



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN AGUAS GENERADO POR  
LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA**

**REALIZADO POR:  
MARIELVIS DEL CARMEN RUIZ VILLEGAS  
JULIO CÉSAR VELÁSQUEZ MATA**

**Trabajo Especial de Grado Presentado Como Requisito Parcial para Optar al  
Título de:**

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**MATURÍN, MAYO DE 2012**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN AGUAS GENERADO POR  
LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA

REALIZADO POR:  
MARIELVIS DEL CARMEN RUIZ VILLEGAS  
C.I: 15.894.406  
JULIO CÉSAR VELÁSQUEZ MATA  
C.I: 16.627.786

REVISADO POR

MsC. ING. RUBEN VEGA  
ASESOR ACADÉMICO

ING. MARÍA GAMBOA  
CO-ASESOR ACADÉMICO

MATURÍN, MAYO DE 2012

# ACTA DE APROBACION



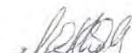
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

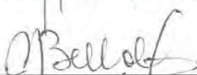
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN AGUAS GENERADO POR  
LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA

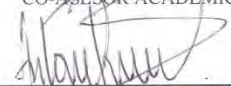
REALIZADO POR:  
MARIELVIS DEL CARMEN RUIZ VILLEGAS  
C.I: 15.894.406  
JULIO CÉSAR VELÁSQUEZ MATA  
C.I: 16.627.786

APROBADO POR

  
\_\_\_\_\_  
MsC. ING. RUBEN VEGA  
ASESOR ACADÉMICO

  
\_\_\_\_\_  
ING. MARÍA GAMBOA  
CO-ASESOR ACADÉMICO

  
\_\_\_\_\_  
ING. NORIS BELLO  
JURADO PRINCIPAL

  
\_\_\_\_\_  
ING. CÉSAR RIVERO  
JURADO PRINCIPAL

MATURÍN, MAYO DE 2012

## **RESOLUCIÓN**

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



## DEDICATORIA

**A mi Dios** todopoderoso por haberme permitido la dicha de alcanzar esta meta e iluminarme siempre mi camino.

**A mi padre Justo Ruiz** por apoyarme y darme la confianza de creer en mí.

**A mi madre Marieva** por ser de gran apoyo por ella soy lo que soy hoy en día, me siento orgullosa y afortunada de tener la madre más maravillosa este logro se lo dedico a mis padres los amo.

**A mis hermanos** por siempre estar pendiente de mí.

**A mis primos:** Richard, Luigi, Carmen por darme su ayuda incondicional cuando más lo necesite por estar pendiente de mi en cada instante los quiero mucho.

**A mis tíos:** Juvenal y Rosaima, Juana Yanett, Yuni y Carmen por brindarme su apoyo estar conmigo en las buenas y en las malas gracias por su confianza.

**A mi ahijada** Gladiuska por quererme mucho.

**A mis amigos:** Anarosa, José, Diego, Luis, Nati, Yoli, Virginia, Lennys, Mariolys, Greli que son como mis hermanos siempre dando sus ayuda y en especial a mi niño bello Julio porque con el obtuve este logro tan grande los adoro siempre podrán contar conmigo.

**A Winder** por estar conmigo y ayudarme cuando más lo necesite gracias amor te amo.

En fin a todas las personas que han estado conmigo y me han apoyado en estos momentos de mi vida. **A todos muchísimas gracias.**

**Marielvis del Carmen Ruiz Villegas**

## DEDICATORIA

Lo más grande de Dios es que nos permite ser lo que queramos ser, nos ofrece caminos y habilidades naturales, pero nos deja elegir y desarrollar las que decidamos para enseñarnos que en la vida no hay decisiones malas, solo son decisiones. Bendecido seas Padre, porque de tu gloria divina hoy puedo decir, que soy Ingeniero de Petróleo, porque así lo decidí, dedico este logro a ti, **JESÚS**, mantenme siempre de corazón noble y en caminos de mucho aprendizaje para desarrollar mi profesión con toda la dedicación y el compromiso con el que siempre he visto la vida.

A mi **Madre Maritza**, símbolo en mi alma de lo grande que puede ser un ser humano, a mi **Padre Julio**, por todo su apoyo.

A mi **hermano César**, por ser ejemplo de constancia y de superación. A mi **hermana Bárbara**, porque te traduces en sonrisas y alegrías.

A mi **abuelo Cándido**, porque me recuerdo de tu mano camino hacia mis primeros días de escuela, a mi **abuela Ana**, porque antes de la escuela, ya me enseñabas con amor la vida.

En definitiva, no pude nacer en un mejor lugar, **mi familia bella**, este trabajo también va dedicado a ustedes...! **Tías, primas, primos**, siempre especiales en mi corazón.

**Amigas y amigos**, cariños verdaderos de ojos sinceros y en especial a mi compañera de tesis, mi **Maguis** adorada.

Y a **ti**, que lees esto, para que pueda despertar en ti, el interés de un **investigador!**

**Julio César Velásquez Mata**

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** por darme la vida y darme la fuerza necesaria para alcanzar todas mis metas.

**A la Universidad de Oriente** por permitirme cursar en esta institución y formarme como profesional.

**Al Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente** al personal que trabaja en los laboratorios de agua directora Milagros Trujillo y técnicos Doris, Yumelis, Yudersis por haberme permitido realizar uno de mis objetivos gracias por su gran apoyo y también a los estudiantes de la Universidad Bolivariana Kimberly, Raquel y Francisco por brindarnos su ayuda.

**A mis Asesores Académicos:** Msc. Ing. Rubén Vega y María Esther Gamboa por ser de apoyo, lo cual me facilitaron la información necesaria para realizar mi proyecto de investigación gracias por confiar en mí.

**A mis padres** porque siempre tuvieron la confianza de que lograría esta meta gracias por siempre estar conmigo y gracias a mi Dios porque los tengo.

**A mi niño julio** por haberme ayudado a realizar cada uno de los objetivos para obtener este logro tan grande gracias mi niño ahora si Ingenieros de Petróleo **TE QUIERO MUCHO.**

**A mis amigos** por siempre estar cuando más los necesitaba y apoyarnos uno a uno somos un gran equipo **LOS ADORO.**

Marielis Del Carmen Ruiz Villegas

## AGRADECIMIENTOS

Esto no iba a ocurrir años atrás, ni más adelante, el momento perfecto fue ahora, respetando mi tiempo, este es mi lugar, gracias **JESÚS** por todas tus bendiciones, utilizando a los ángeles que me ayudaron en el camino evolutivo hacia esta gran victoria que hoy me permites vivir.

Empezaste con mis **PADRES MARITZA Y JULIO**, que con su amor incondicional logré posicionarme ante cada reto, y con mis hermanos **CE** y **BARBY** que me llenaron de confianza y optimismo. Continuaste con mi princesa **YAMARY**, por su cariño estudie en esta universidad. Me permitiste conocer seres invaluable a mis Licenciadas **Ma. G. GARCÍA** y **Ma. G. MOUZAWAK**. Me rodeaste de grandes amigas mi **MARIELVIS, ANAROSA, VIRGINIA, GRELI, NATALI, LENNYS**, y de grandes amigos **JOSÉ MIGUEL, LUIS CARLOS, DIEGO ARMANDO, ROMEO** y **JOSÉ**. Siempre me mostraste el amor de mis tías amadas, **MIRIAN, RAQUEL, DARLENYS, ANA, MARGOT**. Del mejor de los tíos **ANÍBAL** y el de mis primas bellas, **MARY, CELENIA, NÉLIDA, JOSELIN, ANMARI, MARIÁN, DAYMAR, ANGIE**. Fui testigo del abrazo de mis primos, **GILBERT, ANDRÉS, ANÍBAL, DAVID, JAIRO, MAURICIO**. Y de mis amigos de mi tierra, **MELY, DELY, ELADIO** y **PEDRO JESÚS**. Y de mi novia y amor **MARIAN**.

De la guía de los dos **MEJORES** profesores y asesores **RUBÉN VEGA** y **MARÍA GAMBOA** vi desarrollar con éxito mi última etapa universitaria, con el perfecto tecnicismo y humanidad de **MILAGROS TRUJILLO, YUMELIS, DORIS, YUDERSI, KIMBERLI, RAQUEL** y **FRANCISCO**. Para ser aprobado por dos excelentes jurados, **NORIS BELLO** y **CÉSAR RIVERO**.



