



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO ANTI-
ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus
saponaria*) CON APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE
FLUIDOS DE PERFORACIÓN**

**REALIZADO POR:
ANDREA VICTORIA YNAGA VILERA
C.I: 24.864.577
HECTOR ALONSO AYALA PALACIOS
C.I: 25.028.469**

Trabajo Especial de Grado presentado como Requisito Parcial para optar al

**Título de:
Ingeniero de Petróleo**

MATURÍN, MARZO, 2020



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO ANTI-
ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus
saponaria*) CON APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE
FLUIDOS DE PERFORACIÓN**

REALIZADO POR:

ANDREA VICTORIA YNAGA VILERA

C.I: 24.864.577

HECTOR ALONSO AYALA PALACIOS

C.I: 25.028.469

REVISADO POR:

ING. JESÚS OTAHOLA
Asesor Académico

MATURÍN, MARZO, 2020



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO ANTI-
ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus
saponaria*) CON APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE
FLUIDOS DE PERFORACIÓN**

REALIZADO POR:
ANDREA VICTORIA YNAGA VILERA
C.I: 24.864.577
HECTOR ALONSO AYALA PALACIOS
C.I: 25.028.469

APROBADO POR:



ING. JESÚS OTAHOLA
Asesor Académico



MSC/LUIS CASTILLO
Jurado Principal



ING. NATALI RAMOS
Jurado Principal

MATURÍN, MARZO, 2020

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado: “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”

DEDICATORIA

A mis padres, Mercedes Vilera y Luis Guillermo Ynaga por su apoyo brindándome la educación y la excelente crianza para ser quien soy hoy en día.

A mi hermano Guillermo Ynaga, por su compañía a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi tía, Marianela Vilera por ser mi modelo a seguir.

A mi abuela Mercedes Villanueva de Vilera, por su cariño, ánimo y positivismo, aunque los momentos se tornaran difíciles.

A mis abuelos que me cuidan desde el cielo, Lorenza y Miguel.

Andrea Victoria Ynaga Vilera

DEDICATORIA

Ante todo, a Dios por ser el impulsor de todo este camino recorrido y por ser el que me guía cada día de mi vida.

A mis padres, Yuly Palacios y Héctor Ayala Rodríguez, mi hermana, Sofía Valentina, por creer en mí y apoyarme incondicionalmente en todo momento de mi vida, esto es para ustedes.

A todos mis familiares y amigos que formaron parte de esta travesía y que contribuyeron a que todo esto fuera posible.

Héctor Alonso Ayala Palacios

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en la vida y en mi camino por la universidad para así tener la oportunidad de ser Ingeniero de Petróleo.

A mis padres y mi hermano, por ser mi fuerza y columna de apoyo.

A mi novio, Francesco, por hacerme feliz, confiar en mis capacidades y motivarme día a día a ser la mejor versión de mí que me sea posible.

A mis familiares tíos, tías, por siempre creer en mí.

A Juan, mi mejor amigo, por sus años de amistad y apoyo incondicional a lo largo de mi vida como estudiante. A mis amigos: Xiam, Javier, Pulga, Jesús y Ramón por estar siempre para mí sin importar la distancia.

A mi tutor, Jesús Otahola, porque a pesar de la situación país sigue motivando y asesorando a sus estudiantes para ser mejores profesionales y personas.

Andrea Victoria Ynaga Vilera

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con Dios por darme las fuerzas necesarias para cumplir con esta meta.

A mis padres, Yuly Palacios y Héctor Ayala Rodríguez por todo el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, por todo el amor y los valores que me inculcaron, son mi ejemplo a seguir. ¡Gracias infinitas!, los amo.

A mi hermana Sofía Valentina por estar siempre presente en mi vida y por creer en mí.

A todos mis familiares y amigos que aportaron su grano de arena para que este sueño se materializara, muchísimas gracias.

A la Universidad de Oriente y sus profesores, por abrirme sus puertas y tener el privilegio de formarme como profesional en esta prestigiosa casa de estudios, eternamente agradecido.

Héctor Alonso Ayala Palacios

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE GRAFICAS	xiii
LISTA DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.2.1 Fluidos de perforación	8
2.2.2 Tipos de fluidos de perforación	8
2.2.3 Principales propiedades de los fluidos de perforación	9
2.2.3.1 Propiedades físicas	9
2.2.3.2 Propiedades químicas	10
2.2.4 Acreción	11
2.2.5 Aditivo anti-acreción para fluidos de perforación	11
2.2.6 Funciones de los aditivos anti-acreción	11
2.2.7 Parapara (<i>Sapindus saponaria</i>)	12
2.2.8 Toxicidad	12
2.2.9 Pruebas de bioensayo	13
2.2.10 Guppy Salvaje (<i>Poecilia reticulata</i>)	13
2.2.11 Bases y normativas legales relacionadas con la investigación	14
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	15
CAPÍTULO III	16
MARCO METODOLÓGICO	17
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	18
3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	18

- 3.4.1 Caracterización del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)19
 - 3.4.1.1 Método estándar para determinación de la gravedad específica mediante el picnómetro Gay Lussac (según norma ASTM D854-14)20
 - 3.4.1.2 Método de prueba estándar para pH (según norma ASTM-3838-80)20
 - 3.4.1.3 Método de cálculo de dureza (según norma ASTM D-1126)20
 - 3.4.1.4 Método para el cálculo de cloruros (según norma COVENIN 2138-84)21
 - 3.4.1.5 Color y apariencia:21
- 3.4.2 Determinación del efecto del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sobre la calidad del agua y la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*21
- 3.4.3 Evaluación de la biotoxicidad del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*), mediante la dosis letal media (DL₅₀), utilizando como bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata*.23
- 3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS23
 - 3.5.1 Técnicas de recolección de datos23
 - 3.5.2 Instrumentos de recolección de datos24
- 3.6 RECURSOS24
 - 3.6.1 Recursos humanos24
 - 3.6.2 Recursos materiales24
 - 3.6.3 Recursos económicos24

CAPÍTULO IV25

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS25

- 4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ADITIVO ANTI-ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*)25
- 4.2 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ADITIVO ANTI-ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*) SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA MORFOLOGÍA DE LOS ALEVINES DE *Poecilia reticulata*.26
 - 4.2.1 Pruebas de calidad del agua realizadas durante el ensayo al agua contenida en los acuarios a diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*).27
 - 4.2.1.1 Potencial de hidrógeno (pH) del agua sometida a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción.27
 - 4.2.1.2 Dureza del agua sometida a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción.28
 - 4.2.1.3 Cloruros del agua sometida a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción.29

- 4.2.2 Efecto de las diferentes concentraciones del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*.29
 - 4.2.2.1 Efecto de la concentración de 0 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*30
 - 4.2.2.2 Efecto de la concentración de 0,15 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*31
 - 4.2.2.3 Efecto de la concentración de 0,25 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*31
 - 4.2.2.4 Efecto de la concentración de 0,50 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*32
 - 4.2.2.5 Efecto de la concentración de 0,75 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*33
- 4.3 EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DEL ADITIVO ANTI-ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*), MEDIANTE LA DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀), UTILIZANDO COMO BIOINDICADORES ALEVINES DE *Poecilia reticulata*34

CAPÍTULO V39

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES39

5.1 CONCLUSIONES39

5.2 RECOMENDACIONES40

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS41

APÉNDICES45

HOJAS METADATOS59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Parapara (<i>Sapindus saponaria</i>)	12
Figura 2.2 <i>Poecilia reticulata</i>	14

LISTA DE GRAFICAS

Pág.

Gráfica 4.1 Dosis letal media (DL50) del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara aplicado sobre los bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata* 37

LISTA DE TABLAS

Pág.

- Tabla 2.1 Máximo rango permisible de las aguas aptas de acuerdo a los parámetros físico-químicos15
- Tabla 4.1 Propiedades y características físicas y químicas del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)25
- Tabla 4.2 Valores promedio del potencial de hidrógeno (pH) del agua sometida a concentraciones del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)27
- Tabla 4.3 Valores promedio de dureza del agua sometida a concentraciones del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)28
- Tabla 4.4 Promedio total de cloruros por concentraciones con aditivo anti-acreción formulado a base de Parapara (*Sapindus saponaria*)29
- Tabla 4.5 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0 % V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*30
- Tabla 4.6 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0,15 % V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*31
- Tabla 4.7 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0,25 % V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*32
- Tabla 4.8 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0,50 % V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*33
- Tabla 4.9 Totales de alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) muertos por repetición a diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)35
- Tabla 4.10 Promedio y total de alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) muertos por repetición a diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)36



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO ANTI-ACRECIÓN
A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*) CON APLICACIÓN
EN LA FORMULACIÓN DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN**

Autores:

Andrea Victoria Ynaga Vilera

Héctor Alonso Ayala Palacios

Enero del 2020

Asesor Académico:

Ing. Jesús Otahola

RESUMEN

Esta investigación fue realizada con el propósito de evaluar la biotoxicidad de un aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) con aplicación en la formulación de fluidos de perforación utilizando alevines de guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) como bioindicadores. Primero, se procedió a caracterizar el aditivo para conocer propiedades tales como pH, gravedad específica, dureza cálcica, cantidad de cloruros, color y apariencia. Para la determinación de la biotoxicidad del aditivo se ejecutó un procedimiento de tipo experimental a nivel de laboratorio, empleando pruebas de calidad del agua, determinando el efecto que causa el aditivo sobre la morfología de los bioindicadores al someterlos a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (0; 0,15; 0,25; 0,50 y 0,75) % V/V durante un período de 96 horas, con 4 repeticiones por acuario para así, de esta manera, determinar la dosis letal media (DL_{50}) relacionando la mortalidad y concentración del aditivo mediante un gráfico de dispersión ajustado a un modelo polinómico de segundo orden, lo cual arrojó una DL_{50} de 4850 ppm permitiendo considerar al aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara como una sustancia no peligrosa según las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), ya que posee un nivel toxicológico dentro del rango establecido para productos no peligrosos ($DL_{50} \geq 100$ mg/L). Se llegó a la conclusión de que el aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara en concentraciones menores a su DL_{50} en cuerpos de agua dulce no afecta a los organismos vivientes que pueden estar en el agua pudiendo utilizarse para la formulación de fluidos de perforación base agua sin causar daños ambientales.

