhaliaetus solitarius* (VU) y *Spizastur melanoleucus*), la paraba militar (*Ara militaris*), el bato (*Jabiru mycteria*), el mirlo de agua (*Conclusa Schulz*), el loro alise - ro (*Amazona tucumana*) y la pava alisara (*Penélope dabbeneí*). La conservación de estas especies se considera de alta prioridad porque sus poblaciones están en declinación en todo su rango, debido a las presiones de caza o destrucción de hábitat s (Sarmiento 1999).

Barrera (1999) reporta que hay 64 especies ictiológicas registradas en la reserva, muchas de las cuales son exclusivas de la cuenca Paraguay-Paraná. El robal (*Paulicea lutkeni*) tiene la peculiaridad de habitar lugares con características particulares, como la zona de El Cajón, por lo que se la considera una especie aparentemente rara en toda su área de distribución. Entre las especies que presentan algún grado de peligro están

el sábalo (*Prochilodus lineatus*), por la sobreexplotación que sufre durante las migraciones y por los planes de regulación hídrica de la cuenca Paraguay-Paraná; el dorado (*Salminus maxillosus*), por la explotación para uso comercial y deportivo, el *Acrobrycon tarijae* y el *Oligosarcus maxillosus* (Dienton) (vulnerables según UICN 1990), por su distribución restringida y por los efectos de la contaminación minera y petrolera en algunos sistemas acuáticos. En la RNFFT se han encontrado 43 especies de herpetozoos (29 géneros y 11 familias), de las que 24 son anfibios y 19 son reptiles. Entre las especies halladas están el *Bufo* aff. *veraguensis*, *Hyla* aff. *marianatae*, *Gastrotheca* aff. *marsupiata*, además de 13 nuevos registros para el departamento de Tarija, de los cuales ocho son anfibios, dos son lagartijas y tres, serpientes. Hasta el momento se han encontrado en la reserva 12 órdenes de insectos y dos órdenes de arácnidos; el grupo dominante registrado son los coleópteros. Se ha determinado la presencia de 12 familias de lepidópteros nocturnos y cinco familias de mariposas diurnas, además de dípteros e himenópteros.

### **Clima**

El rango altitudinal oscila entre los 500 y 3500 msnm; la precipitación promedio va de los 700 mm a los 2000 mm anuales de precipitación (González et al. 1996; ENTRIX 1997; Aguilera 1999). En las montañas del Oeste predomina el clima frío templado con temperaturas medias anuales de 10°C a 15°C y precipitaciones de 800 mm. En el centro el clima es de templado-cálido a cálido, con temperaturas medias anuales de 20°C a 22°C y lluvias que varían entre los 900 mm y los 1200 mm anuales, concentradas entre septiembre y mayo.

Probablemente las mayores precipitaciones se registran entre los 1500 a 2000 msnm y superan los 1500 mm anuales de precipitación. El período lluvioso va desde noviembre a marzo, con el 85% de las precipitaciones anuales. En los meses de junio, julio y agosto la precipitación es escasa o nula; en esta época también se registran heladas en las zonas cálidas, y en abril y octubre, en las zonas más frías.

### 2.3. MATERIALES Y EQUIPOS

- ❖ Libreta de campo
- ❖ Bolígrafo
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ GPS
- ❖ Computadora
- ❖ EPP
- ❖ Tablero
- ❖ Planillas de muestreo
- ❖ Frascos de muestreo
- ❖ Conservadora
- ❖ Termómetro
- ❖ Oxímetro

## **2.4. PROCESO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN**

Para realizar la determinación de la contaminación de las aguas del Río Cambarí en la RNFFT, generada por el efluente de hidrocarburos, se seguirá el siguiente proceso metodológico, ordenado de acuerdo a los objetivos específicos planteados.

### **2.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Describir el efluente de hidrocarburos en el talud y también el respectivo cuerpo receptor, a través de la observación in situ y llenado de fichas de inventariación.**

**2.4.1.1. Recopilación de información secundaria.** Consiste en investigar y leer toda la información secundaria, que nos permita conocer más sobre el tema y área de estudio.

**2.4.1.2. Recolección de información primaria.** Se realizará un recorrido en el área de estudio. Que nos permita observar y obtener información primaria para cumplir con el objetivo planteado.

Se deberá observar con mucha atención las características que presente el efluente de hidrocarburos, su ubicación, su área, el olor, color, y otros aspectos que se consideren importantes.

Se realizará un recorrido del cuerpo receptor, aguas abajo del efluente, para realizar una descripción del mismo. Para esto dividiremos el río en tres partes:

- ✓ **Canal del río.** Se describirán las características organolépticas del agua.
- ✓ **Orilla.** Se deberá observar la existencia de residuos de hidrocarburos.
- ✓ **Ribera.** Se observará las características que presente la ribera del río objeto de estudio.

Para facilitar la toma de datos y descripción del área de estudio, nos apoyaremos con fichas de inventariación (Ver anexo 4).

**2.4.1.3. Descripción del efluente de hidrocarburos y del cuerpo receptor.** Se realizará la descripción del efluente de hidrocarburos y del cuerpo receptor, de la

manera más clara posible, con la información recogida in situ, con ayuda de las fichas de inventariación.

**2.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Determinar la contaminación del Río Cambarí, mediante la comparación de los límites máximos permisibles establecidos en el RMCH y el D.S. 2400, con los resultados de laboratorio obtenidos de los parámetros físico-químicos seleccionados para este trabajo de investigación.**

**2.4.2.1. Selección de parámetros a medir.** En Gabinete, se seleccionó los siguientes parámetros, para hacer el análisis de aguas, en este trabajo de investigación.

- ✓ Temperatura
- ✓ Oxígeno Disuelto (OD)
- ✓ Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- ✓ Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)

**2.4.2.2. Definición del método de muestreo**

El muestreo se realizará siguiendo el protocolo de muestreo de aguas de YACULAB Laboratorios y servicios, denominado “INSTRUCTIVO DE MUESTRA DE AGUAS”, del cual citaremos a continuación los puntos más importantes relacionados con la temática del presente trabajo de investigación.

**Materiales necesarios**

- Recipientes de vidrio (boro silicato) de 1000 ml y 150 ml de color ámbar. Esterilizados según GS-P02- IT07
- Tapón de teflón para (TPH)
- Hielo
- Conservadora.

## **Envases**

### **Precauciones generales:**

- Todos los recipientes utilizados para la toma de muestra deben estar limpios y tener cierre hermético. En caso de emplear botellas de agua mineral, asegurarse de que las mismas no hayan sido usadas previamente. No es recomendable emplear envases de bebidas gaseosas, jugos, bebidas alcohólicas u otros.
- Evitar el uso de detergente u otro tipo de sustancias de limpieza.
- Se recomienda el uso de guantes de látex durante la manipulación.
- El volumen mínimo necesario para cada tipo de análisis, así como las condiciones de conservación y tipo de envase, se detallan en el punto 2.5. Conservación.

### **Precauciones especiales**

- **Análisis GC (Hidrocarburos):** Las muestras deben recolectarse en envase limpios de vidrio de color ámbar, preferentemente secados a temperaturas 100 °C luego del lavado. Una vez secos, se deben tapar inmediatamente y mantenerlos así hasta la toma de muestra. La tapa debe contener una septa de teflón o un recubrimiento interior de papel de aluminio de forma que el agua no tenga contacto con el plástico de la tapa. El papel de aluminio no debe interferir en el cierre hermético de la tapa (no debe quedar papel en la zona de la rosca).

**Toma de muestras:** Es una operación que debe efectuarse con el mayor cuidado posible, de manera que la muestra de agua sea homogénea y representativa, evitando una contaminación accidental debido a condiciones inadecuadas, o cualquier otro descuido durante el momento de la obtención u envío de la muestra, lo cual podrían modificar los resultados del examen.

**Agua Superficial.** Observar los alrededores si hay aportes accidentales de otros cursos o descargas de líquidos industriales o cloacales, tener en cuenta la influencia de los mismos en el recurso a muestrear.



a) Si no se observa corriente de agua, quitar el tapón con una mano y con la otra sumergir rápidamente el frasco con la boca hacia abajo unos 30 cm, invertir ( $45^\circ$ ), llenar y tapar (para análisis fisicoquímicos. Metales y contaminantes, sin espacio de aire, y para análisis microbiológicos dejar espacio de aire).

b) Si hay corriente de agua, dirigir la boca del frasco en contracorriente para evitar que se introduzcan bacterias o contaminantes procedentes de los dedos.

**Etiquetado.** Se utilizan etiquetas autoadhesivas, para identificar las muestras, en ella se contará con la siguiente información.

a) Número de muestra.

b) Fecha y hora.

c) Código de muestra.

d) Cliente.

e) Punto de muestreo.

f) Choque.

g) Presión.

h) Temperatura.

i) Tipo de Análisis.

j) Nombre del Muestreador.

## Conservación

**Cuadro 1. Conservación de muestras**

Ensayos a realizar	Cantidad mínima	Condiciones de conservación	Tiempo máximo recomendado	Tipo de envase
DQO	500 ml	Refrigerar a < 6 °C	48 h	Plástico
TPH	40 ml	Refrigerar entre 2- 6 °C	Sin conservantes: 7 días. Con conservantes: 14 días	Vidrio color ámbar

**Fuente:** Instructivo de muestra de aguas YACULAB SRL

**Transporte.** El transporte de las muestras se lo realiza en una conservadora térmica a 4 °C (tiempo máximo de demora hasta la entrega en laboratorio: 12 h).

Las muestras deberán ser clasificadas por su tipo y ser transportadas de manera separas para evitar la contaminación cruzada.