...CUANTA BELLEZA DE GENTE!! GRACIAS, MI RESPETO POR SIEMPRE:

**Julio César Velásquez Mata**

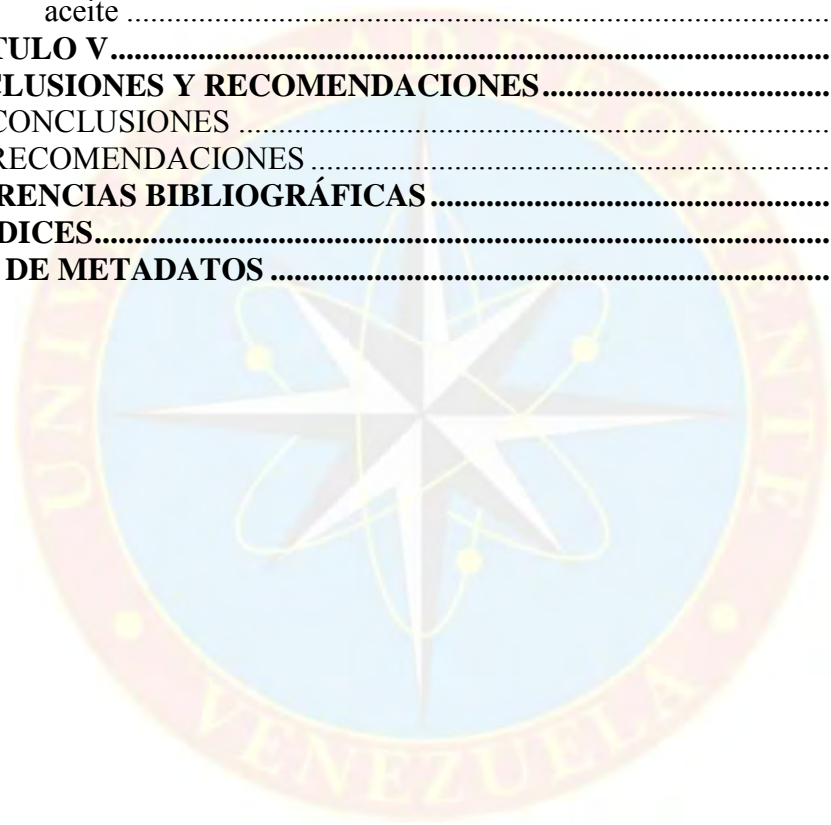


# ÍNDICE

<b>ACTA DE APROBACION .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESOLUCIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE GRÁFICAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>UNIVERSIDAD DE ORIENTE.....</b>	<b>xvi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES .....</b>	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
2.2 BASES TEÓRICAS .....	7
2.2.1 Fluido 100% base aceite.....	7
2.2.2 Aplicaciones de los fluidos base aceite .....	7
2.2.3 Componentes principales del fluido de perforación base aceite.....	8
2.2.3.1 Emulsificantes.....	8
2.2.3.2 Controlador de filtrado.....	8
2.2.3.3 Arcilla organofílica .....	9
2.2.3.4 Humectante .....	9
2.2.3.5 Espaciadores .....	9
2.2.3.6 Cloruro de calcio.....	10
2.2.4 Aditivos usados en la preparación de fluidos 100% base aceite .....	10
2.2.4.1 Lignito organofilico .....	10
2.2.4.2 Imidazolina .....	10
2.2.4.3 Carbonato de calcio (caco <sub>3</sub> ) .....	10
2.2.4.4 Barita.....	11
2.2.4.5 Cal.....	11
2.2.5 Aceite de palma .....	11
2.2.6 Aceite de soya.....	12
2.2.7 Aceite vassa .....	12

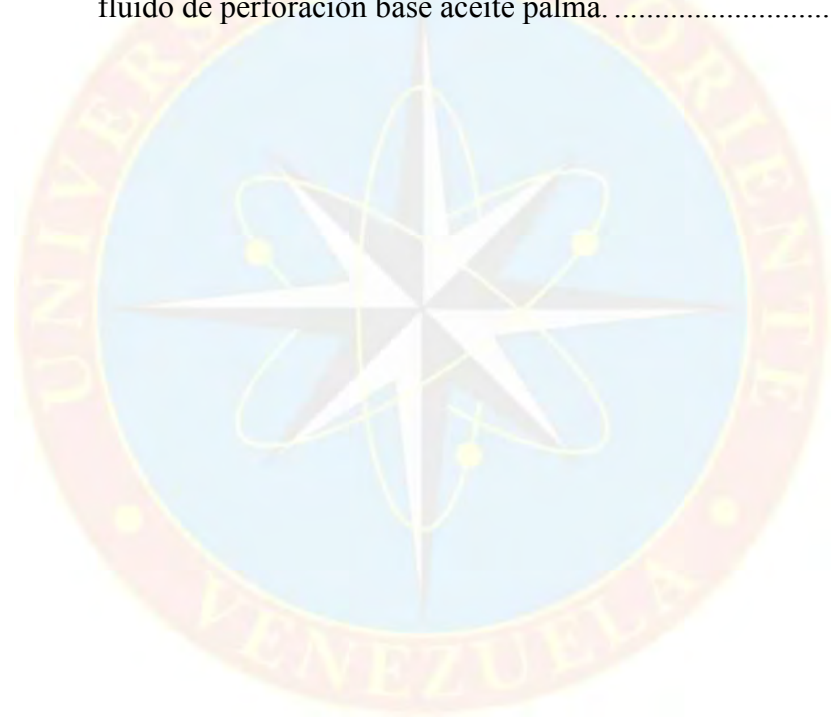
2.2.8 Prueba de Friedman .....	13
2.2.9 Bases Legales .....	14
2.2.9.1 Decreto n° 883 .....	14
2.2.9.2 Ley penal del ambiente .....	17
2.2.10 Camarones o gambas ( <i>Caridina multidentata</i> ).....	18
2.3 TÉRMINOS BÁSICOS.....	18
2.3.1 Bioindicadores .....	18
2.3.2 Cuerpo de Agua .....	19
2.3.3 Dosis .....	19
2.3.4 Impacto Ambiental .....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>20</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>20</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	21
3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	22
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	30
3.6 RECURSOS .....	31
3.6.1 Recursos humanos .....	31
3.6.2 Recursos financieros.....	31
3.6.3 Recursos materiales .....	31
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>33</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 FORMULACIÓN DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN DE UN SISTEMA 100% BASE ACEITE.....	33
4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS FLUIDOS FORMULADOS, BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA PARA COMPARARLOS CON EL VASSA. ....	34
4.2.1 Determinación de la densidad.....	34
4.2.2 Determinación de la estabilidad eléctrica.....	35
4.2.3 Determinación del punto cedente .....	36
4.2.4 Determinación de la resistencia gel.....	37
4.3 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LAS AGUAS CONTAMINADAS CON LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE SOYA Y PALMA COMPARÁNDOLOS CON EL VASSA, SEGÚN DECRETO 883. ART. 10. Y SU INFLUENCIA SOBRE LAS ESPECIES O ECOSISTEMAS ACUÁTICOS .....	38
4.3.1 Evaluación del pH .....	38
4.3.2 Evaluación de la temperatura .....	39
4.3.3 Evaluación de los cloruros.....	40
4.3.4 Evaluación de los nitritos .....	41
4.3.5 Evaluación de los sulfatos .....	42
4.3.6 Evaluación de la dureza .....	44

4.3.7 Evaluación de la conductividad eléctrica .....	45
4.3.8 Evaluación de sólidos sedimentables .....	46
4.3.9 Evaluación de los aceites y grasas .....	47
4.3.10 Evaluación de D.B.O (Demanda bioquímica de oxígeno) .....	48
4.3.11 Evaluación de D.Q.O. (Demanda química de oxígeno) .....	50
4.3.12 Evaluación de O.D. (Oxígeno disuelto).....	51
4.3.13 Evaluación de la cantidad de camarones vivos por pecera.....	52
4.3.14 Evaluación estadística de los parámetros químicos de las aguas no contaminadas y contaminadas con los fluidos de perforación base aceite .....	55
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	57
5.2 RECOMENDACIONES .....	58
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>62</b>
<b>HOJA DE METADATOS .....</b>	<b>92</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 3.1. Introducción de los camarones ( <i>caridina multidentata</i> ) a los ecosistemas. Peceras para contaminar.....	21
Figura N° 3.2. Montaje de los ecosistemas para la adaptación de los camarones ( <i>caridina multidentata</i> ). Pecera con agua normal. ....	22
Figura N° 4.3. Características visuales del ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite vassa. ....	53
Figura N° 4.4. Características visuales del ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite soya.....	54
Figura N° 4.5. Características visuales del ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite palma. ....	54