Palabras clave: Biotoxicidad, extracto de Parapara, alevines, dosis letal media, calidad del agua

INTRODUCCIÓN

El fluido de perforación es una sustancia de características químicas y físicas apropiadas, que puede ser aire o gas, agua, petróleo y combinaciones de agua y aceite con diferente contenido de sólidos. No debe ser tóxico, corrosivo ni inflamable, pero sí inerte a las contaminaciones de sales solubles o minerales y además, estable a altas temperaturas. Debe mantener sus propiedades según las exigencias de las operaciones y debe ser inmune al desarrollo de bacterias. (CIED PDVSA, 2002).

El fluido de perforación se compone de una serie de aditivos químicos que permiten una perforación eficiente y el agregado de estos productos dependerá de ciertos factores como el tipo de formación que se esté perforando, la profundidad a perforar, la fase de la perforación, condiciones de presión y temperatura, entre otros. Dentro de sus propósitos se encuentran principalmente: transportar los ripios desde el fondo del hoyo hasta la superficie, enfriar y lubricar la mecha, formar revoque, controlar la presión de la formación y mantener en suspensión las partículas sólidas cuando se interrumpe la circulación.

Uno de los aditivos que se utilizan para la formulación de los fluidos de perforación son los aditivos anti-acreción, cuya función principal es la de mantener la sarta de perforación lubricada disminuyendo así la tensión superficial entre los cortes generados por la mecha y el cuerpo externo de las tuberías para así alargar la vida útil de estas, generando un ahorro económico para las empresas.

Como se sabe, la actividad petrolera afecta directamente al ambiente, por esto, en algunos casos se buscan alternativas de aditivos que se agregan al fluido de perforación formulados con componentes naturales a los cuales se les realiza de igual

manera una evaluación toxicológica con el propósito de saber si dicho aditivo puede ser utilizado y minimizar los impactos ambientales.

Esta investigación estuvo orientada en la determinación de la biotoxicidad de un aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara utilizando alevines de Guppy Salvaje (*Poecilia reticulata*) como bioindicadores, especie que se encuentra presente en cuerpos de agua localizados en zonas dedicadas a la actividad petrolera, específicamente a la perforación de pozos. La determinación de la toxicidad se realizó con la aplicación de pruebas de calidad del agua y dosis letal media (DL₅₀) con la finalidad de establecer que tan tóxica podría resultar su aplicación en la industria petrolera.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación de hidrocarburos siempre ha tenido un impacto negativo en el ambiente, de ella surgen una gran cantidad de problemas operacionales asociados al proceso de perforación como los derrames, los cuales afectan directamente tanto al ecosistema como a la vida que alberga. A su vez, a medida que pasa el tiempo, el fluido de perforación se convierte en un desecho y debe ser eliminado, por esta razón los fluidos compuestos por aditivos de bajo impacto ambiental son los más deseables.

Es necesario conocer los daños que pueden ocasionar sustancias derivadas de estas actividades en cuerpos de agua dulce o salada, conocer sus propiedades, realizar pruebas de calidad de agua utilizando organismos cuyo hábitat sea el sitio afectado y validar bioensayos de toxicidad para evaluar los efectos tóxicos de dichas sustancias. A su vez, se busca obtener aditivos de origen natural que puedan generar un menor impacto ambiental

En relación a lo antes expuesto, es necesario evaluar la biotoxicidad de un aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*), el cual puede ser usado como aditivo anti-acreción en fluidos de perforación base agua, a fin de determinar qué tan nocivo es su efecto sobre especies que se encuentren en cuerpos de agua cercanos al proceso de perforación de pozos petroleros como lo son los alevines de Guppy Salvaje (*Poecilia reticulata*).

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la biotoxicidad de un aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) con aplicación en la formulación de fluidos de perforación.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) necesario para la evaluación toxicológica.
- Determinar el efecto del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sobre la calidad del agua y la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*.
- Evaluar la biotoxicidad del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*), mediante la dosis letal media (DL₅₀), utilizando como bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata*.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tuvo como finalidad determinar la biotoxicidad de un líquido desarrollado a base de semilla de Parapara, el cual puede ser utilizado como aditivo anti-acreción en algunos fluidos de perforación. Para su evaluación se utilizaron alevines de Guppy Salvaje (*Poecilia reticulata*) como bioindicadores, con el fin de identificar los posibles cambios anatómicos externos que presentan los mismos al ser sometidos a diversas concentraciones de dicho aditivo, a fin de evaluar si su uso es dañino para las especies que se encuentran en lugares aledaños a instalaciones de

perforación y finalmente concluir si el uso de este aditivo es viable para la industria petrolera contribuyendo así con el uso de productos naturales como alternativa y la disminución del impacto ambiental.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Marcano, Z. y Malavé, L. (2012) “Determinación de la toxicidad de los detergentes formulados a partir de aceite de palma (*Elaeis guineensis*) y aceite de soya (*Glycine max*), utilizados como aditivos en los fluidos de perforación”. Se enfocaron en la determinación de la toxicidad de dos (2) detergentes a base de aceites naturales como aditivos para fluidos de perforación base agua, partiendo de la obtención de glicerina mediante el proceso de transesterificación y de la obtención de detergentes líquidos mediante el proceso de saponificación. Una vez formulados los detergentes procedieron a caracterizarlos para conocer propiedades tales como color, apariencia, gravedad específica, pH, solubilidad hídrica, punto de ebullición y punto de inflamación.

Posteriormente determinaron la toxicidad de los aditivos mediante una prueba de calidad de agua utilizando acuarios esféricos y alevines de Viejita (*Petenia splendida*) como bioindicadores, estos se sometieron a prueba durante un período de 96 horas, en las cuales se le adicionaron concentraciones de ambos detergentes (0; 0,25; 0,50; 0,75 y 1 % V/V), con 3 repeticiones por acuario. Con los resultados obtenidos del bioensayo, establecieron una relación entre las concentraciones utilizadas de los detergentes formulados y el promedio de muertes a través de un análisis de varianza estableciendo un nivel de confiabilidad de 95% para el ensayo biotóxico realizado, permitiendo a través de la realización de un gráfico de dispersión ajustado a un modelo polinómico de segundo orden, la determinación de la dosis letal media (DLM) para cada aditivo, concluyéndose que el detergente formulado a base de glicerina de palma resultó ser más tóxico debido a que generó

una mayor mortalidad de la especie con una concentración de 1950 mg/L, con respecto al formulado a base de glicerina de soya del cual se necesitaron 6930 mg/L para generar la muerte de la mitad de las especies.

El trabajo de investigación citado anteriormente aportó conocimientos sobre la metodología para llevar a cabo de manera más precisa las actividades experimentales de la investigación.

Rivas, I. y Tarrazzi, F. (2013) “Evaluación de la toxicidad de un crudo liviano utilizando alevines de peces (*Petenia splendida*) como bioindicadores”. El procedimiento que utilizaron fue de tipo experimental desarrollado a nivel de laboratorio, iniciando con la caracterización física del crudo, empleando pruebas de calidad del agua, evaluando las características anatómicas externas de los bioindicadores al someterlos a diferentes concentraciones de crudo y de esta manera determinaron la dosis letal media mediante un análisis de regresión modelo lineal, relacionando estadísticamente la mortalidad y concentración de crudo liviano, estos resultados los obtuvieron mediante el programa estadístico STATGRAPHICS plus versión 5.1, que arrojó una DL_{50} de 110,33 mg/L. Indicaron que los derrames de crudo liviano en cuerpos de agua dulce no solo afectan la composición físico-química del agua, sino a cualquier organismo viviente que puede estar en ella; a pesar de que existen organismos que se pueden adaptar a cambios severos a su hábitat, siempre sufren pequeñas o grandes transformaciones anatómicas externas, es decir que un derrame de crudo liviano, por ser un componente ajeno o extraño a un cuerpo de agua, provoca un eminente desequilibrio al ecosistema, trayendo consigo transformaciones, deceso y hasta posible extinción de especies u organismos vivientes.

El trabajo de investigación citado previamente aportó conocimientos sobre la metodología aplicada para llevar a cabo el cálculo de la dosis letal media.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Fluidos de perforación

El fluido de perforación se utiliza en el proceso de perforación rotatoria para limpiar los fragmentos de roca por debajo de la broca y llevarlos a la superficie, ejercer suficiente presión hidrostática contra formaciones del subsuelo para evitar que los fluidos de formación fluyan hacia el pozo, enfriar y lubricar la sarta de perforación rotativa y la mecha. Además, el fluido de perforación debe presentar propiedades que no sean perjudiciales al medio ambiente (no debe ser tóxico), no debe presentar efectos adversos en la formación penetrada o causar corrosión en los equipos y tuberías, no debe ser inflamable y debe ser estable a altas temperaturas y mantener sus propiedades según la exigencia de los procesos de perforación. (Bourgoyne, Millheim, Chenevert y Young, 1986).

2.2.2 Tipos de fluidos de perforación

- **Fluidos base agua:** los fluidos base agua son aquellos cuya fase líquida o continua es agua. Estos sistemas son muy versátiles y se utilizan por lo general para perforar formaciones no reactivas, productoras o no productoras de hidrocarburos. (CIED PDVSA, 2002).
- **Fluidos base aceite:** son fluidos en que la fase continua, o externa, es un aceite, como el diesel o aceite mineral. En las propiedades del fluido base aceite influye lo siguiente: relación aceite/agua, tipo y concentración de emulsificantes, contenidos en sólidos, temperatura y presión pozo abajo, entre otras. (BAROID, 1997).