**2.4.2.3. Preparación de planillas De Muestreo.** Para la realización del muestreo será necesario contar con planillas (Ver Anexo 5), garantizando una toma de muestras exitosa y sin confusiones; en dichas planillas se indicará: Punto de muestreo, Departamento, Provincia, Municipio, Localidad, Fecha, Hora y el lugar de toma de la muestra (Coordenadas UTM y altitud msnm).

**2.4.2.4. Selección de los puntos de muestreo.** Para este trabajo de investigación, se determinó tomar tres puntos de muestreo a lo largo del Río Cambarí, ubicados estratégicamente, con la finalidad de obtener muestras que sean representativas.

Se seleccionaron durante el recorrido por el cuerpo receptor (Río Cambarí), basándonos en sus características, tomando en cuenta la ubicación del efluente de hidrocarburos y la situación real que se podía observar.

**Punto 1.** También denominado punto sin impacto, es el primer punto de muestreo seleccionado, ubicado aproximadamente 200 m, aguas arriba del efluente de hidrocarburos, definido durante el recorrido por el cuerpo receptor. Se tomo en cuenta que no haya residuos de hidrocarburos en las orillas y que no se perciba ningún olor, con la finalidad de obtener resultados, que nos puedan representar el estado natural del agua del río, donde no exista influencia del efluente de hidrocarburos.

**Punto 2.** Este punto se seleccionó a 50 m aguas abajo del efluente de hidrocarburos, con la finalidad de obtener resultados que nos permitan determinar la contaminación directa que este genera al cuerpo receptor, a través de la comparación de resultados con el punto 1 y la comparación con los límites máximos permisibles establecidos en el RMCH y el D.S. 2400, según los parámetros seleccionados.

**Punto 3.** Este punto es el más alejado del efluente de hidrocarburos, seleccionado durante el recorrido por el cuerpo receptor, ubicado aproximadamente 5 km aguas abajo del Punto 2, donde ya no se puede percibir ningún tipo de hidrocarburos. Con la finalidad de determinar el estado del agua y además determinar una posible autodepuración.

Para poder determinar si el Río Cambarí genera una autodepuración de sus aguas, se ubicó este punto 3, aproximadamente 50 m antes de que este río una su caudal con el Río Mañanero, para evitar una mayor dilución, lo cual podría generar variación de los resultados.

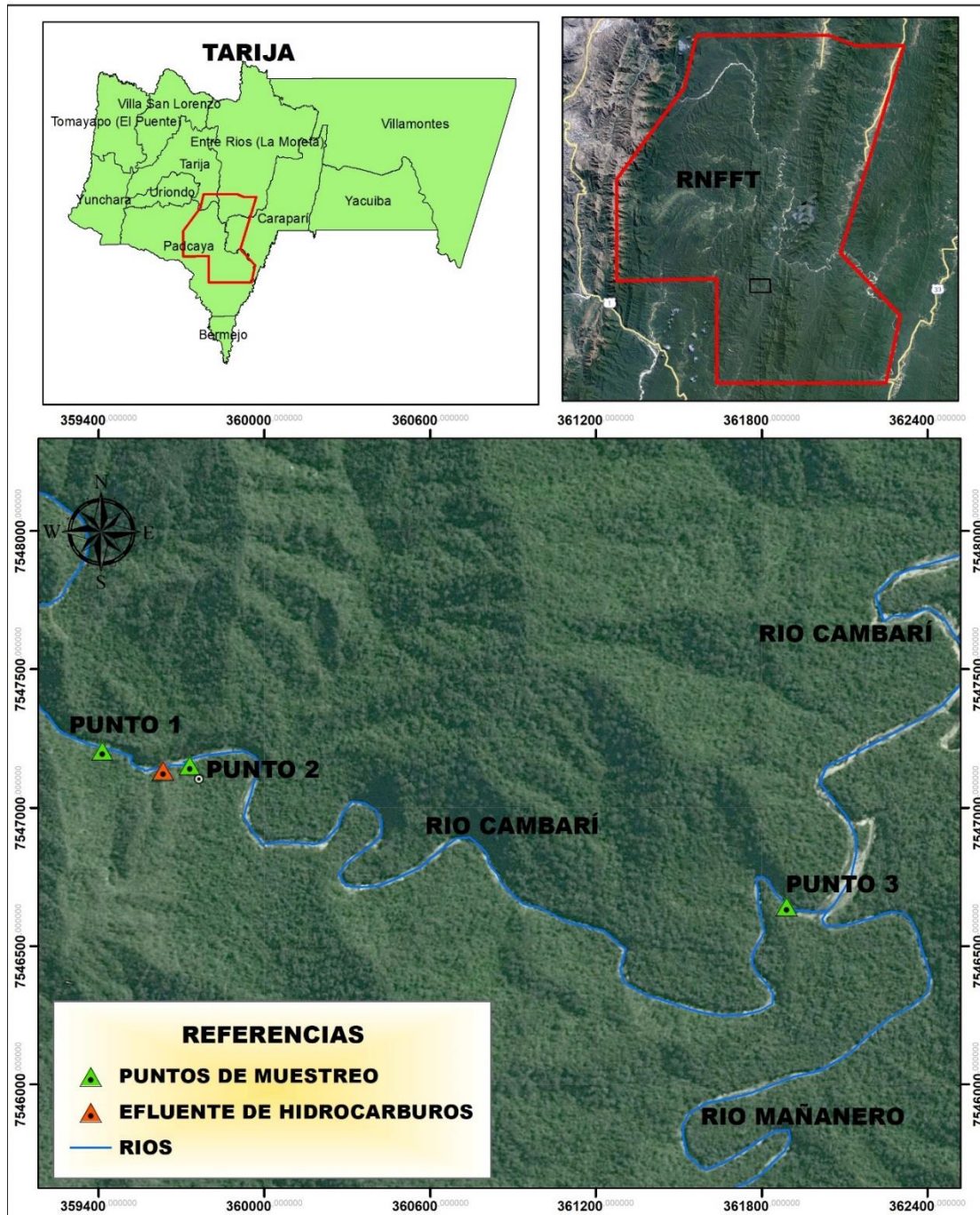
A continuación, en el Cuadro 2, se presentan las coordenadas UTM y la altura de cada punto donde se tomó las muestras de agua en el Río Cambarí.

**Cuadro 2. Coordenadas UTM de los puntos seleccionados para muestreo.**

Punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altura msnm
	X	Y	
<b>Punto 1</b>	359413	7547208	869
<b>Punto 2</b>	359730	7547154	854
<b>Punto 3</b>	361891	7546644	795

**Fuente:** Elaboración propia

Mapa 2. Puntos de muestreo seleccionados



Fuente: Elaboración propia

**2.4.2.5. Recolección de muestras.** La recolección de muestras se realizará en los tres puntos seleccionados para el muestreo del agua del cuerpo receptor. Se tomará una muestra en cada punto seleccionado, siguiendo los criterios de la metodología seleccionada para realizar el muestreo de aguas en el Río Cambarí.

**2.4.2.5. Análisis de laboratorio y discusión de resultados.** El análisis de laboratorio será realizado en YACULAB Laboratorios y servicios.

Una vez recogidos los resultados, se realizará la tabulación de los mismos, organizándolos cada parámetro por separado. Para hacer la comparación con los límites máximos admisibles establecidos en el RMCH y los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 2400, según corresponda.

Se realizará además la discusión de los mismos y la sistematización en el documento final.

#### **2.4.2.6. Evaluación de Impacto Ambiental**

En primera instancia, debido al enfoque del presente trabajo de investigación, no se consideró realizar una evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, luego de la visita de campo al área de estudio y de los resultados del análisis de laboratorio, se vio conveniente realizar una evaluación de impactos ambientales del efluente de hidrocarburos en el Río Cambarí, de manera general, con la finalidad de complementar el análisis.

A continuación, se describe el método de Criterios Relevantes Integrados (CRI) elaborado por (Buroz, 1990), que se aplicará en este trabajo de investigación.

#### **Características de la metodología CRI**

Para identificar los impactos que están operando o interactuando sobre el área previamente seleccionada, es requisito indispensable conocer las diferentes actividades que se generan durante la ejecución del proyecto y las cuales producen efectos sobre el medio físico, biológico y socio-económico.

### Sobre actividades del proyecto

A continuación, se señala el orden que refieren los impactos según el medio afectado:

- Medio Físico MF – 01
- Medio Biológico MB – 01
- Medio Socioeconómico MSE – 01

La metodología CRI, considera como indicadores de impactos los siguientes:

♣ **Intensidad (I):** cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el proceso o impacto puesto en marcha.

♣ **Extensión (E):** influencia espacial o superficie afectada por la acción antrópica. Es decir, Medida del ámbito espacial o de superficie donde ocurre la afectación.

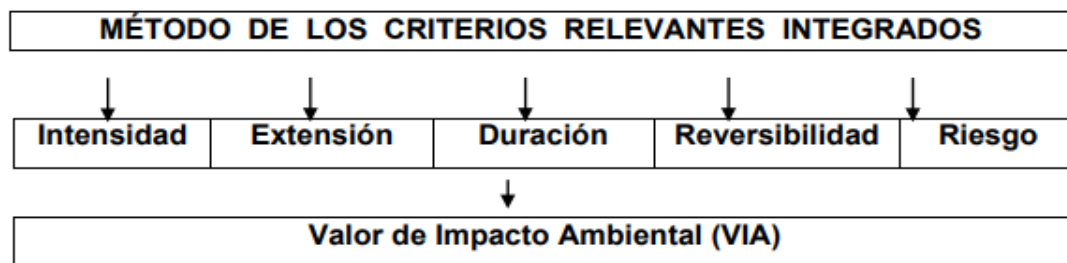
♣ **Duración (D):** lapso o tiempo que dura la perturbación. Período durante el cual se sienten las repercusiones del proyecto o número de años que dura la acción que genera el impacto.