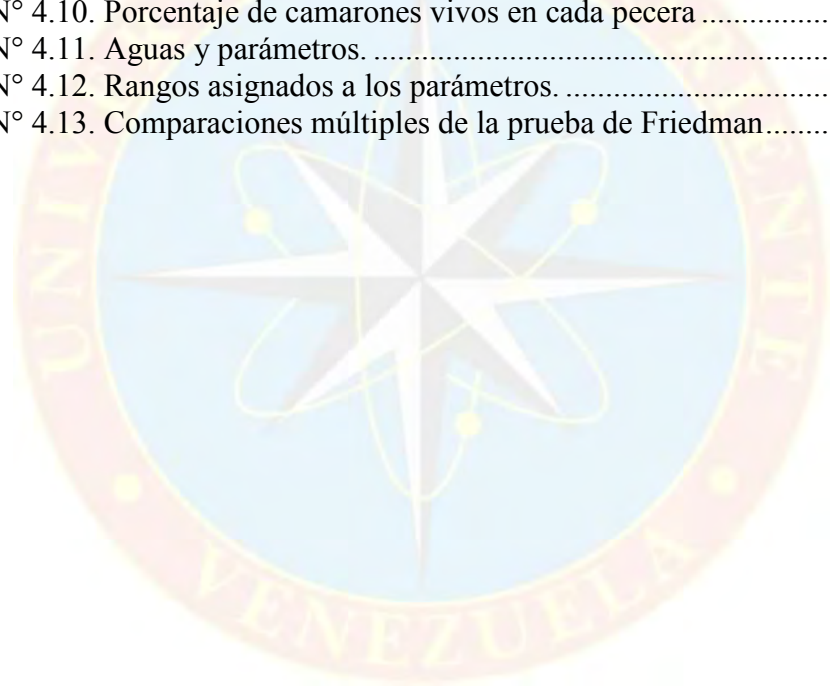


## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico N° 3.1. Proceso de transesterificación .....	23
Gráfica N° 4.2. pH de las muestras del agua normal y aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.....	38
Gráfica N° 4.3. Temperatura del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.....	39
Gráfica N° 4.4. Cloruros del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite. ....	40
Gráfica N° 4.5. Nitritos del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite. ....	41
Gráfica N° 4.6. Sulfatos del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite. ....	43
Gráfica N° 4.7. Dureza del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite. ....	44
Gráfica N° 4.8. Conductividad eléctrica del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.....	45
Gráfica N° 4.9. Sólidos sedimentables del agua normal y de las de aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.....	46
Gráfica N° 4.10. Aceites y grasas del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.....	48
Gráfica N° 4.11. D.B.O del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite. ....	49
Gráfica N° 4.12. D.Q.O del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite. ....	50
Gráfica N° 4.13. O.D de las muestras de aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.....	51

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1. Distribución de los datos para la prueba de FRIEDMAN.....	13
Tabla N° 3.2. Aditivos a utilizar en la formulación de fluidos 100% aceite mineral, función y tiempo de mezclado. ....	25
Tabla N° 4.3. Formulación del fluido de perforación base aceite vegetal Palma. ....	33
Tabla N° 4.4. Formulación del fluido de perforación base aceite vegetal Soya. ....	34
Tabla N° 4.5. Formulación del fluido de perforación base aceite mineral Vassa. ....	34
Tabla N° 4.6. Densidad de los fluidos de perforación .....	35
Tabla N° 4.7. Estabilidad eléctrica de los fluidos de perforación.....	36
Tabla N° 4.8. Punto cedente de los fluidos de perforación.....	36
Tabla N° 4.9. Resistencia gel de los fluidos de perforación .....	37
Tabla N° 4.10. Porcentaje de camarones vivos en cada pecera .....	52
Tabla N° 4.11. Aguas y parámetros. ....	55
Tabla N° 4.12. Rangos asignados a los parámetros. ....	55
Tabla N° 4.13. Comparaciones múltiples de la prueba de Friedman.....	56





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**RESUMEN**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN AGUAS GENERADO POR  
LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA**

**AUTORES:**

**Br. Marielvis del Carmen Ruiz Villegas**

**Br. Julio César Velásquez Mata**

**Mayo de 2012**

**ASESORES ACADÉMICOS:**

**Msc. Ing. Rubén Vega**

**Ing. María Gamboa**

Dentro de la industria petrolera, son pocos los estudios asociados a la evaluación del impacto ambiental generado por los fluidos de perforación. Estos impactos pueden ser ocasionados por eventos no rutinarios como un derrame de los fluidos de perforación base aceite. En tal sentido, se realizó un estudio sobre la evaluación del impacto ambiental generado por los fluidos de perforación base aceite de soya y base aceite palma para compararlos con el base aceite vassa, tomando como referencia los parámetros establecidos en el decreto 883, sección III, art. 10, de las descargas a cuerpos de aguas. Del cual se obtuvo que al aplicar 20 mg/l de cada fluido, los parámetros de pH, nitritos, sulfatos, sólidos sedimentables, cloruros y aceites y grasas se encontraron dentro del rango permisible, mientras que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) se excedieron del rango establecido, clasificando a las aguas como fuera de norma. Asimismo, los parámetros no normados de temperatura y conductividad eléctrica, no representaron ningún riesgo para la supervivencia de los camarones “*caridina multidentata*” utilizados como bioindicador, a excepción del oxígeno disuelto (OD) que al no estar presente en las aguas de fluidos de perforación base aceite de soya y vassa, produjo la muerte del 100% de los camarones, mientras que en el ecosistema sin contaminar y el ecosistema contaminado con fluido de perforación base aceite de palma, se mantuvo el 100% de los camarones vivos. La variable más resaltante químicamente fue los sulfatos, teniendo diferencia significativa con el pH y con los nitritos.

**Palabras claves:** Impacto ambiental; fluidos de perforación; aguas contaminadas; aceite soya; aceite palma.



## INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre comienza a tener una influencia determinante en la modificación de su entorno, altera el balance de los ecosistemas. La respuesta de la naturaleza a las modificaciones generadas no siempre puede predecirse, ni tampoco pueden precisarse algunos efectos que dichos cambios provoquen al medio que lo rodea.

El objetivo de una operación de perforación es perforar, evaluar y terminar un pozo que producirá petróleo y/o gas en forma rentable. Los fluidos de perforación desempeñan numerosas funciones que contribuyen al logro de dicho objetivo, en tal sentido, con el paso de los años se han desarrollado sistemas de fluidos base aceites para garantizar operaciones de perforación en condiciones más exigentes, como en el caso de pozos costa afuera.

Los fluidos de perforación base aceite son inmiscibles al agua y están formulados con aditivos, que al entrar en contacto con los ecosistemas acuáticos, pueden causar alteración o contaminación crónica y de bajo nivel de las aguas alrededor de las plataformas, mediante las actividades rutinarias de perforación. Así mismo, los eventos no rutinarios como los derrames durante la transferencia de fluidos, fallas de líneas, derrames de los tanques, o reventones de los pozos, pueden causar severa contaminación de los sistemas naturales acuáticos.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación busca evaluar el impacto ambiental generado por los fluidos de perforación base aceite de soya y palma sobre las aguas considerando que se hace necesario que dicho fluido debe minimizar el impacto negativo al ambiente natural.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde los comienzos de la utilización de los fluidos de perforación para la perforación de pozos petroleros, la industria se ha encargado de estudiar los diferentes tipos de fluidos; antes, durante y después del proceso de perforación. De tal modo, que la evaluación de estos es de gran importancia, porque así se analizan las propiedades tixotrópicas, la viscosidad, el pH, la densidad, contenido de arena, entre otras propiedades del fluido de perforación. En ese mismo sentido, los fluidos de perforación, consisten en una mezcla de sólidos y líquidos con propiedades físicas y químicas determinadas, que al entrar en contacto con el medio ambiente, generan alteración del mismo, produciéndose así los denominados impactos ambientales. Uno de los ecosistemas más susceptibles a estos impactos son los acuáticos, donde se desarrollan gran biodiversidad de seres vivos y que son directamente afectados por la creación de plataformas petroleras costa afuera.

Por tal razón, tomando en cuenta la diversidad de fluidos base aceite que se producen para las operaciones de perforación, se hace necesaria una evaluación del impacto que estos generan al entrar en contacto con los sistemas naturales acuáticos y determinar el grado de alteración que producen, a través de la elaboración de dos fluidos de perforación base aceite vegetal de soya y base aceite vegetal palma, para ser comparados con uno base aceite mineral vassa.