2.2.3 Principales propiedades de los fluidos de perforación

De acuerdo con el Instituto Americano del Petróleo (API), las propiedades del fluido a mantener durante la perforación del pozo son físicas y químicas. (CIED PDVSA, 2002).

2.2.3.1 Propiedades físicas

- **Densidad:** es la propiedad del fluido que tiene por función principal mantener en sitio los fluidos de la formación. Los fluidos con buena densidad facilitan la limpieza del pozo aumentando las fuerzas de flotación que actúan sobre los recortes, lo cual contribuye a su remoción del pozo. La densidad se expresa por lo general en libras por galón (lpg).
- **Viscosidad plástica:** la viscosidad es la resistencia que ofrece el fluido a ser bombeado o a fluir. La viscosidad plástica depende de la concentración, tamaño y forma de los sólidos presentes en el fluido y se controla con equipos mecánicos de control de sólidos, este control es indispensable para mejorar el comportamiento reológico y sobre todo para obtener altas tasas de penetración (ROP).
- **Punto cedente:** es la resistencia al flujo causada por las fuerzas de atracción entre las partículas sólidas del fluido. Esta fuerza es consecuencia de las cargas eléctricas sobre la superficie de las partículas dispersas en la fase líquida. El punto cedente es una medida de la fuerza de atracción entre las partículas, bajo condiciones dinámicas o de flujo. Es la fuerza que ayuda a mantener el fluido una vez que entra en movimiento.
- **Resistencia o fuerza de gel:** esta resistencia o fuerza de gel es una medida de la atracción física y electroquímica bajo condiciones estáticas. Está relacionada con la capacidad de suspensión del fluido. Las mediciones comunes de esta 9

propiedad se toman a los diez segundos y a los diez minutos, pero pueden ser medidas para cualquier espacio de tiempo deseado.

- **Filtrado API:** representa la habilidad de los componentes sólidos del fluido de perforación para formar una costra delgada y de baja permeabilidad en las paredes del hoyo. El filtrado indica la cantidad relativa de líquido que se filtra a través del revoque hacia las formaciones permeables, cuando el fluido es sometido a una presión diferencial. Se mide en condiciones estáticas, a baja temperatura y presión para los fluidos base agua.
- **pH:** el pH indica si el fluido es ácido o básico. El grado de acidez o alcalinidad del fluido de perforación es indicado por la concentración del ión hidrógeno; que se expresa comúnmente en términos de pH. La medida de pH se realiza como una ayuda en la determinación del control químico del fluido, así como indicador de sustancias contaminantes, tales como cemento, yeso.
- **Porcentaje de sólidos y líquidos:** el porcentaje de sólidos y líquidos se determina con una retorta. Los resultados obtenidos también permiten conocer a través de un análisis de sólidos, el porcentaje de sólidos de alta y baja gravedad específica.

2.2.3.2 Propiedades químicas

- **Cloruros:** se producen por la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo) obteniendo como resultado una sal, se caracteriza por ser altamente tóxico y su principal uso es como desinfectante. Sin embargo, cuando se combinan con un metal, específicamente con el sodio (Na), resultan esenciales para la vida ya que pequeñas cantidades de cloruros son vitales para la función celular de los seres vivos.
- **Dureza:** la dureza del agua se debe principalmente a los iones calcio y magnesio presentes en el agua y es independiente de los iones ácidos asociados.

La dureza total se mide en términos de partes por millón de carbonato de calcio o calcio, y a veces equivalentes por millón de calcio.

2.2.4 Acreción

La acreción es el aumento de un cuerpo debido a la adherencia de partículas menores. Es debido a la acreción que se presentan en muchos casos problemas de embolamiento en los componentes de la sarta de perforación generando aumento de torque y arrastre, tensión, obstrucción de una línea de flujo, desgaste prematuro de la mecha y BHA, perforación más lenta, y escariado posterior, derivando en un excesivo tiempo no productivo (TNP) y riesgo de equipos altamente costosos (Baker Hughes Inteq, 1998).

2.2.5 Aditivo anti-acreción para fluidos de perforación

Es una mezcla acuosa de aditivos de superficie activa, desarrollados para reducir la tensión superficial de los sistemas de fluidos de perforación a base de agua y de esta manera reducir la tendencia que tienen los cortes de lutitas sensibles al agua de adherirse a la mecha y demás componentes de la sarta de perforación o ensamblaje de fondo (M-I SWACO, 2004).

2.2.6 Funciones de los aditivos anti-acreción

Según M-I SWACO (2004), las funciones principales de los aditivos anti-acreción son las siguientes:

- Minimizar el embolamiento de la mecha y del ensamblaje de fondo causado por el hinchamiento de las arcillas reactivas.

- Reducir el torque y el arrastre durante los viajes de tubería.
- Obtener tasas de perforación mejorada por efecto de una mejor limpieza del hoyo.

2.2.7 Parapara (*Sapindus saponaria*)

Árbol pequeño a mediano de color verde, puede llegar a alcanzar 16 metros de altura y en casos extraordinarios llega a medir hasta 25 metros, su corteza presenta tonos de gris claro a gris oscuro y sus hojas se caracterizan por ser pinnadas midiendo de 9 a 50 centímetros de largo. Los frutos son bayas redondas de 15 milímetros de diámetro de color café que contienen una pulpa pegajosa y una semilla de 1 centímetro de diámetro, tanto la pulpa como la semilla son venenosas.



Figura 2.1 Parapara (*Sapindus saponaria*)

Fuente:

2.2.8 Toxicidad

Es una medida usada para evaluar el grado tóxico o venenoso de algunos elementos y la toxicidad puede referirse al efecto que causa sobre un organismo completo, como un ser humano, una bacteria, una planta, o una subestructura, como una célula, dicho efecto puede resultar de un número de procesos, incluyendo

absorción, distribución, metabolismo de compuestos padre, almacenamiento y excreción. (Castillo, 2004).

M-I SWACO, (2001), establece que: “la toxicidad se usa para determinar los efectos de la contaminación sobre los organismos de prueba” (p. 23.2)

2.2.9 Pruebas de bioensayo

Son pruebas realizadas en animales para determinar la toxicidad de un desecho o producto, determinándose una relación de respuesta a la dosis para cada material de prueba, en general, a medida que aumenta la concentración del material a prueba en el ambiente del animal, un mayor porcentaje de los mismos responden a la toxicidad al morir.

Los resultados de las pruebas de bioensayo son reportados mediante la identificación de puntos específicos en la relación de respuesta a la dosis, la mayoría de los permisos de descarga que usan las pruebas de bioensayo, imponen límites basados en el resultado de la prueba LC50 (concentración de una sustancia en el aire o agua que matará a 50% de la población de animales de la prueba), cuanto mayor sea la LC50 mayor será la toxicidad. (M-I SWACO, 2001).

2.2.10 Guppy Salvaje (*Poecilia reticulata*)

Son peces pequeños que llegan a medir de 2 a 6 cm de longitud, se caracterizan por ser ovovivíparos y por vivir en aguas poco profundas en las márgenes de quebradas, lagunas, caños y ríos. Según Milani (2016): “Son peces omnívoros, la posición de la boca indica que en la naturaleza se alimentan en la superficie de detritus, insectos acuáticos y algas”. (p.1).

Los *Poecilia reticulata* presentan dimorfismo sexual, esto quiere decir que se pueden diferenciar los machos de las hembras, siendo los machos más pequeños y coloridos con las aletas caudal y dorsal más desarrolladas y la aleta anal modificada en órgano copulador (gonopodio).



Figura 2.2 *Poecilia reticulata*
Fuente: Milani. (2016)

2.2.11 Bases y normativas legales relacionadas con la investigación

➤ Ley Orgánica del Ambiente (2006)

Artículo 80. Se consideran actividades capaces de degradar el ambiente:

- Las que directa o indirectamente contaminen o deterioren la atmósfera, agua, fondos marinos, suelo y subsuelo o incidan desfavorablemente sobre las comunidades biológicas, vegetales y animales.
- Las que produzcan alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.
- Las que alteren las dinámicas físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua.
- Otras que puedan dañar el ambiente o incidir negativamente sobre las comunidades biológicas, la salud humana y el bienestar colectivo.

- **Decreto 883. Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.**

Publicado en gaceta oficial (1995), establece:

Artículo 10. (De las descargas a cuerpos de agua). A los fines de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses.

Tabla 2.1 Máximo rango permisible de las aguas aptas de acuerdo a los parámetros físico-químicos

Parámetros físico-químico	Límites máximos
Cloruros	1000 mg/L
pH	6 – 9

Fuente: Decreto 883 (1995)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Aditivo: cualquier material que se añade a un del fluido de perforación para lograr un propósito determinado. (PDVSA- CIED, 2002, p.238).

Contaminación: aumento de la concentración de una sustancia del sistema natural superando las variaciones típicas y condiciones normales de la misma. (Álvarez, Martin y Ruza, 1984, p. 437).

Contaminación en fluido de perforación: la presencia en un fluido de perforación de cualquier materia extraña que tienda a producir propiedades perjudiciales del fluido de perforación. (M-I SWACO, 2001, p. B-6)

Daño ambiental: toda alteración que ocasione pérdida, disminución, degradación, deterioro, detrimento, menoscabo o perjuicio al ambiente o alguno de sus elementos. (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, p.5)

Dosis letal media (DL₅₀): dosis de un agente o sustancia, calculada estadísticamente, que se espera que mate al 50 % de los organismos de una población bajo un conjunto de condiciones definidas. (Repetto y Sanz, 1993, p.32).