♣ **Reversibilidad (Rv):** la posibilidad o dificultad para retornar a la situación actual.

♣ **Riesgo (Ri):** probabilidad de que el efecto ocurra.

La escala de valores para todos los indicadores estará comprendida entre 1 y 10.

Este método considera que el valor del impacto ambiental (VIA), se genera por una acción que es producto de las siguientes variables, tal como se ilustra en la figura siguiente.



**Diagrama 1.** Diagrama para determinar el Valor de Impacto Ambiental. Fuente: Buroz, (1990).

En la valoración de los indicadores se debe tener en cuenta que en función del valor atribuido a cada indicador se califica los impactos, como se observa a continuación en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Escala de valoración de los indicadores**

Valor	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Riesgo
6-10	Alta	Generalizada > 75%	Larga (> 5 años)	Irreversible (baja capacidad o irrecuperable)	Alto (>50%)
3-5	Media	Local o extensiva 10% - 75%	Media (2 >5 años)	Medianamente reversible de 11 a 20 años, largo plazo	Medio (10 a 50%)
1-2	Baja	Puntual < 10%	Corta (< 2 años)	Reversible (a corto plazo <de 10 años)	Bajo (<10%)

**Fuente:** Buroz, (1990)

Luego de asignar valores a cada una de las variantes se procede a calcular el valor de impacto ambiental (VIA).

$$\text{VIA} = \text{I} \times \text{Wi} + \text{E} \times \text{We} + \text{D} \times \text{Wd} + \text{Rv} \times \text{WRv} + \text{Ri} \times \text{WRi}$$

**Dónde:** I: Intensidad, E: Extensión, D: Duración, Rv: Reversibilidad, Ri: Riesgo, Wi: Peso con que se pondera la intensidad, We: Peso con que se pondera la extensión, Wd: Peso con que se pondera la duración, WRv: Peso con que se pondera la reversibilidad, WRi: Peso con que se pondera el riesgo.

La prueba del método en numerosos proyectos indicó la necesidad de diferenciar el peso de cada indicador. Los diferentes análisis indicaron que los mejores resultados se obtenían con la ponderación mostrada en el Cuadro 4.



**Cuadro 4. Criterios de evaluación y peso asignado**

<b>Indicador</b>	<b>Peso (%)</b>
Intensidad	30
Extensión	20
Duración	10
Reversibilidad	20
Riesgo	20

**Fuente:** Buroz (1990)

Los resultados de la evaluación se reflejan en la ficha descriptiva que recoge los elementos fundamentales y se muestra a continuación:

**Jerarquización de los impactos (JIA):**

Para la JIA, una vez que se ha aplicado técnicas pertinentes, para identificar los impactos ambientales, se ordenan de mayor a menor valor (Cuadro 5), con el fin de establecer prioridades, en cuanto a las propuestas y ejecución de medidas.

**Cuadro 5. Jerarquización de los impactos a partir del (VIA)**

<b>Categoría</b>	<b>Ocurrencia</b>	<b>Valor de VIA</b>
I	Muy alta	$VIA > 8$
II	Alta	$6 < VIA \leq 8$
III	Moderada	$4 < VIA \leq 6$
IV	Baja	$VIA \leq 4$

**Fuente:** Buroz, (1990).

El VIA permite establecer las medidas ambientales de prevención, mitigación o corrección en función de las categorías asignadas:

- **CATEGORÍA I.** Probabilidad de ocurrencia muy alta.  $VIA > 8$ . Máxima atención. Medidas preventivas para evitar su manifestación.
- **CATEGORÍA II.** Probabilidad de ocurrencia alta.  $6 < VIA \leq 8$ . Medidas mitigantes o correctivas (preferentemente estas últimas). Normalmente exigen monitoreo o seguimiento.
- **CATEGORÍA III.** Probabilidad de ocurrencia moderada.  $4 < VIA \leq 6$ . Medidas preventivas, que pueden sustituirse por mitigantes, correctivas o compensatorias cuando el impacto se produzca, si aquéllas resultaran costosas.
- **CATEGORÍA IV.** Probabilidad de ocurrencia baja o media.  $VIA \leq 4$ . No se aplican medidas, a menos que se trate de áreas críticas o de medidas muy económicas.

**2.4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Identificar y describir otros efluentes de hidrocarburos en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, a través de la observación in situ.**

**Identificación de otros efluentes de hidrocarburos en la RNFFT.** Se investigará e indagará a las personas más conocedoras de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, sobre otros sitios donde existan efluentes de hidrocarburos.

**Verificación in situ.** Se verificará in situ, la existencia de los efluentes de hidrocarburos en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía y se realizará lo siguiente en cada uno de ellos.

- Codificación de cada efluente de hidrocarburos verificado, siguiendo el siguiente orden: Efluente-01, Efluente-02, ...
- Ubicación o georreferenciación, con coordenadas UTM de cada uno.
- Recolección de datos e información sobre las características del efluente, a través de la percepción organoléptica.
- Identificación y descripción de fuentes de agua cercanos al efluente.

**Descripción de los efluentes de hidrocarburos identificados.** Se organizará y sistematizará la información recolectada in situ, haciendo una descripción lo más clara posible de las características más importantes de los efluentes de hidrocarburos identificados en la RNFFT.

**CAPÍTULO III**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el trabajo de investigación.

#### **3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL EFLUENTE DE HIDROCARBUROS Y EL CUERPO RECEPTOR.**

Durante el presente trabajo de investigación, para realizar la descripción del efluente de hidrocarburos y del cuerpo receptor, se realizó un recorrido dentro de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, hasta llegar al área objeto de estudio. Lo cual permitió observar y analizar la situación real sobre la problemática estudiada.

Cabe resaltar que el recorrido realizado por el cuerpo receptor fue de 500 m aguas arriba del efluente y más de 10 km aguas abajo, hasta llegar al Río Grande de Tarija.

##### **3.1.1.1. Descripción del efluente de hidrocarburos**

**Ubicación.** Si bien sabíamos que el efluente de hidrocarburos objeto de estudio, se encuentra ubicado dentro de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, en cercanías del Río Cambarí, para una mejor descripción con la ayuda de un GPS se realizó la georreferenciación correspondiente.

En el Cuadro 6 que se muestra a continuación, se presenta la ubicación detallada del efluente de hidrocarburos estudiado, identificando el departamento, provincia, municipio, localidad, las coordenadas UTM obtenidas con el GPS, altitud a la que se encuentra, la fecha en que se ingresó al área y además otros datos como la presencia de olor y color en el área de origen del efluente de hidrocarburos.

**Cuadro 6. Información general del efluente de hidrocarburos**

<b>Departamento</b>	Tarija	
<b>Provincia</b>	Arce	
<b>Municipio</b>	Padcaya	
<b>Localidad</b>	Cambarí	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 359633	<b>Y:</b> 7547136
<b>Altura</b>	873 msnm	
<b>Fecha de visita</b>	9/10/2021	
<b>Olor</b>	Sí, olor a Diésel	
<b>Color</b>	Si, se percibe un color gris oscuro.	

**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción del efluente de hidrocarburos en el talud.** El efluente de hidrocarburos objeto de estudio, se origina aproximadamente a unos 15 m del canal del Río Cambarí, en un talud donde se puede observar que hubo un deslizamiento de tierra, esto debido a la permanente humedad que existe en el área.

Este deslizamiento, logro remover la capa más superficial del suelo, dejando al descubierto la base rocosa del talud, que se encuentra formada por unas rocas de color blanco amarillento, de textura arenosa.

### Fotografía 1. Origen del efluente de hidrocarburos en el talud



**Fuente:** Fotografía tomada por Richard Iván Romero López (2021).

Como se observa en la Fotografía 1, en medio de estas rocas, es donde se puede identificar el origen del efluente de hidrocarburos, el cual se presenta en la superficie del talud, como un líquido viscoso de color gris oscuro, que se encuentra impregnado en la parte más superficial del suelo.

La emanación de este hidrocarburo es de una cantidad mínima, pero al ser de manera constante, se va generando una pequeña acumulación que luego poco a poco se va escurriendo hasta la base del talud.

Otra característica muy importante del área, aparte del notable cambio en el aspecto visual que produce este efluente de hidrocarburos, es el fuerte olor que desprende y que se puede percibir con facilidad al acercarse al lugar. Se trata de un olor intenso y característico del Diésel, que es un hidrocarburo líquido.