## 1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el impacto ambiental en aguas, generado por los fluidos de perforación base aceite de soja y palma, comparándolos con el fluido base aceite vassa utilizando camarones (*Caridina multidentata*) como bioindicador.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Formular fluidos de perforación de un sistema 100% base aceite.
- Determinar las propiedades reológicas de los fluidos formulados, base aceite de soja y palma para compararlos con el vassa.
- Evaluar los parámetros de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite soja y palma comparándolos con el vassa, Según decreto 883. Art. 10. y su influencia sobre las especies o ecosistemas acuáticos.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

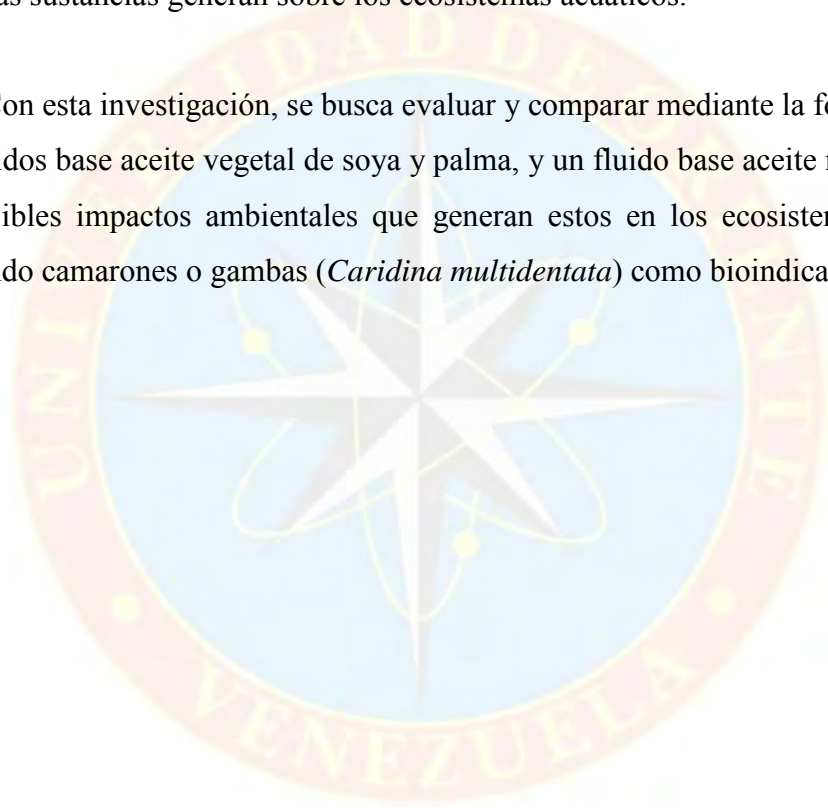
Los fluidos de perforación son importantes y fundamentales durante el proceso de perforación de pozos de petróleo y/o gas ya que se encargan de lubricar y enfriar la mecha de perforación, al mismo tiempo que suspenden los ripios generados durante la barrenación y controlan las presiones generadas en el pozo. Estos fluidos pueden ser de tipo base agua o base aceite.

Los fluidos base aceite son generados con sustancias inmiscibles al agua, y por ende estas generan un mayor impacto negativo al entrar en contacto con los

ecosistemas fluviales en los cuales se desenvuelven las operaciones de perforación, y aun más, si estas sustancias son de origen mineral y no vegetal o biodegradable.

Es conocido que el enfoque de los estudios para el desarrollo de los fluidos de perforación base aceite, están relacionados al tema del hinchamiento e hidratación de las arcillas, y por tal motivo se hace notorio la falta de interés sobre las alteraciones que estas sustancias generan sobre los ecosistemas acuáticos.

Con esta investigación, se busca evaluar y comparar mediante la formulación de dos fluidos base aceite vegetal de soya y palma, y un fluido base aceite mineral vassa, los posibles impactos ambientales que generan estos en los ecosistemas acuáticos utilizando camarones o gambas (*Caridina multidentata*) como bioindicador.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

**Domínguez J. (2010)** “Recomendaciones de políticas para reducir el impacto al medio ambiente de la actividad petrolera en el Ecuador” Los daños o costos ambientales que la sociedad ha provocado al medio ambiente muestran ya sus efectos; la explotación petrolera irracional ha provocado contaminación en casi todos los ecosistemas del mundo afectando al suelo, agua, aire, fauna, flora y en especial a la vida del ser humano, tal es así que en aquellas comunidades que están en contacto con la actividad petrolera existe una mayor presencia de enfermedades relacionadas en comparación con aquellas en las que no hay actividad petrolera. El Ecuador, país petrolero desde la década de los setenta ha sufrido varios atentados contra el medio ambiente originados especialmente por las grandes compañías petroleras, muchas de las cuales han salido ilesas de esta situación dejando detrás una gran huella de destrucción, haciendo necesario no solamente que su política petrolera sea revisada, sino que se empleen mecanismos más severos de control y supervisión en el cumplimiento de los principios amparados en la Constitución de la República, lo cual además contribuiría a que la economía ecuatoriana se deslinda del modelo extractivista en el cual se ha mantenido a lo largo de los últimos años empujándolo hacia el desarrollo de un modelo económico sostenible que implemente políticas de conservación de los ecosistemas tan sensibles que se encuentran presente en nuestro país y especialmente en la Amazonía. De este trabajo se determinó los estudios de las políticas internacionales referidas al tema.

**Monasterios y Rivas (2010)**, “Formulación de un fluido de perforación base aceite, Vassa-Aceite de soya (Glycine Max)” En este trabajo se estimó la

composición de la fase continua para la formulación de un fluido 100% base aceite (Vassa- Aceite de Soya), bajo las condiciones de un sistema Drill-In, determinándose el comportamiento de sus propiedades reológicas y físicas antes y después de un proceso de envejecimiento, donde, a través de un análisis de varianza y una prueba de rango múltiple como la de diferencias mínimas significativas (DMS), y utilizando como patrón de comparación un fluido 100% Vassa, se determinó que cuando en la fase continua de los fluidos el Éster de Soya se encuentra en proporciones (v/v), entre 10% y 40%, los valores de viscosidad plástica y punto cedente van en aumento, sin embargo entre un 40% y 100% el valor de dichas propiedades tienden a disminuir hasta el punto que los valores obtenidos son semejantes a los reflejados por el fluido 100% Vassa, así mismo, cercanos al fluido patrón fueron 90%-10%, 60%-40%, y 100% Éster de Soya respectivamente, no fue posible especificar cuál de ellos tuvo el menor comportamiento debido a que esto depende del rango de aplicación para una zona en particular. La investigación permitió determinar, la metodología para la formulación de un fluido 100% base aceite.

**Delgado y Cequea (2011).** “Determinación de la biotoxicidad del fluido base aceite mineral utilizado en la perforación del hoyo de producción en el área norte de Monagas”. Esta investigación consistió en evaluar la  $CL_{50}$  del fluido de perforación base aceite vassa, el cual estuvo basado en las condiciones de la zona en estudio, siendo la sustancia toxica utilizada en el bioensayo (96 horas). Este fue ajustado a condiciones controladas de laboratorio, realizando un análisis de regresión - modelo lineal, siendo el p-valor en la tabla ANOVA inferior a 0.05, existiendo relación estadísticamente significativa entre % Mortalidad y Concentración para un nivel de confianza del 95% estos resultados se obtuvieron mediante el programa estadístico Statgraphics Plus Versión 5.1, dando como resultado que la  $(CL_{50})= 36,62$  ppm donde mueren el 50% de la población. La investigación permitió determinar el comportamiento del fluido base aceite mineral vassa sobre las aguas y ecosistemas.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

Extraídas del manual de fluidos de perforación del CIED PDVSA 2002.

### **2.2.1 Fluido 100% base aceite**

Este sistema no contiene agua. Es formulado íntegramente a base de aceite mineral o de otra naturaleza. Además, utiliza un emulsificante débil que tiene la habilidad de adsorber el agua de la formación y emulsionarla de una manera efectiva en el fluido de perforación. El sistema convencional 100% base aceite no posee en su composición surfactantes, debido a que la función de este es ejercida por la solución saponificada que se forma producto de la mezcla de cal y el emulsificante. La cual ejerce control en caso de producirse una invasión de agua proveniente de la formación. En algunos casos, se utiliza el  $\text{CaCO}_3$  como densificante, agente puenteante o elemento sellante para minimizar la invasión de filtrado del fluido de perforación hacia la formación.

### **2.2.2 Aplicaciones de los fluidos base aceite**

- Perforaciones de arenas productoras sensibles al agua.
- Aliviar pegas de tubería por presión diferencial.
- Perforación de formaciones solubles en agua, hidratables o gumbos (lutitas que fluyen en forma plástica)
- Perforación de hoyos desviados.
- Extracción de núcleos.
- Perforación en aéreas en las cuales la acumulación de sólidos perforados es un problema.
- Perforación en medios corrosivos.

- Fluidos de empaque.
- Fluidos de empaque del revestimiento para prevenir la corrosión.
- Perforación de formaciones de sal o anhidrita.

### **2.2.3 Componentes principales del fluido de perforación base aceite.**

#### **2.2.3.1 Emulsificantes**

Es una mezcla de ácidos grasos usado para “encapsular” agua en aceite y así mantener un fluido de perforación estable. El emulsificante es uno de los componentes básicos de los fluidos de perforación base aceite y solo en casos muy especiales, un fluido de perforación base aceite deberá ser preparado o mantenido sin él. La emulsificación, suspensión y el control de filtrado dependen de la presencia de la correcta concentración de emulsificante (mantener siempre la concentración de calor por lo menos la mitad de la concentración de libras por barril usada para el emulsificante).

#### **2.2.3.2 Controlador de filtrado**

Es un coloide orgánico dispersable en aceite, usado para controlar el filtrado de los fluidos de perforación base aceite, también ayuda a la suspensión de sólidos y provee estabilidad a alta temperatura a los lodos base aceite. Aunque el controlador ayudara a la emulsificación, es primordialmente un agente de control de filtrado y requiere la presencia de emulsificante para trabajar adecuadamente.