Ecosistema: sistema complejo y dinámico de componentes biológicos, abióticos y energía que interactúa como una unidad fundamental. (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, p.5)

Impacto ambiental: efecto sobre el ambiente ocasionado por la acción antrópica o de la naturaleza. (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, p.7)

Indicador: sustancias en valoraciones ácido base que, en solución, cambian de color o se vuelven incoloras, cuando la concentración de iones hidrógeno alcanza un valor definido; estos valores varían con el indicador. En otras valoraciones, como las determinaciones de cloruro, dureza y otras, estas sustancias cambian de color al final de la reacción. Los indicadores comunes son la fenolftaleína, el cromato de potasio, etc. (M-I SWACO, 2001, p. B-12)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se realizó fue de tipo explicativa debido a que partiendo del análisis e interpretación de resultados obtenidos mediante observación directa se pretendió explicar el efecto que causó un aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) en alevines de *Poecilia reticulata* utilizados como bioindicadores, evaluando la biotoxicidad del aditivo para ser utilizado como fluido de perforación. Según Arias, (2006):

La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto en la determinación de la causa (post-facto) como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. (p. 26)

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación fue de tipo experimental ya que se sometieron a estudio ejemplares de *Poecilia reticulata*, a fin de observar los efectos que causarían las concentraciones del aditivo anti-acreción a base de semilla de Parapara (variables independientes) sobre la mortalidad y características morfológicas (variables dependientes) de esta especie en estudio. Según Arias, (2006), la investigación experimental es: “un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos y reacciones que se producen (variable dependiente).” (p.24)

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación estuvo enmarcada bajo un diseño de varianza de bloques aleatorios donde “n” representa el número de tratamientos y “m” el número de repeticiones. Según Little (1987):

En el diseño de bloques completos al azar, los bloques son conjuntos de unidades experimentales dispuestas o seleccionadas con anterioridad a la asignación de tratamientos, de modo que la variabilidad existente es minimizada dentro de los bloques y maximizada entre los mismos. Los tratamientos se asignan aleatoriamente el mismo número de veces a las unidades experimentales dentro de un bloque (p.65).

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por 20 acuarios los cuales contuvieron 8 peces cada uno, sometidos a concentraciones de 0; 0,15; 0,25; 0,50; 0,75 %V/V de aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) respectivamente, con un número de 4 acuarios por cada concentración (4 repeticiones), siendo las variables independientes las distintas concentraciones del aditivo necesarias para determinar el efecto que tendrán sobre las variables dependientes (mortalidad, cambios morfológicos y propiedades del agua). Esto con el fin de evaluar la biotoxicidad del aditivo anti acreción a través de pruebas de calidad del agua y dosis letal media (DL50) utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores.

3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para la realización de la investigación se empleó un procedimiento metodológico con el fin de mantener un orden y concordancia sobre los objetivos específicos ya planteados:

3.4.1 Caracterización del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) necesario para la evaluación toxicológica.

Se tomó como punto de partida el desarrollo del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus Saponaria*), el cual fue obtenido mediante el procedimiento aplicado por Cabeza (2019) Inicialmente se realizó la ubicación del árbol de Parapara en zonas aledañas al municipio Caripe, estado Monagas y se obtuvo su fruto a fin de extraer su cáscara mediante un simple corte o prensado.

Posteriormente se procedió a la elaboración del aditivo anti-acreción, líquido a base de la cáscara de acuerdo al procedimiento indicado por VidaNaturalia (2014) el cual consistió en añadir 80 cáscaras de parapara a 1 litro de agua, lo que representó un peso total de 62,92 g de cáscaras colocándose en un recipiente durante un tiempo de 15 minutos sobre el plato de calentamiento y se dejó reposar durante un tiempo de 30 minutos filtrando finalmente la mezcla obtenida.

Luego el líquido obtenido fue dividido en dos partes iguales y se colocó una de las partes (½ litro) junto con las mismas cáscaras nuevamente sobre el plato de calentamiento, pero esta vez durante un tiempo de 10 minutos mientras se iba mezclando manualmente para evitar que las cáscaras se fijaran al recipiente, pasados los 10 minutos se procedió a retirar del plato y se dejó reposar por 30 minutos, posteriormente se filtró nuevamente y se adicionó al líquido que ya se había obtenido previamente formando así 1 litro del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*).

Una vez obtenido el aditivo anti-acreción se procedió a determinarle las propiedades físicas y químicas como: gravedad específica, pH, dureza, cloruros, color y apariencia utilizando los siguientes métodos:

3.4.1.1 Método estándar para determinación de la gravedad específica mediante el picnómetro Gay Lussac (según norma ASTM D854-14)

Esta prueba se basó en la utilización de un picnómetro o botella de gravedad específica, la cual posee un sello de vidrio que dispone de un tapón provisto de un finísimo capilar, de tal manera que puede obtenerse un volumen con gran precisión. Esto permite medir la densidad de un fluido, en referencia a la de un fluido de densidad conocida como el agua.

3.4.1.2 Método de prueba estándar para pH (según norma ASTM-3838-80)

Esta prueba se realizó para indicar el grado de acidez o basicidad del aditivo anti-acreción a base de semilla de Parapara (*Sapindus saponaria*). Se calculó a través de un pH metro digital.

3.4.1.3 Método de cálculo de dureza (según norma ASTM D-1126)

Para el cálculo de la dureza se aplicó el método volumétrico complexométrico que consistió en colocar 1mL del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara en un Erlenmeyer, luego, se le añadieron 5 mL de agua destilada para seguidamente agregar 2 gotas de solución amortiguadora Buffer (base de NH_4OH) y 3 gotas del indicador negro de eriocromato. Después de agitar la mezcla se procedió a titular usando una bureta de 25 mL llena y enrazada con la solución de versenato estándar (EDTA) 0,01 N, se empezó a valorar agitando continuamente hasta que la muestra se volvió azul intenso por primera vez, sin que quedara ningún rastro de rojo o vinotinto y se registró el volumen en mL de solución de versenato estándar utilizados. Esto con el fin de calcular la concentración de calcio que posee el aditivo anti-acreción.

3.4.1.4 Método para el cálculo de cloruros (según norma COVENIN 2138-84)

Se empleó el método de Mohr para calcular la cantidad de cloruros que poseía el aditivo en estudio, primeramente, en un Erlenmeyer se agregó 1 mL del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara y se completó con agua destilada hasta alcanzar los 50 mL. Luego, se añadieron 5 gotas de cromato de potasio (K_2CrO_4) al 5% que permitió presenciar una coloración amarilla adquirida por la solución a titular. Posteriormente, se utilizó una bureta de 25 mL llena y enrasada con nitrato de plata ($AgNO_3$) a 0,01.M el cual se utilizó para titular volumétricamente agregando gota a gota mientras se agitaba constantemente hasta que se observó una coloración rojizo pardo. La titulación se terminó hasta que el color rojizo se mantuvo durante varios segundos y se leyó en la bureta el volumen en mililitros gastado de $AgNO_3$.

3.4.1.5 Color y apariencia:

Mediante percepción visual se obtuvo el color y la apariencia del aditivo anti-acreción.

3.4.2 Determinación del efecto del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sobre la calidad del agua y la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*.

Para realizar las pruebas se requirieron 20 recipientes de vidrio (acuarios- tipo bowl) de una capacidad de 3 litros donde se introdujeron 2,5 litros de agua potable, posteriormente se distribuyó el oxígeno en los 20 acuarios utilizando una bomba aireadora conectada a mangueras de silicón unidas entre sí por conectores plásticos tipo T y culminando con un regulador de oxígeno para cada pecera, supervisando que

cada acuario estuviese recibiendo oxígeno. Luego, se procedió a enumerar e identificar al azar cada pecera de acuerdo a las concentraciones establecidas para la prueba (0%; 0,15%; 0,25%; 0,50%; 0,75% % V/V) utilizando 4 repeticiones por cada concentración.

Se introdujeron 8 ejemplares de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) en cada pecera, con un tamaño aproximado de 2 a 3 centímetros, sin discriminación de sexo, estos 160 especímenes fueron previamente recolectados del río Guanipa en el estado Monagas. Seguidamente, se le agregó a cada acuario su concentración ya establecida del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) tomando muestras de agua de cada pecera cada 24 horas por un periodo de 96 horas (4 días) como lo establece la Prueba de toxicidad aguda para peces de agua dulce- Método estático (ISO 7346-1) con la finalidad de determinar si el producto en estudio causa efecto sobre la calidad de agua, lo cual requirió la medición de parámetros como la temperatura, la cual fue medida con un termómetro; el pH, el cual fue determinado con el pHmetro digital (según norma ASTM-3838-80); el contenido de cloruros, el cual se determinó mediante titulación usando como agente valorante el nitrato de plata y como indicador cromato de potasio y por último la dureza; la cual se determinó a través de una titulación con indicador de negro de eriocromo y como agente valorante el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Todas estas propiedades fueron medidas a través de la norma API RP13B-1.

A su vez, durante las 96 horas de realización del ensayo, cada 24 horas se observó el comportamiento y los cambios físicos de los alevines de Guppy Salvaje (*Poecilia reticulata*) contenidos en los recipientes de vidrio (acuarios tipo bowl) con las diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (0; 0,15; 0,25; 0,50; 0,75 % V/V), realizando una tabla para cada concentración tomando como biomarcadores: nado, pigmentación, movimiento de aletas y cambios

morfológicos como lo son: hinchamiento del cuerpo, emblanquecimiento de la membrana ocular o desintegración de la piel.

3.4.3 Evaluación de la biotoxicidad del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*), mediante la dosis letal media (DL₅₀), utilizando como bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata*.