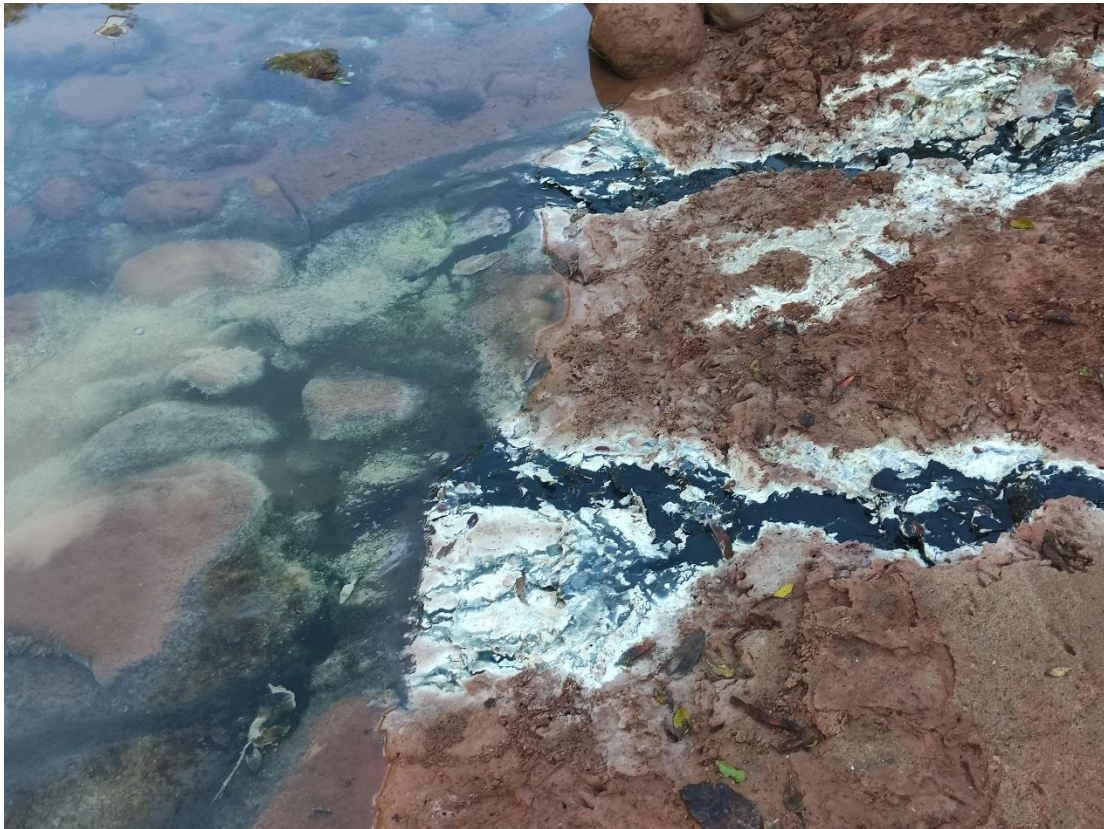
**Fotografía 2. Acumulación de hidrocarburos en la ribera del Río Cambarí**

**Fuente:** Fotografía tomada por Richard Iván Romero López (2021).

En la base del talud, considerándose también como ribera del Río Cambarí, como se ve en la Fotografía 2, se produce una acumulación líquida formada por agua e hidrocarburos. Esto se debe a que en el talud también existe una humedad constante, lo cual juntamente con los hidrocarburos, se escurren superficialmente hasta la base del talud, donde se acumulan.

De esta acumulación, solo una parte de los hidrocarburos llegan directamente hasta el canal del río por escurrimiento superficial, la otra parte de estos se quedan impregnados en la arena, rocas y piedras cercanas. Varias rocas cercanas a esta acumulación, presentan manchas oscuras en su superficie.



**Fotografía 3. Descarga del efluente de hidrocarburos en el cuerpo receptor**

**Fuente:** Fotografía tomada por Richard Iván Romero López (2021).

Como se observa en la Fotografía 3, en el punto de descarga en el cuerpo receptor, los hidrocarburos que llegan hasta el canal del río, en su mayoría se encuentran impregnados en la arena y por esto da la sensación visual de que estos se dispersan por la superficie del río, y es una mínima cantidad que se observa flotando en el agua.

Cabe aclarar que, en este punto, el olor a Diésel es igual de intenso que en el lugar de origen del efluente de hidrocarburos.

### 3.1.1.2. Descripción del cuerpo receptor

Para una mejor descripción del cuerpo receptor (Río Cambarí), se lo analizo haciendo una diferenciación, el Canal del río, la Orilla y la Ribera, como se detalla a continuación.

- ✓ **Canal del río.** En el canal del río, a través de la observación es muy poco lo que se pudo rescatar, solo en el punto de descarga del efluente de hidrocarburos, es donde se puede constatar la presencia de hidrocarburos y como ya se había explicado antes estos en su mayoría se encuentran impregnados en la superficie y una mínima cantidad flotando en el agua. Aguas abajo, durante el recorrido realizado, no se logró identificar restos de hidrocarburos flotando en el canal del Río Cambarí, ni tampoco impregnadas en la superficie del mismo.
- ✓ **Orilla.** En esta parte del cuerpo receptor, durante el recorrido, tanto aguas arriba como aguas abajo del efluente, se pudo identificar algunas piedras y rocas en las orillas del río, que presentan hidrocarburos impregnados en su superficie. (Ver Fotografía 4)

Así también en pequeñas acumulaciones de agua en las orillas del río, se logró identificar algunos precipitados; siendo estos de color verde amarillento y otros de color violeta. Los mismos también desprenden olor a Diésel, por lo cual se trata de precipitados de hidrocarburos provenientes del efluente de hidrocarburos estudiado. (Ver Fotografías 4 y 5).



**Fotografía 4. Acumulaciones de agua y rocas con hidrocarburos**



**Fuente:** Fotografía tomada por Richard Iván Romero López (2021).

**Fotografía 5. Acumulaciones de agua, con precipitados de hidrocarburos**



**Fuente:** Fotografía tomada por Richard Iván Romero López (2021).

Los residuos de hidrocarburos en las orillas del Río Cambarí, se encontró hasta aproximadamente 300 m aguas abajo y del efluente de hidrocarburos.

- ✓ **Ribera.** En la ribera del cuerpo receptor, no se pudo identificar presencia de residuos ajenos al ambiente natural, más que en el área de origen del efluente de hidrocarburos y al frente del mismo en la banda del río, también se identificó algunas rocas con manchas de hidrocarburos.

**Análisis.** Para finalizar con la caracterización del efluente de hidrocarburos y el cuerpo receptor, durante el recorrido por el cuerpo receptor, el olor a Diésel identificado en el efluente de hidrocarburos, se puede percibir aproximadamente a unos 300 m aguas abajo y unos 50 m aguas arriba del mismo, esto se debe a la dispersión generada por el viento en el lugar.

Además, su percepción se hace fácil tomando en cuenta que una de las características más representativas de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía es la calidad del aire, gracias a la ausencia de fuentes de contaminación antrópicas.

Entonces, tomando en cuenta el hecho de que por el sector no hay circulación ni funcionamiento de ningún tipo de maquinaria que funcione con algún derivado hidrocarburífero, la única fuente de este olor característico del Diésel que se percibe, proviene únicamente del efluente de hidrocarburos estudiado.

Este fuerte olor a Diésel, podría afectar negativamente a la fauna silvestre del lugar, ya que, en su mayoría, esta fauna posee grandes capacidades olfativas, que para algunas especies es su medio de defensa y para otras es un medio de caza. De cualquier manera, es un medio de supervivencia y el hecho de que para el olfato humano este olor sea perceptible a una distancia determinada, para el olfato animal podría multiplicarse este efecto, o sea tendría un mayor rango de dispersión. Generando una mayor alteración en su medio, pudiendo ocasionar migración hacia otros lugares más adecuados para su supervivencia.

### 3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CAMBARÍ.

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio obtenidos en el presente trabajo de investigación.

#### 3.1.2.1. Resultados del parámetro Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. El nivel de Oxígeno Disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad.

Cabe resaltar que para medir el Oxígeno Disuelto en el Río Cambarí, se realizó in situ, mediante la utilización de un oxímetro, el cual nos da una lectura en mg/ℓ. Cuya calibración fue realizada por personal de YACULAB SRL.

**Cuadro 7. Resultados de laboratorio del parámetro Oxígeno Disuelto**

Punto de muestreo	Método	Unidad	Valor obtenido	Límites permisibles (% sat.)	Referencia de los límites
Punto 1	ASTM-D 888	mg/ℓ	9,8	Clase A >80%	Ley 1333 RMCH Anexo A-1
Punto 2			9,1	Clase B >70%	
Punto 3			8,7	Clase C >60% Clase D >50%	

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados presentados en el Cuadro 7, nos muestran la cantidad de Oxígeno Disuelto medido en campo, en mg/ℓ y al mismo tiempo nos presenta los límites máximos permisibles establecidos en el anexo A-1 del RMCH, que se encuentran en % de saturación.

Para calcular el porcentaje de saturación que corresponde a cada uno de los puntos muestreados, se utilizó la siguiente ecuación.

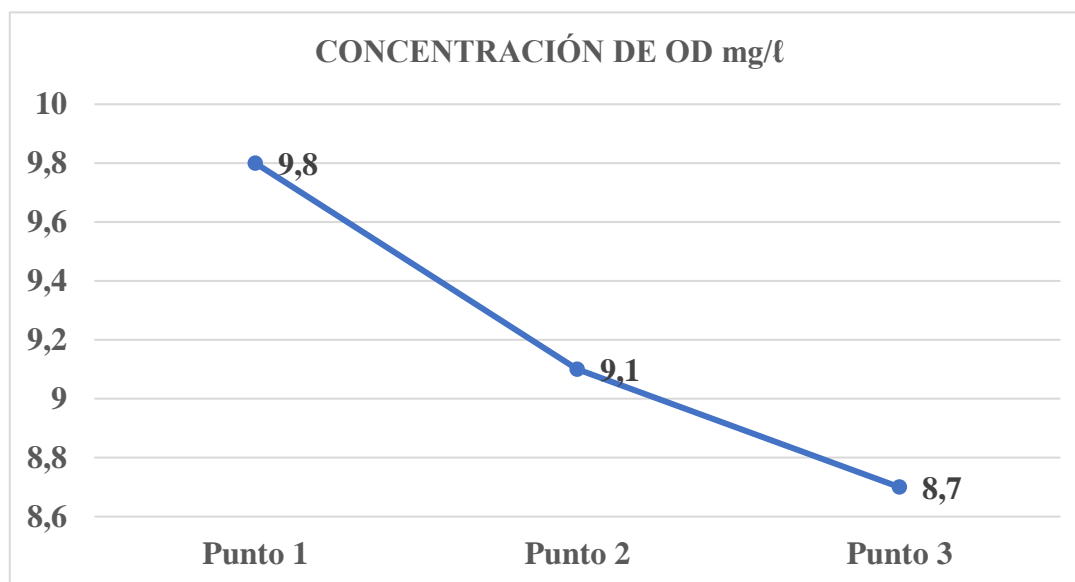
$$\% \text{ saturación} = \frac{\text{OD medido en campo}}{\text{OD teórico}} \times 100\%$$