### **2.2.3.3 Arcilla organofílica**

Viscosificante primario y agente gelificante que se usa en la mayoría de los sistemas base aceite. Se puede prepara a partir de bentonita o atapulguita. Son capaces de desarrollar buenos geles, esto ocurre mediante un proceso de intercambio catiónico, la arcilla que es hidrofílica, reacciona con las sales de amina, formando un producto que se dispersa en el aceite. Permite aumentar la capacidad de transporte y las propiedades de suspensión, proporcionando la suspensión de los materiales densificante y mejorando la remoción de ripios. Las arcillas organofílicas son capaces de aumentar las propiedades reológicas y de suspensión a temperaturas muy altas.

### **2.2.3.4 Humectante**

Es un surfactante oliamídico graso y un emulsificante de agua en suspensiones de aceite. El humectante forma una emulsión ligera y puede ser usado como agente emulsificante o como suplemento de cualquier emulsificante presente. Imparte estabilidad a alta temperatura a los fluidos de emulsión inversa y humecta rápido de aceite los sólidos que son preferiblemente humedecidos por agua.

### **2.2.3.5 Espaciadores**

Es una mezcla especial de emulsificantes, lubricantes, gelificantes y otros aditivos que rápidamente forman un fluido de emulsión inversa estable cuando es mezclado con aceite diesel y agua.

Los espaciadores pueden ser usados para preparar fluidos especiales de fluidos de perforación base aceites densificados o livianos para solucionar pegas diferenciales.

### **2.2.3.6 Cloruro de calcio**

Cantidades suficiente de cloruro de calcio mezcladas en la fase acuosa de la emulsión inversa proveerán una fuerza osmótica suficiente como para deshidratar formaciones mojadas por agua.

## **2.2.4 Aditivos usados en la preparación de fluidos 100% base aceite**

### **2.2.4.1 Lignito organofílico**

Usado para control de filtrado en fluidos de perforaciones base aceite. Entre sus características y ventajas se tiene que reduce el filtrado en los fluidos de perforación base aceite y estabiliza emulsiones de agua en aceite a temperaturas no mayores a 350 °F. Es rápidamente soluble en todo tipo de aceite.

### **2.2.4.2 Imidazolina**

Emulsificador y agente humectante para la familia de sistemas de lodos base aceite. Es compatible en un amplio rango de interfaces salinas y puede ser usado para emulsificar salmuera de cloruro de calcio, cloruro de sodio, agua salada y agua fresca en fluidos de perforación base aceite.

### **2.2.4.3 Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ )**

Posee un tamaño de partículas seleccionado, se encuentra disponible en seis tamaños: 5, 25, 50, 150, 600 y 2300 micrones. Utilizado para aumentar la densidad de los lodos base agua, base aceite y salmueras. Además como agente puenteante es empelado para problemas de pérdidas de circulación y mezcla para inyección.

#### **2.2.4.4 Barita**

Es conocida también como baritina o espato pesado, siendo una de sus principales características el ser un material inerte, no tóxico y que tiene un alto peso específico, llegando a ser de hasta 4.5 gr/cc, siendo ésta última característica de donde proviene su nombre que es de la palabra griega “baros” que significa pesado. Su principal función es la de transmitir peso al fluido de perforación aumentando su densidad.

#### **2.2.4.5 Cal**

Es la fuente de calcio, para formar jabones cálcicos que con el emulsificante forman la membrana semipermeable, que separa el agua del aceite.

#### **2.2.5 Aceite de palma**

Es un aceite de origen vegetal que se obtiene del mesocarpio de la fruta de la palma “*Elaeis guineensis*”. Es el tipo de aceite con más volumen de producción, sólo superado por el aceite de soya. El fruto de la palma es ligeramente rojo, al igual que el aceite embotellado sin refinar. El aceite crudo de palma es una rica fuente de vitamina A y de vitamina E. Se usa como materia prima en la producción de biodiésel. También es usado en producción de piensos (alimento de animales) para la alimentación animal, sobre todo de terneros, por su alto aporte energético por ración.

El aceite de palma es saturado hasta en un 50%, su composición en promedio es:

- 40-48% ácidos grasos saturados (principalmente palmítico)

- 37-46% ácidos grasos monoinsaturados (principalmente oleico)
- 10% ácidos grasos poliinsaturados.

(disponible en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

### **2.2.6 Aceite de soya**

El aceite de soya, a veces denominado también aceite de soja, es un aceite vegetal que procede del prensado de la soya (*Glycine max*). Este aceite es abundante en ácidos grasos poliinsaturados.

El aceite de soya se caracteriza por poseer moléculas de cadena larga de 13 a 16 enlaces lo cual le da, especialmente a partir de los estudios de George Washington Carver, muy buenas propiedades para el uso industrial: el biodiesel obtenido del aceite de soya se obtiene con relativa sencillez separándole de un 10% de glicerina; con aceite de soya se pueden elaborar —aparte de combustibles— plásticos.

En los últimos años, y a consecuencia del florecimiento de la industria del biodiésel, se está potenciando el consumo de grasas vegetales, en concreto el aceite de colza, aceite de girasol, aceite de soya y aceite de palmas. (disponible en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

### **2.2.7 Aceite vassa**

Los aceites desaromatizados de la familia VASSA™ LP, son utilizados para la formulación de fluidos para la perforación de pozos de petróleo. Son aceites hidrogenados, mediante procesos catalíticos, a altas condiciones de presión y temperatura, por lo que en su composición sólo entran hidrocarburos saturados de

mediano y alto peso molecular. Son incoloros e insípidos y poseen un tenue olor, característico de los hidrocarburos saturados. (disponible en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

### 2.2.8 Prueba de Friedman

Los datos se colocan en una tabla de doble entrada de N filas y K columnas. Las N filas representan a los distintos sujetos o unidades y las K columnas a las diferentes condiciones, como en la tabla 2.1, donde  $X_{ij}$  es la j-ésima observación en la i-ésima muestra.

**Tabla N° 2.1. Distribución de los datos para la prueba de FRIEDMAN**

	1	2	...	j	...	K
1	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1j}$	...	$X_{1k}$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2j}$	...	$X_{2k}$
...						
...						
...						
i	$X_{i1}$	$X_{i2}$	...	$X_{ij}$	...	$X_{ik}$
...						
...						
n	$X_{n1}$	$X_{n2}$	...	$X_{nj}$	...	$X_{nk}$

**Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (2012)**

Si se analizan las calificaciones de cada sujeto bajo las K condiciones, entonces, cada fila indicará la calificación de cada individuo bajo cada una de las K condiciones.

Las observaciones en cada fila son ordenadas de menor a mayor sin pérdida de generalidad. A cada valor ordenado se le asigna un rango desde 1 para el menor hasta K para el mayor. (disponible en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

### **2.2.9 Bases Legales**

El decreto 883, para las descargas a cuerpos de agua establece:

#### **2.2.9.1 Decreto n° 883**

### **SECCIÓN III: De las descargas a cuerpos de agua**

**ARTÍCULO 10.-** A los efectos 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:

#### **Parámetros físico-químicos límites máximos o rangos**

- Aceites minerales e hidrocarburos 20 mg/l
- Aceites y grasas vegetales y animales. 20 mg/l
- Alkil Mercurio. No detectable (\*)
- Aldehidos 2,0 mg /l
- Aluminio total 5,0 mg/l
- Arsénico total 0,5 mg/l
- Bario total 5,0 mg/l
- Boro 5,0 mg/l
- Cadmio total 0,2 mg/l
- Cianuro total 0,2 mg/l

- Cloruros 1000 mg/l
- Cobalto total 0,5 mg/l
- Cobre total 1,0 mg/l
- Color real 500 Unidades de Pt-Co
- Cromo Total 2,0 mg/l
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5,20</sub>) 60 mg/l
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) 350 mg/l
- Detergentes 2,0 mg/l
- Dispersantes 2,0 mg/l
- Espuma Ausente
- Estaño 5,0 mg/l
- Fenoles 0,5 mg/l
- Fluoruros 5,0 mg/l
- Fósforo total (expresado como fósforo) 10 mg/l
- Hierro total 10 mg/l
- Manganeso total 2,0 mg/l
- Mercurio total 0,01 mg/l
- Nitrógeno total (expresado como nitrógeno) 40 mg/l
- Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno) 10 mg/l
- pH 6 – 9
- Plata total 0,1 mg/l
- Plomo total 0,5 mg/l
- Selenio 0,05 mg/l
- Sólidos flotantes Ausentes
- Sólidos suspendidos 80 mg/l
- Sólidos sedimentables 1,0 ml/l
- Sulfatos 1000 mg/l

- Sulfitos 2,0 mg/l
- Sulfuros 0,5 mg/l
- Zinc 5,0 mg/l

#### **Biocidas**

- Órgano fosforados y Carbamatos 0,25 mg/l
- Órgano clorados 0,05 mg/l

**\* Según los métodos aprobados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.**

#### **Radiactividad**

- Actividad máximo 0,1 Bq/l.
- Actividad máximo 1,0 Bq/l.