El ensayo a realizar fue establecido bajo un diseño estadístico de bloques al azar, utilizando diferentes parámetros y la determinación de la (DL₅₀). Para llevar a cabo la evaluación de la biotoxicidad del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) se evaluó cada 24 horas por un período de 4 días (96 horas) la mortalidad de los bioindicadores, lo que permitió establecer mediante el gráfico de concentración con respecto al promedio de ejemplares muertos por concentración la dosis letal media (DL₅₀) o concentración que causará la muerte de la mitad de los bioindicadores.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Para la realización de este proyecto se utilizó la revisión bibliográfica como técnica, recopilando el material requerido para el desarrollo del tema en estudio, como trabajos de grado, ensayos de calidad y normativa legal.

Otra técnica a utilizar fue la observación directa. Según Arias (2006), la observación directa “es una técnica que consiste visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad” (p.69)

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Según Arias, (2006) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. De esta manera los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto son principalmente: la computadora portátil, cámara fotográfica, tabla de recolección de datos, entre otros.

3.6 RECURSOS

3.6.1 Recursos humanos

La investigación estuvo a cargo de dos estudiantes y además se contó con la asesoría académica de profesores del Departamento de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.

3.6.2 Recursos materiales

Para la ejecución de esta investigación se requirieron equipos, instrumentos y materiales del laboratorio de perforación de la Universidad de Oriente como: pH-metro, termómetros, goteros y agitadores, se utilizaron agentes valorantes (Nitrato de plata, EDTA) e indicadores (cromato de potasio, negro de eriocromo) asimismo como el aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara.

3.6.3 Recursos económicos

Los gastos asociados a la adquisición de material de oficina, reactivo para ensayos, materiales e instrumentos en general necesarios para la ejecución del proyecto fueron asumidos totalmente por los investigadores de este trabajo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ADITIVO ANTI-ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*) NECESARIO PARA LA EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA.

Acorde con la caracterización del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*), se evaluaron sus propiedades obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Propiedades y características físicas y químicas del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Propiedades y Características	
pH @ T= 25 °C	3,91
Gravedad Específica @ T= 25 °C	1,0419
Dureza	240 mg/L
Cloruros	100 mg/L
Color	Marrón
Apariencia	Líquido

La caracterización del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) fue realizada a condiciones estándar de presión y temperatura (1 atm y 25 °C) respectivamente, observándose que el aditivo estudiado presenta un pH de 3,91 clasificándose como una sustancia ácida de acuerdo a la escala de potencial de hidrógeno establecida por el bioquímico Lauritz (1909), dicha acidez en un fluido de perforación puede ocasionar un aumento en el desgaste por corrosión en las sargas de perforación, de igual manera, favorece un incremento en los valores de las propiedades reológicas. En cuanto al efecto de la concentración de ácidos sobre la vida de los especímenes, esto resultaría en un impacto negativo, ya

que, las sustancias ácidas generan una alteración en el sistema nervioso de los peces causándoles ansiedad (La Tercera, 2013). La gravedad específica arrojó un valor de 1,0419 evidenciándose que el aditivo presenta un valor de gravedad específica similar a la densidad del fluido tomada como referencia para el cálculo de dicha propiedad, es decir, ligeramente mayor a la densidad del agua. También, se observó que el líquido caracterizado posee una dureza de 240 mg/L teniendo en su composición una cantidad apreciable de partículas de calcio y magnesio que lo clasificarían como una sustancia dura según lo establecido por la guía de calidad del agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS), (2003) por otro lado, el aditivo a base de parapara presentó un valor de cloruros de 100 mg/L indicando la presencia de cloruros en su composición.

Adicionalmente el aditivo presentó una coloración marrón debido a la cáscara de la Parapara, la cual es utilizada para formular el aditivo anti-acreción y al ser hervida desprende este color natural característico, obteniéndose de igual manera una apariencia líquida.

4.2 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ADITIVO ANTI-ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*) SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA MORFOLOGÍA DE LOS ALEVINES DE *Poecilia reticulata*.

Se realizaron pruebas de calidad al agua contenida en las peceras durante la realización del ensayo y, simultáneamente, se observaron las características anatómicas externas de los alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) al ser expuestos a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) para determinar el efecto que causó dicho aditivo en la calidad del agua y en la morfología de los bioindicadores.

4.2.1 Pruebas de calidad del agua realizadas durante el ensayo al agua contenida en los acuarios a diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*).

Para determinar el efecto que causa el aditivo en estudio en el agua contenida en las peceras se realizaron pruebas de calidad durante la realización del ensayo.

4.2.1.1 Potencial de hidrógeno (pH) del agua sometida a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción.

Se evaluó el potencial de hidrogeno (pH) para cada concentración durante un período de 96 horas, donde se observa en la tabla 4.2 valores similares en cada medición manteniéndose en el rango de aceptación según lo indicado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2001), la cual establece que los valores de pH óptimos para la supervivencia de los peces en acuarios deben estar entre los rangos de 6,5 a 8,0 (Ver Apéndice B).

Tabla 4.2 Valores promedio del potencial de hidrógeno (pH) del agua sometida a concentraciones del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Concentraciones (mg/L)	%v/v	pH			
		24 h	48 h	72 h	96 h
0	0	7,34	7,42	7,44	7,46
1562,85	0,15	7,56	7,66	7,78	7,83
2604,75	0,25	7,43	7,52	7,98	7,76
5209,5	0,50	7,62	7,72	7,99	7,98
7564,19	0,75	7,78	7,57	7,83	7,92

4.2.1.2 Dureza del agua sometida a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción.

En relación a los resultados obtenidos para la dureza del agua mostrados en la tabla 4.3, al agregar el aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) a distintas concentraciones, se observó un resultado de 40 mg/L para los ensayos de 0 %V/V de concentración, mientras que, para las demás pruebas (0,15; 0,25; 0,50; 0,75 %V/V) se observó que los valores de dureza eran de 80 mg/L, indicando que el aditivo anti-acreción aportó cierta cantidad de calcio a los acuarios, esto debido a que el aditivo anti-acreción sin diluir en agua posee una dureza de 240 mg/L (tabla 4.1), sin embargo, el agua contenida se puede clasificar como agua moderadamente dura por tener un valor entre los 75-150 mg/L, según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), (2003) (Ver Apéndice B) la cual no debería afectar la vida de los peces, como lo indica Hernández, *et al* .(2000) que establecen que los alevines de *Poecilia reticulata* resisten sin dificultad aguas moderadamente duras e incluso muy duras.

Tabla 4.3 Valores promedio de dureza del agua sometida a concentraciones del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Concentraciones (mg/L)	%v/v	Dureza (mg/L)			
		24 h	48 h	72 h	96 h
0	0	40	40	40	40
1562,85	0,15	80	80	80	80
2604,75	0,25	80	80	80	80
5209,5	0,50	80	80	80	80
7564,19	0,75	80	80	80	80

4.2.1.3 Cloruros del agua sometida a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción.

Se observa en la tabla 4.4 que para cada muestra de agua tomada de los diferentes ensayos con distintas concentraciones de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*), el total de cloruros es constante a lo largo de toda la prueba, esto indica que el aditivo anti-acreción agregado no poseía iones cloruro suficientes (tabla 4.1) como para causar una alteración de los valores de cloruros presentes en cada acuario en estudio.

Tabla 4.4 Promedio total de cloruros por concentraciones con aditivo anti-acreción formulado a base de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Concentraciones (mg/L)	%v/v	Cloruros (mg/L)			
		24 h	48 h	72 h	96 h
0	0	100	100	100	100
1562,85	0,15	100	100	100	100
2604,75	0,25	100	100	100	100
5209,5	0,50	100	100	100	100
7564,19	0,75	100	100	100	100

4.2.2 Efecto de las diferentes concentraciones del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*.

Para determinar el efecto que causaron las distintas concentraciones del aditivo en estudio en la morfología de los bioindicadores se observó cada 24 horas el comportamiento de los mismos obteniéndose los siguientes resultados:

4.2.2.1 Efecto de la concentración de 0 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*

Según el Club de peces de agua dulce (2015), los *Poecilia reticulata* “son peces muy activos, les gusta explorar y siempre mantienen sus aletas en movimiento” lo cual indica que los peces sometidos a 0% %V/V de concentración de aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) mantuvieron sus características naturales de nado y movimiento de aletas como se observa en la tabla 4.5, a su vez, no hubo cambio en su pigmentación y no se observaron cambios morfológicos como emblanquecimiento de la membrana ocular o cuerpo hinchado durante las 96 horas de duración del ensayo, dejando en evidencia que ningún factor afectaba el sistema en el cual se encontraban todos los alevines de Guppy salvaje.

Las características de estos peces fueron utilizadas como punto de comparación para las muestras de 0,15; 0,25; 0,50; 0,75 %V/V a fin de determinar si el medio acuático estuvo afectado durante la realización del ensayo.

Tabla 4.5 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0 %V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
48	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
72	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
96	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno

4.2.2.2 Efecto de la concentración de 0,15 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*

Durante el ensayo se pudo observar (tabla 4.6) que los alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) sometidos a una concentración de 0,15 %V/V de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) no presentaron ningún cambio en sus características anatómicas en comparación con la muestra de 0 %V/V, ya sea de nado, pigmentación, movimiento de las aletas o morfología indicando que una concentración de 0,15 %V/V del aditivo no afecta el medio acuático en el cual se encuentran los bioindicadores.

Tabla 4.6 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0,15 %V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
48	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
72	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
96	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno

4.2.2.3 Efecto de la concentración de 0,25 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*

Se observa en la tabla 4.7 que para los peces sometidos a una concentración de 0,25 %V/V no hubo ningún cambio pasadas las 48 horas de prueba, sin embargo, luego de las 72 horas, los alevines disminuyeron la velocidad de su nado y el movimiento de sus aletas en comparación con los del ensayo de 0 %V/V, lo cual es

un indicativo de un cambio de conducta en los Guppy salvajes debido a las condiciones del agua. Según la página española Mundo Acuario (2011), “se podrá comprobar que algo va mal, cuando el pez se empieza a mover por las esquinas o rincones de la pecera, o se mueve muy lentamente, o sus aletas están pegadas a su cuerpo, evitando moverlas”.