**Cuadro 8. % de saturación del Oxígeno Disuelto**

Punto de muestreo	Temperatura (°C)	OD teórico (mg/l)	OD medido en campo (mg/l)	% sat. obtenido	Clase de agua
Punto 1	22	8,7	9,8	113 %	Clase A
Punto 2			9,1	105 %	Clase A
Punto 3			8,7	100 %	Clase A

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en el Cuadro 8, los resultados obtenidos del porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto, nos indican que las aguas del Río Cambarí, tienen altos niveles de OD. En los tres puntos muestreados, se obtuvo como resultado un % de saturación mayor a 80 %, lo cual, según el RMCH, según su aptitud de uso, estas son Aguas naturales de clase A, de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

**Gráfica 1. Relación de concentración del Oxígeno Disuelto**

**Fuente:** Elaboración propia

Ahora bien, haciendo un análisis de la Gráfica 1, podemos darnos cuenta que por más que se registren valores altos de concentración de OD, desde el punto 1 al punto 2 de muestreo, existe una disminución de la cantidad del oxígeno disuelto en el agua del cuerpo receptor, esto se debe a la contaminación que genera el efluente de hidrocarburos, este se encuentra en medio de estos dos puntos muestreados.

Ahora bien, desde el punto 2 hasta el punto 3, se observa que el OD sigue disminuyendo, lo cual indica, persistencia de los contaminantes hidrocarbúferos. Por sus características, se vuelve un proceso más complicado y lento de descontaminación.

Sin embargo, por más que este parámetro siga disminuyendo su concentración hasta el punto 3, aún se mantiene dentro de los límites permisibles para aguas de clase A. Su concentración es 8,7 mg/l, lo que representa aun un 100 % de saturación siendo mayor al 80 % estipulado en la normativa ambiental vigente.

### 3.1.2.2. Resultados del parámetro DQO

Según el reglamento en materia de contaminación hídrica RMCH, el DQO: Demanda Química de Oxígeno (en mg/l). Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 h.

**Cuadro 9. Resultados del parámetro DQO**

Punto de muestreo	Método	Unidad	Valor obtenido	Límites permisibles	Referencia de los límites	Clase de agua
Punto 1	Espectrométrico	mg/l	68,30	Clase A<5	Ley 1333 RMCH Anexo A-1	Ninguna
Punto 2			156,00	Clase B<10		Ninguna
Punto 3			56,70	Clase C<40 Clase D<60		Clase D

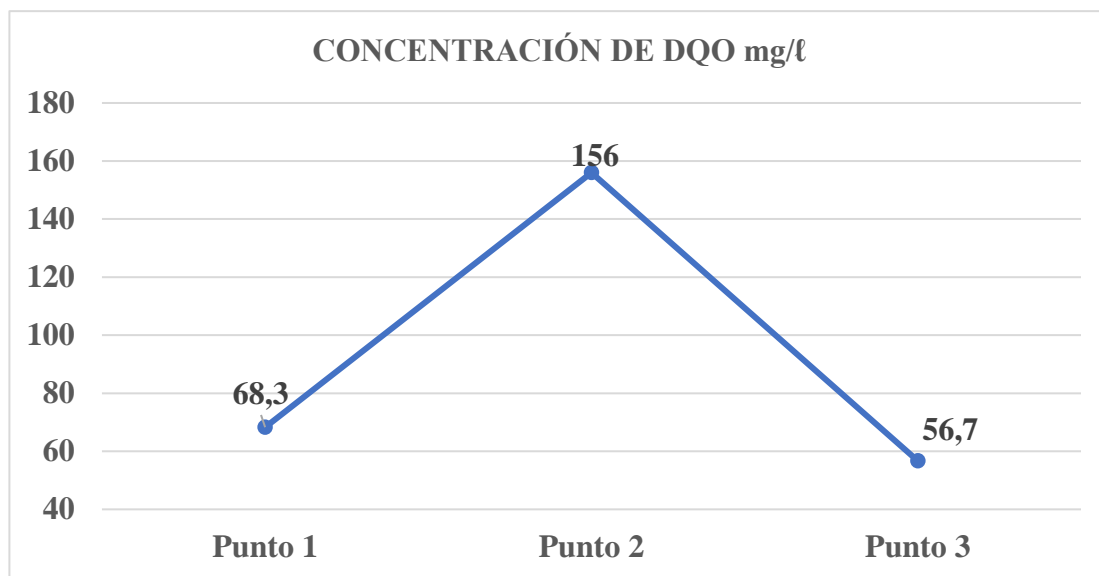
**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados que se muestran en el Cuadro 9, obtenidos de los análisis de laboratorio nos indican que el Río Cambarí, en los 3 puntos de muestreo, el parámetro DQO,

excede los valores máximos admisibles establecidos en el RMCH, para agua de clase A. además en el punto 1 y 2, no logran estar dentro de ninguna clase de agua según su aptitud de uso, solamente en el punto 3 se llega a tener agua de clase D, que según el RMCH, son Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales

Esto nos indica que el cuerpo receptor se encuentra contaminado, las aguas del Río Cambarí contienen gran cantidad de carga química y por esta razón se tiene una elevada DQO.

**Gráfica 2. Relación de concentración del DQO**



**Fuente:** Elaboración propia

Por otra parte, al hacer una relación de la DQO, que tenemos en cada uno de nuestros puntos de muestreo, nos damos cuenta que en el punto de muestreo 1, ya existe contaminación. Se registra una DQO de 68,3 mg/l, que es incluso superior al límite máximo permisible de aguas de clase D. Lo que indica que, antes del efluente de hidrocarburos, el Río Cambarí ya presenta contaminación de sus aguas.



Ahora bien, al llegar al punto 2 se registra una DQO de 156 mg/ℓ, duplicándose el valor del punto 1, esto se debe a la contaminación que genera el efluente de hidrocarburos estudiado. La contaminación generada por el efluente de hidrocarburos hace que el cuerpo receptor, ya en el punto 2 tenga una mayor demanda de Oxígeno para degradar químicamente la materia tanto orgánica como inorgánica que se incorpora en sus aguas.

Para finalizar, el resultado obtenido del punto 3 con relación al punto 2, disminuye notablemente la DQO, de 156 mg/ℓ a 56 mg/ℓ e incluso bajando a un nivel inferior con relación al punto 1. De esta manera se puede apreciar, una disminución de la contaminación de manera natural, sin embargo, no es suficiente para afirmar una autodepuración.

### 3.1.2.3. Resultados del parámetro TPH

Los hidrocarburos totales de petróleo o TPH, se utiliza para denominar a varios cientos de compuestos químicos originados del petróleo. En este sentido al medir TPH estamos midiendo la cantidad total de cualquier tipo de hidrocarburo que exista en la muestra.

**Cuadro 10. Resultados del parámetro TPH**

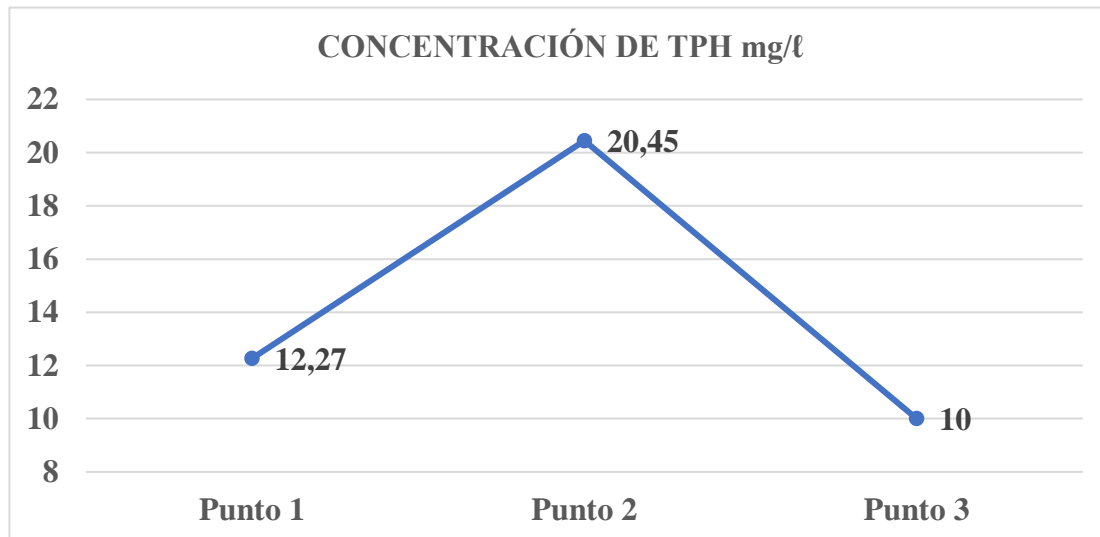
Punto de muestreo	Método	Unidad	Valor obtenido	Límites permisibles	Referencia de los límites
Punto 1	Extracción infrarrojo	mg/ℓ	12,27	1	D.S. 2400 ANEXO 7.1.1
Punto 2			20,45		
Punto 3			10,00		

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados presentados en el Cuadro 10, nos indican que el Río Cambarí se encuentra contaminado por hidrocarburos; nuestros 3 puntos muestreados, registran concentraciones de TPH que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 2400, anexo 7.1.1.