#### **Parámetros Biológicos**

Número más probable de organismos coliformes totales no mayor de 1.000 por cada 100 ml, en el 90% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso será superior a 5.000 por cada 100 ml.

**PARÁGRAFO PRIMERO.**- En ríos la variación de la temperatura media de una sección fluvial en la zona de mezcla, comparada con otras aguas arriba de la descarga del vertido líquido, no superará los 3°C. En lagos y embalses la diferencia de temperatura del vertido con respecto al cuerpo de agua receptor no superará los 3°C.



### 2.2.9.2 Ley penal del ambiente

#### **TÍTULO II: De los delitos contra el ambiente**

##### **a) CAPÍTULO I: De La Degradación, Envenenamiento, Contaminación Y Demás Acciones o Actividades Capaces de Causar daños a las Aguas**

**Artículo 28.-** Vertido ilícito. El que vierta o arroje materiales no biodegradables, sustancias, agentes biológicos o bioquímicos, efluentes o aguas residuales no tratadas según las disposiciones técnicas dictadas por el Ejecutivo Nacional, objetos o desechos de cualquier naturaleza en los cuerpos de las aguas, sus riberas, cauces, cuencas, mantos acuíferos, lagos, lagunas o demás depósitos de agua, incluyendo los sistemas de abastecimiento de aguas, capaces de degradarlas, envenenarlas o contaminarlas, será sancionado con prisión de tres (3) meses a un (1) año y multa de trescientos (300) días a mil (1.000) días de salario mínimo.

##### **b) CAPÍTULO II: Del Deterioro, Envenenamiento, Contaminación y Demás Acciones o Actividades Capaces de Causar Daño al Medio Lacustre, Marino y Costero.**

**Artículo 35.-** Descargas contaminantes. El que descargue al medio lacustre, marino y costero, en contravención a las normas técnicas vigentes, agua residuales, efluentes, productos, sustancias o materiales no biodegradables o desechos de cualquier tipo, que contengan contaminantes o elementos nocivos a la salud de las personas o al medio lacustre, marino o costero, será sancionado con prisión de tres (3) a doce (12) meses y multa de trescientos (300) a mil (1.000) días de salario mínimo.

**Artículo 40.-** Vertido de hidrocarburos. El que vierta hidrocarburos o mezcla de hidrocarburos directamente en el medio marino, con ocasión de operaciones de exploración o explotación de la Plataforma Continental y la Zona Económica

Exclusiva, de modo que pueda causar daños a la salud de las personas, a la fauna o flora marinas o al desarrollo turístico de las regiones costeras, será sancionado con prisión de tres (3) meses a dos (2) años y multa de trescientos (300) a dos mil (2.000) días de salario mínimo.

### **2.2.10 Camarones o gambas (*Caridina multidentata*)**

Su morfología es muy parecida al resto de gambas, con cuerpo cilíndrico, presentando en la parte craneal las cuatro extremidades y unas pequeñas pinzas. En cuanto al color se refiere presenta un color traslúcido, que presentará distintas tonalidades en base a su alimentación, adaptación, etc. Presentan una banda blanca que va desde la cabeza hasta la cola.

Las diferencias sexuales son principalmente el tamaño, las hembras pueden llegar a tener un tamaño de 5,5 a 6 cm, mientras que los machos no alcanzan los 3 cm. (disponible en [www.aqugamba.net](http://www.aqugamba.net))

## **2.3 TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1 Bioindicadores**

Es la especie que nos señala la condición del ambiente en el que vive, se comportan como detectores o centinelas del entorno. Al observar la presencia o la ausencia de las especies escogidas como “testigos” es posible entender la clase de perturbación que ha sufrido el ambiente. (Metcalf y Eddy, 1995)

### **2.3.2 Cuerpo de Agua**

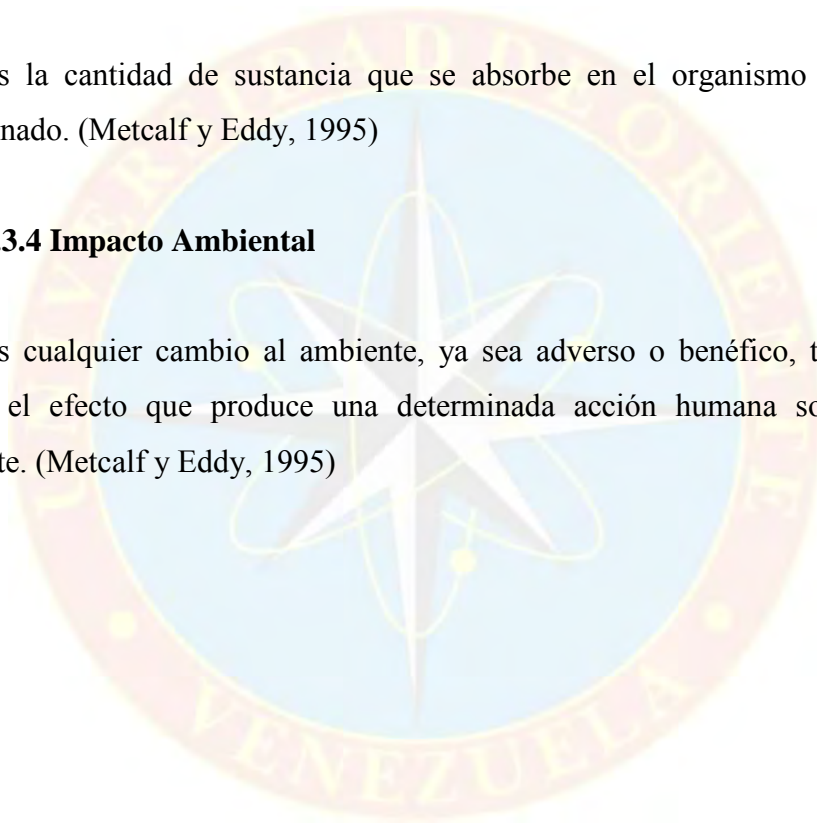
Es una masa o extensión de agua, tal como un lago, mar u océano que cubre parte de La Tierra. (Metcalf y Eddy, 1995)

### **2.3.3 Dosis**

Es la cantidad de sustancia que se absorbe en el organismo en un tiempo determinado. (Metcalf y Eddy, 1995)

### **2.3.4 Impacto Ambiental**

Es cualquier cambio al ambiente, ya sea adverso o benéfico, total o parcial. Define el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente. (Metcalf y Eddy, 1995)



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación titulada, “Evaluación del impacto ambiental en aguas, generados por los fluidos de perforación base aceite de soya y palma” fue del tipo explicativo, en tal sentido, Arias F. (2004). Expresa que “la investigación explicativa se encarga de buscar el por qué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones, causas-efectos” (p.26). En concordancia con lo expuesto, se buscó la ocurrencia de la variación de los parámetros de las aguas establecidos en el decreto 883, artículo 10, de las descargas a cuerpos de agua, generadas por la adición de los fluidos de perforación base aceite de soya, palma y vassa, estando en este caso relacionadas variables independientes y variables dependientes.

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño que se realizó en esta investigación, para cumplir los objetivos planteados fue experimental, Arias F. (2004). Expresa que es un “proceso que consiste en someter a un objeto o conjunto de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente) para observar los efectos que se producen (variable dependiente)” (p.33). En tal sentido, las variables independientes fueron los camarones sometidos a ecosistemas sin contaminar y ecosistemas contaminados con fluidos de perforación base aceite de soya, palma y vassa; y las variables dependientes fueron los parámetros de las aguas como: pH, temperatura, cloruros, nitritos, sulfatos, dureza, conductividad eléctrica, sólidos sedimentables, aceites y grasas, DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y OD (oxígeno disuelto).

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según Arias F. (2004): “población es el conjunto de elementos con características comunes que son el objeto de análisis y para los cuales serán validas las conclusiones de la investigación.” (p. 98).

Se contó con la población de los fluidos de perforación base aceite de soya y palma y de los Camarones (*Caridina multidentata*) Orden: Decápoda. Familia: Atyidae. Subfamilia: Atyoidea, son gambas de agua dulce que puede desarrollarse en charcas o lagunas cercanas a la costa y que se comunican con el mar.

La muestra estuvo conformada por 40 camarones, estableciendo una pecera para cada fluido de perforación base aceite y otra pecera con solo agua, con 10 camarones para cada una. (muestra referencial). Evidenciado en la figura N° 1 y la figura N° 2, respectivamente.