Un comportamiento similar fue observado por Marcano y Malavé (2012) en su ensayo para la determinación de la toxicidad de detergentes formulados a partir de aceite de Palma (*Elaeis guineensis*) y aceite de Soya (*Glycine max*), utilizados como aditivos en los fluidos de perforación, donde sus bioindicadores sometidos a la dosis de 0,25 %V/V comenzaron a disminuir su velocidad a partir de las 72 horas de realización de la evaluación biotóxica.

Tabla 4.7 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0,25 %V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
48	Buena velocidad (dispersos)	Natural	Continuo	Ninguno
72	Velocidad media (dispersos)	Natural	Poco continuo	Ninguno
96	Velocidad media (dispersos)	Natural	Poco continuo	Ninguno

4.2.2.4 Efecto de la concentración de 0,50 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*

En la tabla 4.8 se observa que los alevines sometidos a una concentración de 0,50 %V/V de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus*

saponaria) apenas transcurridas las primeras 24 horas de la prueba habían disminuido la velocidad de su nado, sus aletas se encontraban plegadas por lo cual movimiento era poco continuo o intermitente en comparación con el ensayo de 0 % V/V.

A las 72 horas del inicio del ensayo, los peces sobrevivientes se encontraban agrupados, su piel pasó de tener su color natural brillante a una pigmentación opaca, cambio que no se había observado en los especímenes sometidos a concentraciones menores; esto ocurre debido a que en presencia de contaminación de su hábitat (en este caso los acuarios), sus escamas, como el pelaje o la piel de cualquier animal, puede verse afectada por alguna alteración, cambiando su color inicial a colores más opacos o menos intensos como lo indica Zapata (2015).

Tabla 4.8 Efecto del aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) al 0,50 % V/V sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Velocidad media (dispersos)	Natural	Poco continuo	Ninguno
48	Velocidad media (dispersos)	Natural	Poco continuo	Ninguno
72	Velocidad lenta (agrupados en el fondo)	Opaca	Suave	Ninguno
96	Velocidad lenta (agrupados en el fondo)	Opaca	Suave	Ninguno

4.2.2.5 Efecto de la concentración de 0,75 %V/V sobre los alevines de *Poecilia reticulata*

Durante las primeras 24 horas de prueba, se pudo observar que en los acuarios con concentración 0,75 %V/V del aditivo anti-acreción a base de Parapara, todos los

alevines murieron, presentando cambios en sus características como: opacidad en la superficie de la piel, membrana de ojos emblanquecida y cuerpo hinchado.

En el Manual básico de Sanidad Piscícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay (2011), se señala que “la opacidad en la piel de los peces puede ser causada por toxinas exógenas. Los síntomas que aparecen con más frecuencia son lesiones en branquias, piel, como así también fuertes lesiones hepáticas y en el riñón.” (p.21), entendiéndose como exógena una sustancia externa como el aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) agregado a los diferentes acuarios, que se introduce al organismo por vía digestiva o respiratoria de los alevines.

Por otro lado, Fontanillas (2001), miembro de la unidad de Zoología del Departamento de Fisiología Animal de la Universidad Complutense de Madrid en su artículo Acuariofilia: enfermedades y tratamientos de peces de acuario, indica que “el cuerpo hinchado es causa de Hidropesía la cual se manifiesta generalmente por contaminación en el agua, afectando sus riñones”.

4.3 EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DEL ADITIVO ANTI-ACRECIÓN A BASE DE EXTRACTO DE PARAPARA (*Sapindus saponaria*), MEDIANTE LA DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀), UTILIZANDO COMO BIOINDICADORES ALEVINES DE *Poecilia reticulata*.

Se realizó una evaluación a nivel de laboratorio de la toxicidad del aditivo anti-acrección a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) por medio del cálculo de la dosis letal media (DL₅₀) del aditivo en los bioindicadores.

4.3.1 Calculo de la Dosis letal media (DL₅₀) del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) aplicado sobre los bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata*.

Se calculó la dosis letal media (DL₅₀) del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sobre los alevines de Guppy salvaje *Poecilia reticulata* con el fin de conocer la toxicidad del aditivo, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4.9 Totales de alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) muertos por repetición a diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Concentraciones %v/v	Tiempo de prueba				Total de muertes
	24	48	72	96	
0,00	0	0	0	0	0
0,00	0	0	0	0	0
0,00	0	0	0	0	0
0,00	0	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0
0,50	6	0	0	0	6
0,50	6	0	0	0	6
0,50	7	0	0	0	7
0,50	6	0	0	0	6
0,75	8	0	0	0	8
0,75	8	0	0	0	8
0,75	8	0	0	0	8
0,75	8	0	0	0	8

Según los datos obtenidos en la tabla 4.9, luego de las 24 horas de haber iniciado el ensayo se registró la mayor cantidad de muertes de especímenes en todos los acuarios en general debido a la presencia del aditivo anti-acreción en el agua y su primer contacto con los alevines. Se observa que la mayoría de peces que murieron fueron los sometidos a la mayor concentración, es decir, 0,75 %V/V, donde no quedaron peces vivos. También se observa que luego de esto, transcurridas las 48, 72 y 96 horas la tasa de mortalidad se mantuvo totalmente nula y no se registraron más decesos. Por otro lado, cumpliéndose las 96 horas del ensayo, se puede ver que sólo murieron especímenes de Guppy salvaje en las concentraciones de 0,50 y 0,75 %V/V.

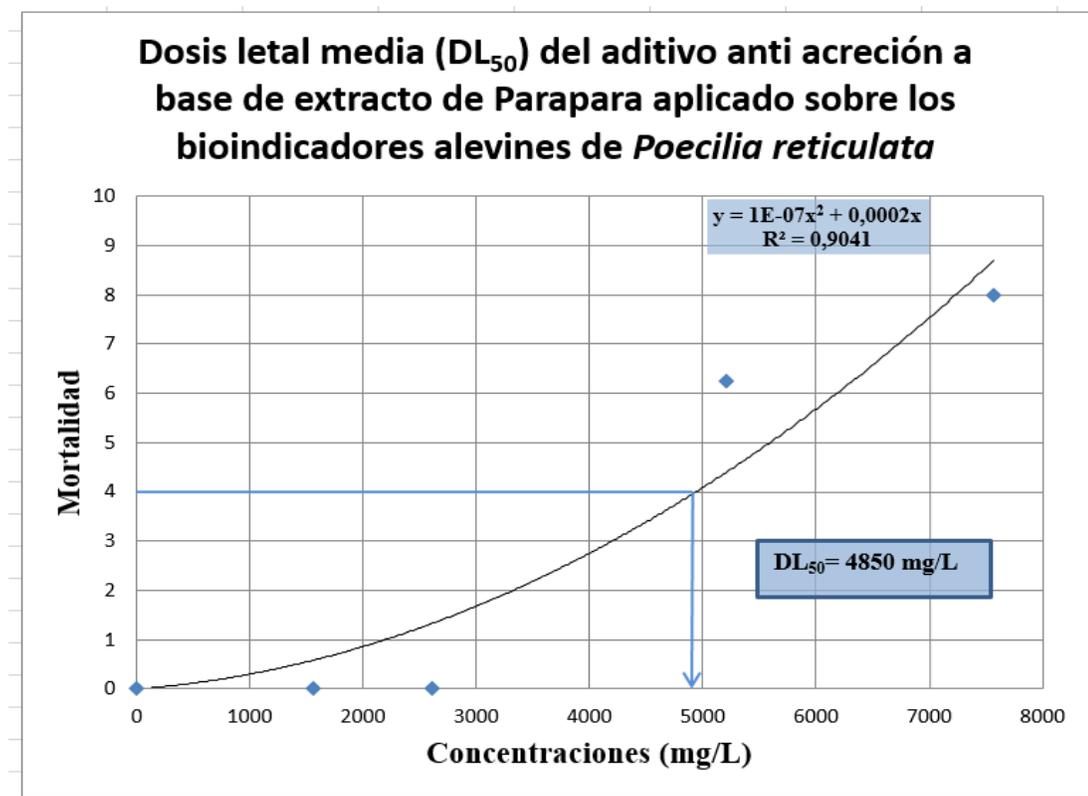
En el ensayo de 0 %V/V no se evidenció la muerte de alevines de *Poecilia reticulata*, cumpliéndose uno de los criterios de las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (2001), las cuales indican que en una muestra patrón no se puede generar una muerte mayor al 1% de los especímenes utilizados como bioindicadores.

Tabla 4.10 Promedio y total de alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) muertos por repetición a diferentes concentraciones de aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Concentración		Mortalidad	
ppm o mg/L	%v/v	Total	Promedio
0,00	0,00	0	0
1562,85	0,15	0	0
2604,75	0,25	0	0
5209,50	0,50	25	6
7564,19	0,75	32	8

En la tabla N° 4.10 se observa el promedio aritmético de los alevines de Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) muertos a las diferentes concentraciones de aditivo a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*).

Los resultados indican que sólo fallecieron especímenes y existieron valores promedio mayores a 0,00 en los acuarios con concentraciones de 0,50 y 0,75 %V/V del aditivo; estos datos obtenidos fueron utilizados para la construcción de una gráfica de mortalidad VS concentración con el fin de calcular de la dosis letal media (DL₅₀) del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) como se muestra a continuación.