Por otra parte, al analizar el resultado obtenido del punto 1, nos damos cuenta que a esta altura, ya existe una alta concentración de TPH en el Río Cambarí. Confirmándose, la existencia de contaminación por hidrocarburos en este punto.

**Gráfica 3. Relación de concentración del TPH**



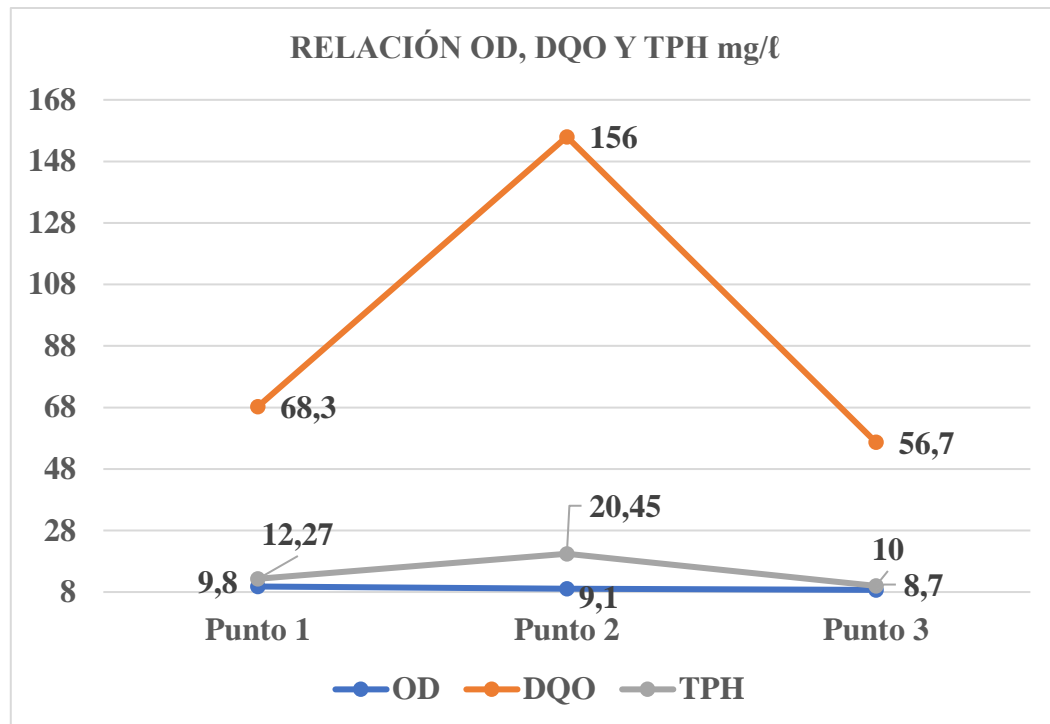
**Fuente:** Elaboración propia

Al hacer una relación de las concentraciones de TPH, obtenidas en el análisis de laboratorio realizado, de nuestros 3 puntos de muestreo. Nos damos cuenta que, aunque en el punto 1 ya exista contaminación por hidrocarburos, al llegar al punto 2 aguas abajo del efluente de hidrocarburos estudiado, la concentración de TPH aumenta notablemente de 12,27 mg/l a 20,45 mg/l, lo cual indica que el efluente estudiado sí aporta una gran parte de la contaminación que existe en el Río Cambarí.

Con relación al punto 3, se puede observar nuevamente una disminución en la concentración de los TPH, bajando de 20,45 mg/l a 10 mg/l, sin llegar a un nivel por debajo de los límites máximos permisibles.

Es así que, aunque en relación al punto 1, el Río Cambarí hasta el punto 3, presente una disminución de la concentración de TPH, los hidrocarburos siguen presentes en el agua y la contaminación es persistente.

**Gráfica 4. Relación de concentración entre parámetros**



**Fuente:** Elaboración propia

Haciendo una relación general, de los parámetros seleccionados para realizar el muestreo y análisis del agua del cuerpo receptor, la Gráfica 4, nos muestra cómo coinciden y se relacionan estos. Ya que, por más que la concentración de OD sea positiva y la concentración de TPH y DQO nos muestre que ya en el punto 1 de muestreo, en el Río Cambarí existe contaminación por hidrocarburos.

El punto 2 de muestreo, que es el punto más cercano al efluente de hidrocarburos y que se encuentra aguas abajo del mismo, exactamente a 50 m. Nos permite demostrar la contaminación que este genera al Río Cambarí, ya que, en este punto los parámetros de TPH y DQO, registran un incremento en su concentración, duplicando los valores registrados en el punto 1 y el OD registra una disminución lo cual se explica de la siguiente manera.

Existe un aporte de contaminación desde el efluente de hidrocarburos, es por esto que se registran altos valores de TPH en el agua, esta contaminación genera una mayor

DQO para degradar la materia contaminante incorporada, y a causa de esto, ocurre una disminución del OD del agua del Río Cambarí. Asimismo, los parámetros TPH y DQO, mantienen esta relación hasta el punto 3 de muestreo, disminuyendo sus concentraciones hasta llegar a valores similares al punto 1, sin embargo, no lo suficiente como para descartar la contaminación por hidrocarburos hasta este punto.

Además, con lo explicado en el párrafo anterior y poniendo como referencia el Cuadro 9 y Cuadro 10 del presente trabajo de investigación, se logra comprobar que el Río Cambarí hasta el punto 3 aún se encuentra contaminado por hidrocarburos, y que 5 km no son suficientes para que este cuerpo receptor, logre una autodepuración de sus aguas.

### 3.1.2.4. Evaluación de Impactos Ambientales

#### Identificación de los impactos ambientales producidos en el área de estudio

La aplicación del método Criterios Relevantes Integrados permitió identificar los impactos ambientales que genera el efluente de hidrocarburos, sobre el medio físico y biológico en el área de estudio. Estos se describen en el Cuadro 11 que se presentan a continuación.

**Cuadro 11. Impactos identificados en el área de estudio.**

	<b>Código</b>	<b>Impactos</b>
<b>Medio Físico</b>	MF-01	Alteración de la calidad visual y paisajística
	MF-02	Contaminación del aire
	MF-03	Contaminación del agua
<b>Medio Biológico</b>	MB-01	Migración de fauna silvestre
	MB-02	Afectación a ecosistemas acuáticos.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### Valoración de los impactos ambientales

A continuación, se caracterizan los impactos ambientales que ocasiona el efluente de hidrocarburos en el área de estudio. La puntuación asignada a cada criterio de valoración se estableció considerando técnicas tales como: lluvia de ideas, y consultas a especialistas, trabajadores, y técnicos que actualmente laboran en esta cantera.

## MF-01 alteración de la calidad visual y paisajística

**Medio afectado.** Paisaje

**Descripción del impacto.** la existencia del efluente de hidrocarburos a orillas del Río Cambarí, genera un cambio en la percepción visual del área, dándole un mal aspecto.

### Criterios de valoración del impacto

- **Intensidad:** este impacto afecta el paisaje del lugar, por lo que se considera como de media intensidad, con valor de 5.
- **Extensión:** se manifiesta en áreas localizadas del Río Cambarí, su nivel de extensión es de 4, local o extensiva.
- **Duración:** se considera un de valor de 8, larga; se trata de un impacto que está por más de 5 años y si no se toman medidas adecuadas, seguirá por mucho más tiempo.
- **Reversibilidad:** este efecto se considera reversible con un valor de 5, medianamente reversible, largo plazo por tratarse de hidrocarburos.
- **Riesgo:** dadas sus características puntuales y localizadas se considera de riesgo medio, su valor es 4.

Los datos determinados se introducen en la fórmula

$$VIA = 5 \times 0.3 + 4 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 5 \times 0.2 + 4 \times 0.2 = 4.9$$

Los resultados obtenidos en la ecuación anterior se establecen en el cuadro siguiente:

**Cuadro 12. VIA alteración de la calidad visual y paisajística**

Medio afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	JIA (Categoría)
Paisaje	1.5	0.8	0.8	1	0.8	4.9	III

**Fuente:** Elaboración propia.

## MF-02 contaminación del aire

**Medio afectado.** Aire

**Descripción del impacto.** existe una degradación de la calidad del aire en el área estudiada, a causa del olor generado en el efluente de hidrocarburos. Este es un olor intenso, similar al olor del Diésel y el mismo por el factor de dispersión causado por el viento en el lugar; se desplaza a distancias consideradas tantas aguas arriba y aguas abajo del efluente de hidrocarburos.

### Criterios de valoración del impacto

- **Intensidad:** este impacto por sus características se considera como alta intensidad, con valor de 8
- **Extensión:** gracias al viento, este se manifiesta en áreas extensivas por el Río Cambarí, su nivel de extensión es de 5
- **Duración:** se considera con un de valor de 8, larga duración mayor a 5 años.
- **Reversibilidad:** este efecto se considera medianamente reversible si se toman medidas correctas, con un valor de 5,
- **Riesgo:** dadas sus características extensivas, se considera de alto riesgo con valor de 8.

Los datos determinados se introducen en la fórmula

$$VIA = 8 \times 0.3 + 5 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 5 \times 0.2 + 8 \times 0.2 = 6.8$$

Los resultados obtenidos en la ecuación anterior se establecen en el cuadro siguiente:

**Cuadro 13. VIA contaminación del aire**

Medio afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	JIA (Categoría)
Aire	2.4	1	0.8	1	1.6	6.8	II

**Fuente:** Elaboración propia.

### **MF-03 contaminación del agua**

**Medio afectado.** Agua

**Descripción del impacto.** el efluente de hidrocarburos, genera contaminación directa del Río Cambarí, alterando así su estado natural y la calidad de sus aguas, dejándola no apta para el consumo, ni para el desarrollo de actividades productivas.