**Figura N° 3.1. Introducción de los camarones (*caridina multidentata*) a los ecosistemas. Peceras para contaminar.**



**Figura N° 3.2. Montaje de los ecosistemas para la adaptación de los camarones (*caridina multidentata*). Pecera con agua normal.**

### **3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

Los pasos con los cuales se alcanzaron los objetivos propuestos, se ejecutaron de la siguiente manera:

#### **Etapa I: Formulación de fluidos de perforación de un sistema 100% base aceite.**

Primeramente, se obtuvo las concentraciones de cada aditivo mediante un balance de masas, para luego proceder a la formulación de los fluidos.

Para llevar a cabo esta etapa, fue necesario que se realizara el proceso de transesterificación que dio lugar a la obtención del éster de soya y éster de palma.

Se habla de éster de soya y éster de palma, debido a que estudios anteriores determinaron que el aceite de soya y aceite de palma, sin esterificar son inestables a ciertas temperaturas, tendiendo a polimerizarse afectando la reacción, no son de fácil combinación con los aditivos utilizados en los fluidos de perforación, generándose

olores fuertes. Lo que justificó la obtención de un sustituto de éste, más refinado y por consiguiente más estable. (Monasterios y Rivas, p. 26)

### Procedimiento de Transesterificación:



### Gráfico N° 3.1. Proceso de transesterificación

Fuente: Monasterios y Rivas. (2010).

Este procedimiento se realizó por separado para cada uno de los dos aceites (soya y palma) y se estructuró en seis etapas como se indicó en el gráfico N° 3.1.

- **Valoración:** Se realizó la valoración para determinar cuánto catalizador se debió emplear, lo que determinó que fueron necesarios 3,5 g de NaOH por cada litro de aceite soya y palma.
- **Preparación del metóxido de sodio:** Se mezcló la soda caustica y el metanol. Con ello se consiguió el metóxido de sodio. Por cada litro de aceite a procesar; se mezclaron 200ml (0.2litros) de metanol con la cantidad de soda caustica que se obtuvo en la valoración anterior.
- **Calentamiento:** Se calentó el aceite de soya y palma a una temperatura de unos 50°C y se vertió el metóxido en los aceites mientras se agitaba la mezcla durante 20 minutos. Se tuvo en cuenta que el metóxido se evapora a 62°C y que la transesterificación también produce algo de calor, así que se ajustó bien la temperatura del aceite para que cuando se comenzara a mezclar no sobrepasará la temperatura límite y evitar que no se completara la reacción.

- **Reposo:** Las mezclas preparadas se dejaron reposar durante un día. La glicerina formó una masa gelatinosa en el fondo. La glicerina semilíquida es de color marrón oscuro y el biodiesel es del color de la miel. Una vez reposadas, se separó las dos partes por decantación.
- **Lavado del biodiesel:** Con el lavado se extrajeron todas las impurezas y trazas de soda cáustica que habían quedado durante el proceso de transesterificación. Para ello, se mezcló en un recipiente 1/3 parte de solución de ácido acético y agua destilada. Este proceso fue repetido en dos ocasiones más, pero no fue necesaria la aplicación de la solución del ácido acético puesto que se había alcanzado un pH neutro.
- **Secado del biodiesel:** Obtenido el biodiesel después del lavado, estos se introdujeron en una vasija de 6 litros de capacidad y se colocaron en baño de maría a una temperatura de 100°C con el fin de eliminar la humedad presente en ellos.

A continuación se representan mediante la siguiente tabla N° 3.1 la función y el orden de mezclado de los aditivos, los cuales fueron establecidos por normas de laboratorio, con la finalidad de conservar el control de calidad para la preparación de los mismos, así como, el tiempo prudente para que cada uno de los aditivos que lo conforman logren su activación, y así obtener como resultado un fluido con características y propiedades que garanticen un desempeño óptimo a la hora de su utilización.

Una vez establecido el orden y tiempo de mezclado, así como, las concentraciones de los aditivos y agente densificante a utilizar se procedió entonces a realizar la formulación de los fluidos de perforación realizando variación de su fase continua conformada por éster de soya, éster de palma y vassa.



**Tabla N° 3.2. Aditivos a utilizar en la formulación de fluidos 100% aceite mineral, función y tiempo de mezclado.**

N°	ADITIVO	FUNCIÓN	TIEMPO MINUTOS
1	ACEITE	Fase Continua	-----
2	ARCILLA ORGANOFÍLICA	Viscosificante para fluidos base aceite	60
3	HUMECTANTE	Humectante para fluidos base aceite	15
4	CAL HIDRATADA	Fuente alcalina e inhibidor	15
5	CONTROLADOR DE FILTRADO	Mejorar las condiciones de filtrado	10
6	BARITA	Incrementar el peso al fluido	20

**Etapa II: Determinación de las propiedades reológicas de los fluidos formulados, base aceite de soja y palma para compararlos con el vassa.**

Una vez que se obtuvieron los fluidos de perforación según las formulaciones propuestas se tomaron muestra de cada una de las tres formulaciones que contemplan variaciones de los componentes de la fase continua (variación éster de soja, éster de palma y vassa), y se sometió a los estudios reológicos. Cabe destacar, que dicha determinación se realizó a través de las diferentes pruebas de laboratorio del Manual de ingeniería de fluidos desarrollado por BAKER HUGHES INTEQ.

Estas pruebas fueron regidas por la norma (API-13I) “Prácticas recomendadas para pruebas de laboratorio” y son:

**Densidad, medida con una balanza para lodos:**

**Procedimiento:**

1. Se colocó el pedestal de base o caja portadora sobre una superficie plana y a nivel.
2. Se equilibró con agua.

3. Se tomó una muestra de fluido.
4. Se golpeó suavemente el costado del jarro de la balanza del fluido de perforación con su respectiva tapa para hacer salir aire o gas atrapado.

Nota: de existir aire o gas atrapado, se debe usar la balanza presurizada para determinar el peso del lodo.

5. Se colocó la tapa en la taza de la balanza del fluido de perforación con un movimiento de torsión y se aseguró de que algo de la muestra de prueba fuese expulsado por el agujero de ventilación de la tapa.

Nota: Se debió sumergir la tapa en la muestra de fluido contribuyendo a un cierre más seguro.

6. Se tapo con un dedo el agujero de ventilación y luego se limpió la balanza con agua, aceite base, o solvente. (Limpiar cualquier exceso de agua, aceite base, o solvente).
7. Fue calzado el borde agudo de la balanza en el fulcro de apoyo y se equilibró la balanza haciendo correr el cursor a lo largo del brazo.

Nota: La balanza estuvo nivelada cuando la línea en el vidrio del visor estuvo centrada sobre la burbuja.

8. Se registró la densidad del costado del cursor más próximo a la taza de la balanza (la flecha del cursor apunta a este lado). Registrando la medición con precisión de 0,1 lb/gal, 1 lb/pie, 30,01 g/cm, ó 10,0 lb/pulg/1,000 pies.

**Propiedades reológicas, determinando las lecturas del viscosímetro para calcular, punto cedente (Pc) y resistencia de gel.**

**Procedimiento:**

1. Se recogió una muestra de fluido.
2. Se colocó la muestra en una taza de viscosímetro termostáticamente controlada.

Nota: Se dejó suficiente volumen vacío para el desplazamiento del colgante y la manga.

3. Sumergió la manga del rotor del viscosímetro exactamente hasta la línea marcada.

4. Se calentó la muestra a la temperatura de prueba 150°F.

Nota: Para obtener una temperatura uniforme de la muestra, se mezcló la muestra a una velocidad de arrastre intermitente o constante de 600 RPM mientras se calentaba la muestra.

5. Se hizo girar la manga del viscosímetro a 600 RPM hasta obtener una lectura estable en el dial. Se registró la lectura del dial (L600).

6. Se hizo girar la manga del viscosímetro a 300 RPM hasta obtener una lectura estable en el dial. Se registró la lectura del dial (L300).

7. Se mezcló la muestra durante 10 a 15 segundos a 600 RPM, después se dejó reposar el lodo durante 10 segundos.

8. Se hizo girar la manga del viscosímetro a 3 RPM hasta obtener la máxima lectura en el dial.

9. Se registró la máxima lectura del dial obtenida como resistencia del gel de 10 segundos,  $lbf/100pie^2$ .

10. Se realizaron los cálculos con las ecuaciones correspondientes.

### **Estabilidad eléctrica, con un medidor predeterminado.**

#### **Procedimiento:**

1. Se tomó una muestra de fluido de perforación.
2. Se usó la tasa de calentamiento para ajustar la temperatura del fluido a 120°F.
3. Se sumergió la punta del electrodo en la muestra con el medidor desconectado, asegurándose de que el fluido cubriera las caras del electrodo.
4. Se agitó la muestra con la punta del electrodo por espacio de 15 a 30 segundos.

5. Se encendió el medidor de estabilidad eléctrica y luego se oprimió el botón “Test” para empezar la prueba.
6. Se registró el voltaje cuando los valores reflejados se estabilizaron.