Gráfica 4.1 Dosis letal media (DL₅₀) del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara aplicado sobre los bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata*

En la gráfica anterior se muestra el valor obtenido para la dosis letal media (DL₅₀) el cual fue de 4850 mg/L, que representa la concentración del aditivo anti-acreción en la cual el 50% de los peces murieron durante el ensayo toxicológico, esta parábola con tendencia positiva indica que al aumentar la concentración del aditivo

anti-acreción mayor será el porcentaje de mortalidad de alevines de *Poecilia reticulata*, y de acuerdo al valor obtenido de la Dosis letal media (DL₅₀) que resultó ser mayor de 100 mg/L, el aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara puede ser considerado como una sustancia no peligrosa según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) posee un pH de 3,91 clasificándose como una sustancia ácida por poseer un pH menor a 7 según lo establecido en la escala de Lauritz (1909).
- El aditivo anti-acreción en estudio presentó una gravedad específica de 1,0419 evidenciándose que su densidad es ligeramente mayor a la densidad del agua.
- Las concentraciones de 0,15 y 0,25 % V/V agregadas a los acuarios no afectaron el comportamiento y apariencia natural de los bioindicadores durante las 96 horas de realización del ensayo toxicológico.
- Se observaron cambios en los alevines de *Poecilia reticulata* como nado letárgico, piel opaca, membrana de ojos emblanquecida, cuerpo hinchado, producto de su continua exposición al aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) sometidos a concentraciones mayores a 0,25 % V/V.
- A medida que se aumenta la concentración del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara, mayor será la mortalidad de los bioindicadores (*Poecilia reticulata*).
- La dosis letal media (DL₅₀) del aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) resultó ser de 4850 mg/L, clasificándolo como una sustancia no peligrosa.

5.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar la toxicidad al aditivo anti-acreción formulado a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) utilizando plantas como bioindicadores o alevines de agua salada.
- Efectuar estudios sobre el efecto que causan otros aditivos anti-acreción utilizados como aditivos en los fluidos de perforación sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata* y realizar comparaciones.
- Caracterizar aditivos anti-acreción a base de otras materias primas nacionales evaluando su biotoxicidad con el propósito de disminuir el impacto ambiental.
- Realizar ensayos de calidad de agua a los cuerpos de agua afectados por los aditivos de fluidos de perforación para tener una evaluación toxicológica más completa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A; Martin, F. y Ruza, T. (1984). *Tratado del medio ambiente*. Madrid: Lafer.
- API RP 13B-1 (2001). *Procedimiento estándar para la prueba de campo de los fluidos de perforación base agua*. Instituto Americano de Petróleo, Dallas, Texas, USA
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación*. (5a ed.), Espítome, Caracas, Venezuela.
- ASTM D1126-17, *Standard Test Method for Hardness in Water*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017
- ASTM D3838-80. *Standard Test Method for pH*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1999.
- ASTM D854-14. (2014). *Métodos de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos del Suelo por Picnómetro de Agua*. International, West Conshohocken, PA.
- Baker Hughes Inteq. (1998). *Manual de ingeniería de fluidos de perforación*. Houston, Texas, USA.
- BAROID. (1997). *Manual de Fluidos de Perforación*. Houston Texas. USA.
- Bourgoyne, A; Millheim K; Chenevert, M. y Young, F. (1986) *Ingeniería aplicada a la perforación* (1ªed.). Sociedad de Ingenieros de petróleo. Houston, Texas: Richardson.
- Cabeza, J. (2019). *Desarrollo de un aditivo antiacreción a base de extracto de Parapara (Sapindus saponaria) como aditivo para fluidos de perforación base agua*. Trabajo de grado, Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Venezuela.

- Castillo, G. (2004). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas*, Instituto mexicano de tecnología del agua.
- Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED). (2002). *Fluidos de perforación*, Caracas-Venezuela.
- Club de peces de agua dulce (2015). *Pez Guppy*. Consultado en junio del 2019. Disponible en:
- COVENIN 2138-84. *Determinación de cloruros. Agua Potable*. Norma venezolana. 1998.
- Decreto 883 (1995). *Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos*. Gaceta Oficial N° 5.021
- EPA. (1993). *Control de tóxicos en el agua*. Documentos de soporte técnico de la EPA. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. USA: Washington, D.C.
- Fontanillas, J. (2001). *Acuariofilia: enfermedades y tratamientos de peces de acuario*. Unidad de Zoología. Departamento de Fisiología Animal. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- Hernandez, S., Espino, G. y Carbajal, J. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. Universidad Nacional Autónoma de México
- ISO 7346-1. *Calidad del agua. Determinación de la toxicidad letal aguda de sustancias frente a un pez de agua dulce*. Parte 1: Método estático. (1996).
- Lauritz, Søren (1909). *Escala del pH*, Copenhague, Dinamarca.
- La Tercera (2013). *La acidez aumenta el nerviosismo en los peces*. Consultado en junio del 2019. Disponible en: <https://www.latercera.com/noticia/la-acidez-aumenta-el-nerviosismo-en-los-peces/>

- Ley Orgánica del Ambiente (2006), *gaceta oficial* N° 5.833. Disponible en: <http://www.minamb.gov.ve/>
- Little, J. A. (1987). *Statistical Analysis with Missing Data*. John Wiley & Sons.
- Marcano, Z. y Malavé, L. (2012). *Determinación de la toxicidad de los detergentes formulados a partir de aceite de palma (Elaeis guineensis) y aceite de soya (Glycine max), utilizados como aditivos en los fluidos de perforación*. Trabajo de grado, Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Venezuela.
- Ministerio de agricultura y ganadería de Paraguay (2011). *Manual básico de sanidad piscícola*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>
- Milani, N. (2016). *Todo sobre los guppies*. Consultado en Noviembre del 2018. Disponible en: <http://www.acuariolandia.com/2016/04/14/todo-sobre-los-guppies/>
- Mi-Swaco, (2004). *Fluidos de Perforación*. Houston Texas. USA.
- Mi-Swaco, (2001). *Engineering drilling fluids manual*. Houston Texas. USA.
- Mundo Acuario (2011). *Pez Guppy: (Alimentación, cuidados, reproducción)*. Consultado en junio del 2019. Disponible en: <https://mundoacuario.es/pez-guppy/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2003). *Guía para la calidad del agua*. (3ª ed.). Suiza, Ginebra.
- PDVSA CIED (2002). *Manual de fluidos de perforación*. Primera versión. Venezuela.
- Repetto, M. y Sanz, P. (1993). *Glosario de términos toxicológicos*. Versión española.
- Rivas, I. y Tarrazzi I, F. (2013). *Evaluación de la toxicidad de un crudo liviano utilizando alevines de peces (Petenia splendida) como bioindicadores*. Trabajo de grado, Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Venezuela.

VidaNaturalia, (08 de febrero de 2014). *Cómo Hacer JABÓN NATURAL para lavar la ROPA... ECOLÓGICO!!!*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=MTCxtBbytuO>

Zapata, L. 2015. *Recursos pesqueros de Colombia, principales especies, conservación y pesca responsable*. AUNAP y WWF Colombia. Cali, 64 p.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Muestra de cálculos y procedimientos experimentales utilizados para la caracterización del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) y pruebas de calidad del agua.

A.1 Determinación de la Gravedad Específica del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara mediante la Norma ASTM D 891

Para determinar la densidad se utilizó el método del picnómetro (Norma ASTM D 891); que se basa en la utilización de un picnómetro, el cual posee un sello de vidrio que dispone a su vez de un tapón previsto de un finísimo capilar y para determinarla se utilizará la siguiente ecuación:

Procedimiento:

1. Se anotó el valor del volumen del picnómetro que tiene registrado en la pared del frasco.
2. Se pesó el picnómetro vacío, seco y limpio en la balanza analítica.
3. Se llenó el picnómetro con las diferentes muestras. Se colocó el tapón, hasta que parte del líquido se derramó, se secaron bien las paredes externas del picnómetro, esto para evitar que el líquido que queda en las paredes externas provoque errores en la medición.
4. Se pesó el picnómetro lleno en la balanza analítica.
5. Se determinó la densidad de las muestras a temperatura ambiente utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{mpiclleno - mpicvacio}{vpic} \quad (A.1)$$

Donde

m pic lleno: masa del picnómetro lleno, [g]
m pic vacío: masa del picnómetro vacío, [g]
v pic: volumen del picnómetro, [mL]

$$\rho = \frac{26,370g - 15,951g}{10mL} = 1,0419 \frac{g}{mL}$$

$$G.E = \frac{\rho_{Aditivo}}{\rho_{Agua}} = \frac{1,0419 \text{ g/mL}}{1 \text{ g/mL}}$$

hui

$$G.E = 1,0419$$

A.2 Procedimiento para el cálculo del pH según norma ASTM-3838-80

1. Presionar el botón on/off en ON para encender el medidor de pH
2. Ajustar la temperatura manualmente con la temperatura de la muestra.
3. Presionar el botón pH/mV hasta que el aviso en la pantalla indique el modo de medición deseado.
4. Retirar el electrodo de la solución de almacenamiento.
5. Enjuagar el electrodo con agua destilada.
6. Sumergir el electrodo en la solución a ser medida, después de pocos segundos el valor de pH se estabiliza.
7. Registrar el valor del Ph.

A.3 Procedimiento para el cálculo de la dureza

Para el cálculo de la dureza se aplicó el método volumétrico complexométrico según norma APHA: 3500-CA.

1. En un Erlenmeyer de 250 mL inicialmente se colocó 1 mL de la muestra del agua a estudiar.
2. Luego se añadió aproximadamente 5 mL de agua destilada en el recipiente de valoración.
3. Seguidamente se agregaron 2 o 3 gotas de solución amortiguadora Hardner Buffer. (base de NH_4OH).