#### **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** este impacto por sus características, se considera como de alta intensidad, con valor de 8
- **Extensión:** se manifiesta de manera extensiva por el Río Cambarí, a largas distancias aguas abajo, la contaminación aun es persistente, por lo cual su nivel de extensión es de 8.
- **Duración:** por la contaminación de manera continua que generó al río durante muchos años y su persistencia en el tiempo si no se toman las medidas pertinentes, se considera un valor de 8, larga duración.
- **Reversibilidad:** este efecto se considera medianamente reversible a largo plazo, con un valor de 5
- **Riesgo:** dadas sus características de toxicidad de los hidrocarburos, se considera de alto riesgo con valor de 9.

Los datos determinados se introducen en la fórmula

$$VIA = 8 \times 0.3 + 8 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 5 \times 0.2 + 9 \times 0.2 = 7.6$$



Los resultados obtenidos en la ecuación anterior se establecen en el cuadro siguiente:

**Cuadro 14. VIA contaminación del Agua**

<b>Medio afectado</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>Rv</b>	<b>Ri</b>	<b>VIA</b>	<b>JIA (Categoría)</b>
Agua	2.4	1.6	0.8	1	1.8	7.6	II

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **MB-04 migración de fauna silvestre**

**Medio afectado.** Fauna terrestre

**Descripción del impacto.** El mal olor, generado por el efluente de hidrocarburos, puede ocasionar la migración de la fauna terrestre. Esta se caracteriza en su mayoría por tener un sistema olfativo bien agudo, el cual podría verse afectado por este olor intenso a Diésel, generado por el efluente de hidrocarburos, convirtiéndose en una amenaza para su subsistencia, lo cual ocasionaría su desplazamiento en busca de un mejor habitat.

#### **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** este impacto se considera como de alta intensidad, con valor de 6.
- **Extensión:** se manifiesta áreas localizadas de la RNFFT, por lo que su nivel de extensión es de 5, local o extensiva.
- **Duración:** se considera con un de valor de 8, larga duración y persistente en el tiempo.
- **Reversibilidad:** este efecto se considera medianamente reversible a largo plazo con un valor de 5.
- **Riesgo:** dadas sus características se considera de alto riesgo con valor, de 7.

Los datos determinados se introducen en la fórmula

$$VIA = 6 \times 0.3 + 5 \times 0.2 + 9 \times 0.1 + 5 \times 0.2 + 7 \times 0.2 = 6.1$$

Los resultados obtenidos en la ecuación anterior se establecen en el cuadro siguiente:

**Cuadro 15. VIA migración de fauna silvestre**

<b>Medio afectado</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>Rv</b>	<b>Ri</b>	<b>VIA</b>	<b>JIA (Categoría)</b>
Fauna	1.8	1	0.9	1	1.4	6.1	II

**Fuente:** Elaboración propia.

### **MB-05 afectación a ecosistemas acuáticos**

**Medio afectado.** Fauna acuática

**Descripción del impacto.** La contaminación del Río Cambarí, representa un alto riesgo para los ecosistemas acuáticos, debido a la toxicidad de los hidrocarburos, y la persistencia de estos una vez producida la contaminación, además por los altos niveles de la DQO registrada en los análisis de laboratorio, esto se vería afectado por la disminución del Oxígeno Disuelto en el río, alterando así las condiciones normales y generando un desequilibrio de todo el ecosistema acuático.

#### **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** este impacto puede afectar muy negativamente los ecosistemas acuáticos del Río Cambarí, por lo tanto, se considera como una alta intensidad, con valor de 8.
- **Extensión:** puede afectar las comunidades acuáticas, a grandes distancias por el Río Cambarí, su nivel de extensión es de 5, extensiva.
- **Duración:** se considera con un de valor de 8, larga duración >5 años.
- **Reversibilidad:** este efecto se considera medianamente reversible con las medidas adecuadas con un valor de 5.
- **Riesgo:** dadas sus características se considera de alto riesgo con valor de 8.

Los datos determinados se introducen en la fórmula

$$\text{VIA} = 8 \times 0.3 + 5 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 5 \times 0.2 + 8 \times 0.2 = 6.8$$

Los resultados obtenidos en la ecuación anterior se establecen en el cuadro siguiente:

**Cuadro 16. VIA afectación a ecosistemas acuáticos**

<b>Medio afectado</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>Rv</b>	<b>Ri</b>	<b>VIA</b>	<b>JIA (Categoría)</b>
Fauna	2.4	1	0.8	1	1.6	6.8	II

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Evaluación final de los impactos sobre cada medio afectado**

**Cuadro 17. Jerarquización de los impactos a partir del (VIA)**

<b>Impactos</b>	<b>JIA (Categoría)</b>	<b>Ocurrencia</b>	<b>Valor del VIA</b>
Contaminación del agua	II	Alta	7.6
Contaminación del aire	II	Alta	6.8
Afectación a ecosistemas acuáticos	II	Alta	6.8
Migración de fauna silvestre	II	Alta	6.1
Alteración de la calidad visual y paisajística	III	Moderada	4.9

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar en el Cuadro 17, ya tenemos los Impactos Ambientales identificados en el área de estudio, jerarquizados de mayor a menor en función del VIA, obtenido para cada uno.

A través de esta EIA, con la metodología CRI empleada, tenemos como resultado que la contaminación del agua, la contaminación del aire, afectación a ecosistemas acuáticos y la migración de la fauna silvestre, son los impactos ambientales negativos más altos que genera el efluente de hidrocarburos ubicado a orillas del Río Cambarí, según la JIA realizada. Por lo cual se requieren de medidas de mitigación y prevención.

Además, tenemos también un impacto, que según la JIA es de categoría III, considerándose un impacto ambiental moderado. Por lo tanto, ante este impacto, se requiere tomar medidas mitigantes, correctivas o compensatorias.

En conclusión, el efluente de hidrocarburos en la RNFFT, también se encuentra generando impactos ambientales negativos, los cuales requieren la toma de medidas inmediatas de lo contrario tanto la contaminación y los impactos ambientales negativos seguirán afectando permanentemente el AP.

### 3.1.3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE OTROS EFLUENTES DE HIDROCARBUROS EN LA RNFFT.

La identificación de otros efluentes naturales de hidrocarburos en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, se realizó con la ayuda de los habitantes de las diferentes comunidades de la zona de la Reserva. Estos a través de su conocimiento de la reserva, permitieron la identificación de los siguientes efluentes de hidrocarburos.

#### 3.1.3.1. EFLUENTE-01

**Ubicación.** Se encuentra ubicado a orillas de una pequeña quebrada, llamada Quebrada La Mina, situada en la comunidad de Cambarí, perteneciente al distrito 8 (TARIQUÍA) del municipio de Padcaya, de la provincia Arce del departamento Tarija, en el Cuadro 8 a continuación, se presenta más a detalle la ubicación de este efluente, con coordenadas UTM, altitud, que fueron registradas en el lugar con la ayuda de un GPS.

**Cuadro 18. Información general del efluente-01 de hidrocarburos**

<b>Departamento</b>	Tarija	
<b>Provincia</b>	Arce	
<b>Municipio</b>	Padcaya	
<b>Comunidad</b>	Cambarí	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 354958	<b>Y:</b> 7547537
<b>Altura</b>	1101 msnm	
<b>Olor</b>	Si, olor a Diésel	
<b>Color</b>	Si, gris oscuro brillante	

**Fuente:** Elaboración propia

**Características.** El efluente de hidrocarburos, se origina aproximadamente a unos 5 metros de la quebrada La Mina, como una emanación natural en la superficie de un talud. Esta emanación se presenta, como una vertiente de agua que viene acompañada de un líquido menos denso de color gris oscuro, el cual tiende a flotar en el agua; siendo esta una de las principales características de los hidrocarburos (ver Anexo 10).

Por otra parte, a simple vista es fácil percibir el cambio de color en la superficie del suelo por donde circula el caudal del efluente, algunas partículas del hidrocarburo se impregnan y se observan, como una mancha negra en el lugar. Cabe aclarar que esta mancha sería de aproximadamente unos 10 m<sup>2</sup>.

El olor es otra característica muy importante, aproximadamente a 100 m aguas abajo antes de llegar al efluente, se puede percibir un leve olor característico a Diésel, el cual va tomando fuerza al acercarnos al área; siendo en el punto del efluente donde se percibe con mayor intensidad.

**Fuentes de agua cercanos al efluente.** La más cercana como ya lo nombramos anteriormente, es la Quebrada La Mina la cual es afectada directamente, pues se encuentra a aproximadamente 6 m del efluente.

Esta quebrada más abajo, une sus aguas a otra quebrada llamada Quebrada de Agua Blanca, la cual tiene un mayor caudal por lo cual pasa a formar parte de esta. Esta quebrada de Agua Blanca pasa a ser afluente directo del Río Cambarí.

En conclusión, este efluente, por encontrarse aguas arriba del efluente de hidrocarburos estudiado específicamente a orillas del Río Cambarí, es el causante de la obtención de concentraciones de TPH y DQO, por encima de los límites máximos permisibles estipulados en la normativa ambiental vigente, ya en el punto 1 de muestreo, Por lo tanto, este efluente de hidrocarburos también genera contaminación al Río Cambarí.

### 3.1.3.2. EFLUENTE-02

**Ubicación.** Este efluente se encuentra ubicado en un sector llamado Suiquillo, el cual se sitúa dentro de la comunidad de Volcán Blanco, del distrito 8 (Tariquía), municipio de Padcaya de la Provincia Arce, del departamento Tarija de Bolivia.