4. Por último, se adicionó 3 gotas del indicador negro de eriocromato y se mezcló mediante la agitación.
5. Usando una bureta de 25 mL llena y enrazada con la solución de versenato estándar (EDTA) 0,01 N, se empezó a valorar agitando continuamente hasta que la muestra se volvió azul intenso por primera vez, sin que quedara ningún rastro de rojo o vinotinto. Se registró el volumen en mL de solución de versenato estándar utilizados.

$$\text{Dureza (mg/L)} = \text{mL de Versenato Estándar} \times 400 \text{ mL de muestra} \quad (\text{A.2})$$

$$\text{Dureza} = 0,1 \text{ mL} \times 400 = 40 \text{ mg/L}$$

A.4 Procedimiento para el cálculo del contenido de cloruro

En la determinación del contenido de cloruro se empleó el método de Mohr establecido bajo la norma COVENIN 2138 – 84. De manera que:

1. Se verificó que las muestras presentarán un rango de pH de entre 7 a 8.
2. En un Erlenmeyer de 250 mL se agregó 1 mL de la muestra y se completó con agua destilada hasta alcanzar los 50 mL.
3. Se añadieron 5 gotas de cromato de potasio (K_2CrO_4) al 5% que nos permitió presenciar una coloración amarilla adquirida por la solución a titular.
4. Posteriormente se utilizó una bureta de 25 mL llena y enrasada con nitrato de plata (AgNO_3) a 0,01.M el cual se utilizó para titular volumétricamente agregando gota a gota mientras se agitaba constantemente hasta que se observó una coloración rojizo pardo. La titulación se terminó hasta que el color rojizo se mantuvo durante varios segundos.
5. Por ultimo para cada muestra o alícuota se leyó en la bureta el volumen en mililitros gastado de AgNO_3 .

$$\text{Cloruro} = \text{cc consumido AgNO}_3 \text{ (Nitrato de plata)} \times 1000 \quad (\text{A.3})$$

$$\text{Cloruro} = 0,1 \times 1000 = 100 \text{ mg/L}$$

APÉNDICE B

Valores de temperatura obtenidos y tablas utilizadas durante la evaluación de la biotoxicidad.

Cuadro B.1 Valores de temperatura obtenidos durante la evaluación de la biotoxicidad del aditivo anti- acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*)

Concentración % V/V	Temperatura (°C)			
	24 Hrs	48 Hrs	72 Hrs	96 Hrs
0,00	27,8	28,0	27,0	26,7
0,00	27,2	27,1	26,7	27,2
0,00	28,1	25,9	27,2	27,7
0,00	26,7	26,6	27,2	26,3
0,15	26,0	27,2	27,1	27,9
0,15	26,0	26,1	27,3	25,7
0,15	28,0	27,0	26,9	26,6
0,15	29,0	27,6	26,8	27,3
0,25	26,3	28,2	26,9	26,2
0,25	26,7	26,7	27,0	27,2
0,25	27,5	27,0	25,9	26,4
0,25	28,1	26,1	26,8	28,0
0,50	26,6	25,7	27,8	26,4
0,50	26,9	26,3	28,1	26,2
0,50	26,3	28,0	26,7	27,0
0,50	26,5	26,7	28,2	28,1
0,75	27,2	27,3	26,7	26,6
0,75	28,1	26,7	26,9	27,0
0,75	27,2	26,5	26,8	27,6
0,75	27,4	27,2	26,9	26,3

Tabla B.1. Clasificación de la calidad del agua según su pH

Nivel de pH	Calidad del agua
Menos de 5,5	Mala: es muy ácida, a los peces y otros organismos les será casi imposible sobrevivir.
5,5 - 5,9	Aceptable
6,0 - 6,4	Buena
6,5 - 7,5	Excelente
7,6 - 8,0	Buena
8,1 - 8,5	Aceptable
Más de 8,6	Mala: es muy alcalina y a los peces y otros organismos les puede ser casi imposible sobrevivir.

Fuente: Manual de campo del Día Mundial del Control de la Calidad del Agua (2007).

Tabla C.2 Clasificación del tipo de agua según su dureza

Tipo de Agua	Dureza (mg/L)
Agua blanda	0-75
Agua moderadamente dura	75-150
Agua dura	150-300
Agua muy dura	> 300

Fuente: Guía de calidad del agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS), (2003)

APÉNDICE C

Memoria fotográfica del ensayo toxicológico



Figura C.1. Cáscaras de parapara (*Sapindus saponaria*) para la elaboración del aditivo anti-acreción.



Figura C.2. Aditivo anti-acreción a base de extracto de parapara (*Sapindus saponaria*).



Figura C.3. Montaje de acuarios con distribución de oxígeno.



Figura C.4. Acuarios luego de agregado el aditivo anti-acreción a base de extracto de *Parapara* e introducido los alevines de *Poecilia reticulata*.

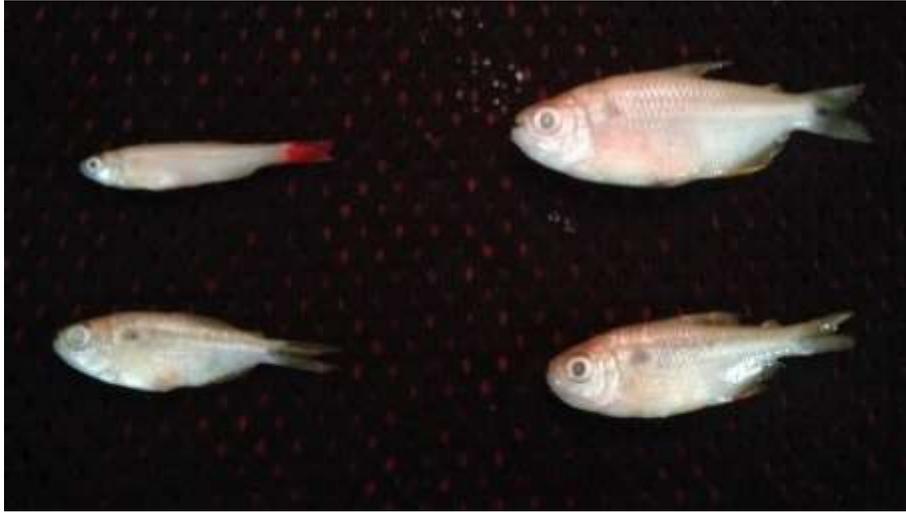


Figura C.5. Alevines de *Poecilia reticulata* con cuerpo hinchado, opacidad lechosa y membrana de ojos emblanquecida.



Figura C.6. Alevín de *Poecilia reticulata* con cuerpo hinchado, opacidad lechosa y membrana de ojos emblanquecida



Figura C.7. Ensayo de titulación, cálculo de la dureza del agua contenida en los diferentes acuarios

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Evaluación de la biotoxicidad de un aditivo anti-acreción a base de extracto de parapara (<i>sapindus saponaria</i>) con aplicación en la formulación de fluidos de perforación
---------------	--

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Ayala Palacios, Héctor Alonso	CVLAC	C.I: 25.028.469
	e-mail	hectorayala4796@gmail.com
Ynaga Vilera, Andrea Victoria	CVLAC	C.I: 24.864.577
	e-mail	andreaynaga@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

biotoxicidad
extracto de parapara
alevines
dosis letal media
calidad del agua
curso especial de grado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y Ciencias Aplicadas	Ingeniería de Petróleo

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

Resumen (Abstract):

Esta investigación fue realizada con el propósito de evaluar la biotoxicidad de un aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (*Sapindus saponaria*) con aplicación en la formulación de fluidos de perforación utilizando alevines de guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) como bioindicadores. Primero, se procedió a caracterizar el aditivo para conocer propiedades tales como pH, gravedad específica, dureza cálcica, cantidad de cloruros, color y apariencia. Para la determinación de la biotoxicidad del aditivo se ejecutó un procedimiento de tipo experimental a nivel de laboratorio, empleando pruebas de calidad del agua, determinando el efecto que causa el aditivo sobre la morfología de los bioindicadores al someterlos a diferentes concentraciones del aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara (0; 0,15; 0,25; 0,50 y 0,75) % V/V durante un período de 96 horas, con 4 repeticiones por acuario para así, de esta manera, determinar la dosis letal media (DL₅₀) relacionando la mortalidad y concentración del aditivo mediante un gráfico de dispersión ajustado a un modelo polinómico de segundo orden, lo cual arrojó una DL₅₀ de 4850 ppm permitiendo considerar al aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara como una sustancia no peligrosa según las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), ya que posee un nivel toxicológico dentro del rango establecido para productos no peligrosos (DL₅₀ ≥ 100 mg/L). Se llegó a la conclusión de que el aditivo anti-acreción a base de extracto de Parapara en concentraciones menores a su DL₅₀ en cuerpos de agua dulce no afecta a los organismos vivientes que pueden estar en el agua pudiendo utilizarse para la formulación de fluidos de perforación base agua sin causar daños ambientales.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail				
Ing. Jesús Otahola	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC	C.I. 14.940.176			
	e-mail	jotahola@hotmail.com			
Msc. Luis Castillo	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC	C.I 13.773.520			
	e-mail	lcastillocampos@hotmail.com			
Ing. Natali Ramos	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC	C.I 14.145.134			
	e-mail	ramosmnatali@gmail.com			

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad).. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2020	02	28

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOCTG_APHA2020

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2
3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: inespacial
Temporal: intemporal

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero de Petróleo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias Aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago, a usted a los fines consiguientes.

RECIBIDO POR [Firma]
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUMEL
Secretario

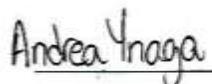
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/marja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento De Trabajos De Grado:

Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.

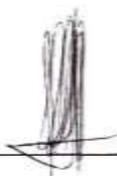


Andrea Ynaga



Héctor Ayala

Autores



Ing. Jesús Otahola

Asesor