Este sector se encuentra en cercanías del Río Tarija, donde la provincia Arce limita con la provincia O Connor.

Como se puede observar a continuación en el Cuadro 9, se presentan las coordenadas UTM obtenidas in situ, con la ayuda del GPS, además también se cuenta con el dato de la altitud a la que se encuentra el efluente-02.

**Cuadro 19. Información general del efluente-02 de hidrocarburos**

<b>Departamento</b>	Tarija	
<b>Provincia</b>	Arce	
<b>Municipio</b>	Padcaya	
<b>Comunidad</b>	Volcán Blanco	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 359675	<b>Y:</b> 7571815
<b>Altura</b>	979 msnm	
<b>Olor</b>	Si, olor a Diésel	
<b>Color</b>	Si, color gris	

**Fuente:** Elaboración propia

**Características.** El efluente, se origina en la rívera de la quebrada de Suiquillo, en el pie de un talud, a simple vista se puede percibir una emanación de agua, la cual se encuentra mezclada con otras sustancias ajenas a la composición natural del agua, se observa que esta agua no es incolora, pues presenta un tono grisáceo.

Además, en el área estudiada y en el talud cercano al efluente del hidrocarburo, se logró identificar algunas rocas blanquecinas, que forman parte de la base rocosa del área.

Otra característica de esta emanación, es que este líquido no es inodoro, sino que desprende un intenso olor a Diésel, el cual se percibe solo en el sector del origen del efluente, el cual llega a disminuir en momentos y en momentos aumenta su intensidad. Esta variación se debe al factor de dispersión, causada por la circulación de aire que se da en el lugar.

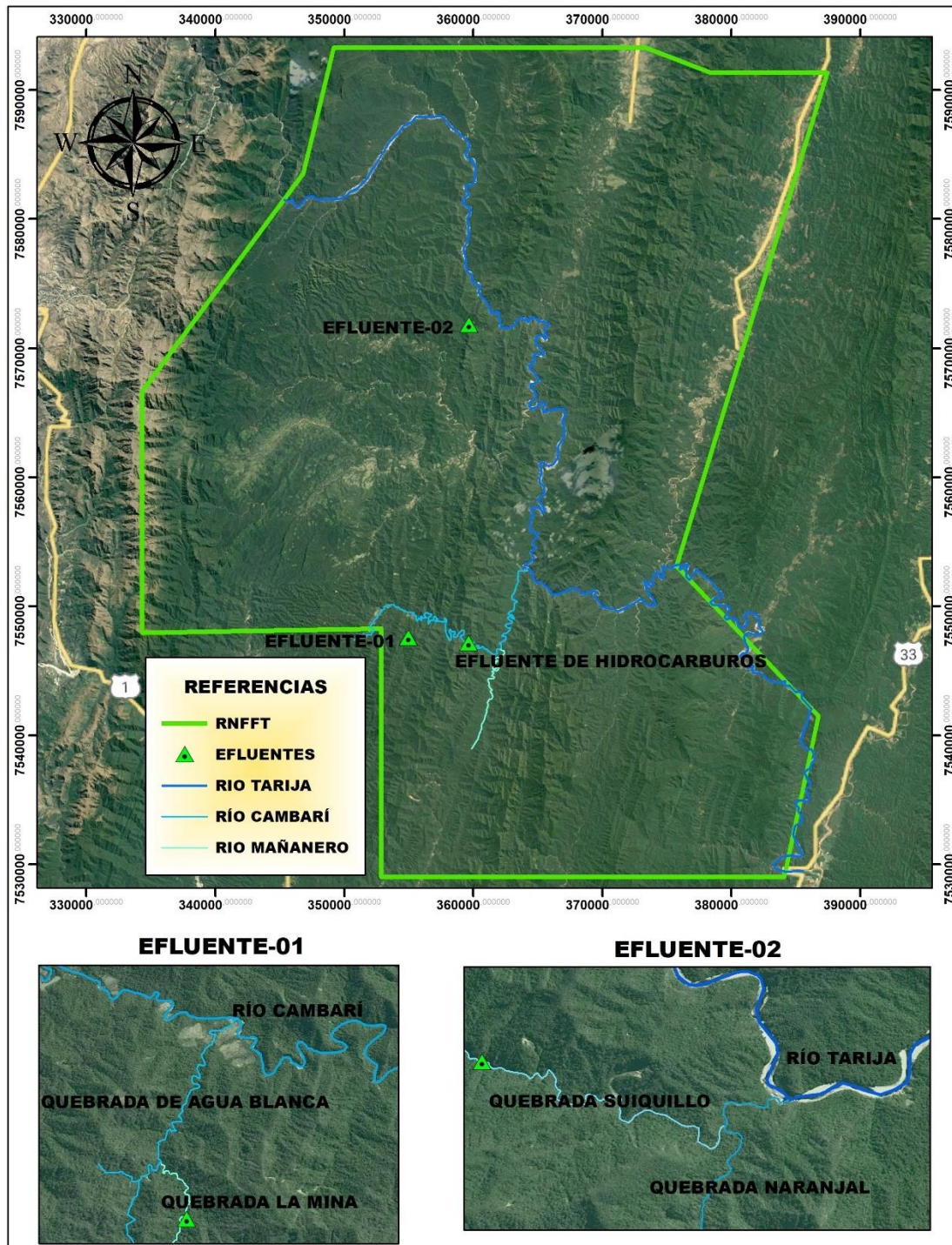
Aguas arriba y aguas abajo de este efluente, no se puede percibir este olor a más de 20 metros de distancia, tampoco se logró identificar acumulaciones de hidrocarburos en orillas de esta quebrada, durante el recorrido que se realizó.

**Fuentes de agua cercanos al efluente.** Como fuente de agua que es afectada directamente, tenemos la quebrada de Suiquillo, la cual pasa aproximadamente a unos 15 metros de distancia del origen del efluente, aguas abajo aproximadamente a unos 6 km esta une sus aguas a la Quebrada Naranjal, la misma que pasa a ser afluente directo del Río Grande de Tarija, aproximadamente a unos 2 km aguas abajo.

A continuación, en el Mapa 3, se muestra la ubicación grafica de los efluentes de hidrocarburos que existen en la RNFFT. Además, en el mismo se puede apreciar, los recursos hídricos que se encuentran en cercanía de estos y como se relacionan.



**Mapa 3. Ubicación de los efluentes de hidrocarburos en la RNFFT**



Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son:

- ✓ Se observa en el área de estudio, la presencia de un efluente de hidrocarburos, que presenta una densidad viscosa, color gris oscuro y produce un olor desagradable parecido al Diésel. Además, el cuerpo receptor presenta alteraciones en su entorno natural, como, rocas con hidrocarburos impregnados en su superficie, en las orillas existen acumulaciones de agua que contienen precipitados de hidrocarburos. De igual forma, aproximadamente a una distancia del efluente de 300 m aguas abajo y 50 m aguas arriba, se percibe un fuerte olor característico a Diésel.
- ✓ A través de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, que se encuentran en los Cuadros 9 y 10, se pudo constatar que existe contaminación en el Río Cambarí a causa de un efluente de hidrocarburos, donde en sus parámetros DQO y TPH registran concentraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles, establecidos en el RMCH y D.S. Nro. 2400.
- ✓ El resultado de los parámetros, DQO y TPH en el Punto 3 del Río Cambarí, ubicado a 5 km aguas abajo del Punto 2, continúan sobrepasando los límites máximos permisibles. Esto permite que el Río Cambarí, no logre una autodepuración de sus aguas.
- ✓ Es importante mencionar que en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, existen dos efluentes de hidrocarburos con características organolépticas similares al encontrado a orillas del Río Cambarí, como se puede observar en el Mapa 3.

- ✓ A través de la metodología CRI, empleada para hacer EIA en este trabajo de investigación, se concluye que el efluente de hidrocarburos, genera impactos ambientales negativos en la RNFFT. El agua, aire y la fauna, son los medios más afectados obteniendo una valoración más alta y clasificándose según la JIA como categoría II; por otra parte, el paisaje, medio que es afectado de manera más puntual y localizada, fue el que recibió una menor valoración clasificándose como categoría III, sin embargo, no deja de ser negativo.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos según los análisis de los parámetros seleccionados y de su comparación con los límites permisibles de la Ley Nro. 1333, RMCH, D.S. 2400, se concluye que, la hipótesis planteada es verdadera. El efluente de hidrocarburos estudiado, genera contaminación de las aguas del Río Cambarí en la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda, a la UAJMS, realizar trabajos de investigación en la RNFFT, sobre la concentración de TPH en el Río Mañanero y aguas abajo de la intersección Río Mañanero-Río Cambarí, con la finalidad de determinar la distancia necesaria para que el Río Cambarí pueda autodepurar sus aguas. De la misma manera, con esto lograr un enriquecimiento en cuanto a información sobre esta AP.
- ✓ También se recomienda, realizar trabajos de investigación, sobre la composición química, tanto de los efluentes de hidrocarburos que existen en la RNFFT y de los hidrocarburos precipitados que se identificó en acumulaciones de agua, en orillas del Río Cambarí.
- ✓ Se recomienda a las autoridades municipales y del SERNAP, realizar las gestiones necesarias ante YPF Co. para implementar medidas de mitigación ante la contaminación y los impactos ambientales negativos, que genera el efluente de hidrocarburos en la RNFFT.
- ✓ Se recomienda a la comunidad universitaria, trabajar con los habitantes de la RNFFT, hacer educación ambiental sobre el tema hidrocarburos y otros temas como el manejo de los recursos hídricos, conservación de recursos naturales y en general sobre el contenido y la aplicación de la ley 1333 de medio ambiente y sus reglamentos, y de esta manera coadyubar al cuidado del medio ambiente.