**Etapa III: Evaluación de los parámetros de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite soya y palma comparándolos con el vassa, Según decreto 883. Art. 10. y su influencia sobre las especies o ecosistemas acuáticos.**

Primeramente para la adaptación de los camarones (*Caridina multidentata*), se prepararon 4 envases esféricos de vidrio cada uno con una capacidad de 20 litros, donde se adicionaron 15 litros de agua, en los cuales fueron introducidos 10 camarones en cada envase, seguido de esto se realizó la distribución de las mangueras de siliconas flexibles de diámetro (interior/exterior) 4/6 mm a los diferentes recipientes mediante conexiones de cruz y 2 tipos de T de plásticos, en cada extremo de estas se le insertó un difusor de aire que permitió la agitación del agua, regulándolo a través de llaves de paso plásticas para así suministrarle la misma cantidad de aire a cada recipiente, la cual era proporcionada por dos bombas modelo elite de 1 salida cada una.

Al mismo tiempo los recipientes fueron identificados de acuerdo a los tipos de fluidos de perforación base aceite a agregar (soya, vassa, y palma) (ver tabla 4.1, 4.2, 4.3), dejando estos en un periodo de 1 mes para su aclimatación y así estabilizar las condiciones de aireación y temperatura de los camarones

.Una vez obtenido la estabilización, se le agregaron los 20 mg/l de los fluidos de perforación base aceite soya, palma y vassa a cada envase ya identificado según lo establecido por el decreto 883 sección III: De las descargas a cuerpos de aguas, dejándolos en un periodo de prueba de 96 horas según lo establecido por METCALF EDDY .

Posterior a esto, se procedió a la captación de las diferentes muestras ya mencionadas, dichas muestras fueron recolectadas según los estatutos o normas establecidos por el Ministerio de Poder Popular para el Ambiente (MPPA) (ver apéndice D.2). Para así obtener el cálculo de cada uno de los parámetros establecidos por dicho decreto y contabilizar la cantidad de camarones muertos en cada uno de los envases que contenía las aguas contaminadas y no contaminadas con fluidos de perforación base aceite, formulados, Luego de la captación de las muestras se procedió a realizar las pruebas de:

- pH, según la norma SM 4500
- Sólidos sedimentables, según la norma SM 2540 D
- Aceites y grasas totales, según la norma SM 5520 B
- Cloruros, según la norma SM 4500 B
- O.D (oxígeno disuelto), según la norma SM 5520 B
- D.B.O (demanda bioquímica de oxígeno), según la norma SM 5210 B
- D.Q.O (demanda química de oxígeno), según la norma SM 5520 C
- Nitritos, según la norma SM 4500 ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ )
- Sulfatos, según la norma SM 4500  $\text{SO}_4$  E
- Dureza, conductividad eléctrica y temperatura, con un medidor predeterminado.

Estas pruebas se realizaron para cuatro muestras (ecosistema sin contaminar, ecosistema contaminado con fluido de perforación base aceite de soya, ecosistema contaminado con fluido de perforación base aceite de palma y ecosistema contaminado con fluido de perforación base aceite vassa) con tres repeticiones de pruebas para cada una de las muestras, en los laboratorios del Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, del estado Monagas. (DEA-Monagas).

Luego de la obtención de los resultados, se procedió a evaluar estadísticamente a través del método de Friedman de comparaciones múltiples, los parámetros químicos de las aguas estudiadas, estructurándose de la siguiente manera:

1. Se realizó la tabla de datos para la prueba, colocando en las 4 filas los valores correspondientes a las 4 muestras de agua (N=4) y en 4 columnas los 4 parámetros químicos de las aguas (K=4, pH, cloruros, nitritos y sulfatos)
2. Cada fila indicó la clasificación de cada una de las aguas bajo las condiciones paramétricas.
3. Cada fila (parámetros) fueron ordenadas de menor a mayor, asignándole un rango desde 1 para el menor parámetro, hasta 4 para el mayor.
4. Se calculo la suma de los rangos para cada columna.
5. Se seleccionó un nivel de significancia  $\alpha$  (razón del error) de 0,05 por cada muestra. Es decir, de 0,20.

6. Se calculó un valor tabulado para:  $Z_{\left(\frac{\alpha}{k(k-1)}\right)}$  (3.1)

7. Se calculó  $|R_i - R_j|$  y  $Z_{\left(\frac{\alpha}{k(k-1)}\right)} \sqrt{\frac{NK(K+1)}{6}}$  (3.2)

8. Si  $|R_i - R_j| > Z_{\left(\frac{\alpha}{k(k-1)}\right)} \sqrt{\frac{NK(K+1)}{6}}$ , entonces se afirmó que existen diferencias significativas entre las muestras consideradas y el signo de la diferencia indicó la dirección. Si se cumplió la relación contraria, es decir, que la relación es menor, se dijo que no existió diferencias significativas entre las muestras consideradas.

### 3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación fueron:

La observación estructurada, debido al uso de guías diseñadas para el desarrollo de los objetivos, con la observación directa de los resultados que fueron obtenidos mediante las pruebas de laboratorio que se realizaron, para su posterior análisis y obtención de conclusiones. En tal sentido Arias F. (2004) señala: “La observación estructurada, es aquella que además de realizarse en correspondencia con unos objetivos, utiliza una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados” (p.70). Así mismo, los instrumentos estuvieron determinados por listas de cotejo y listas de frecuencias.

### **3.6 RECURSOS**

#### **3.6.1 Recursos humanos**

En lo que respecta a la parte metodológica de la investigación de este proyecto, la supervisión estuvo a cargo de dos profesores universitarios de la Escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas y de personal técnico especializado del laboratorio del Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, del estado Monagas. (DEA-Monagas)

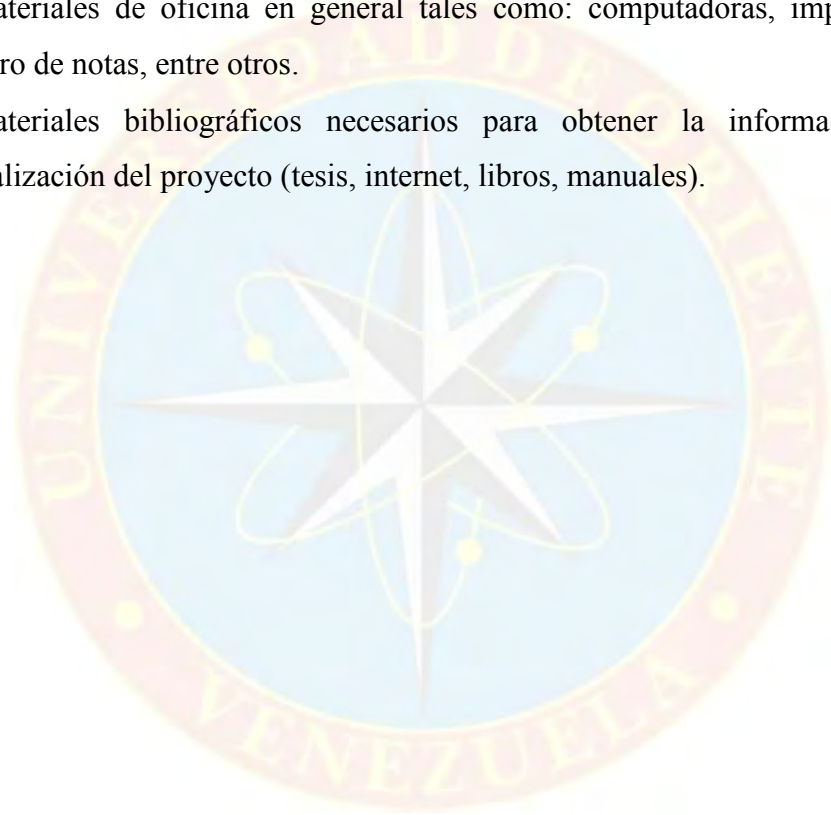
#### **3.6.2 Recursos financieros**

Los realizadores de este proyecto se encargaron de financiar los costos asociados a la realización del trabajo de investigación.

#### **3.6.3 Recursos materiales**

Los recursos materiales necesarios para realizar la investigación fueron:

- El uso de diversos aditivos químicos para la formulación de las muestras suministrados por el laboratorio perforación y el laboratorio de Aguas del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, del Estado Monagas.
- Los equipos suministrados por los laboratorios tales como: viscosímetro rotacional, balanza, peso, cilindros graduados, propipetas, horno, campana extractora de gases, entre otros, necesarios para realizar las pruebas.
- Materiales de oficina en general tales como: computadoras, impresora, papel libro de notas, entre otros.
- Materiales bibliográficos necesarios para obtener la información para la realización del proyecto (tesis, internet, libros, manuales).





## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 FORMULACIÓN DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN DE UN SISTEMA 100% BASE ACEITE.

La formulación de los fluidos base aceite de soya, palma y vassa, estuvo sujeta a un balance de masas (ver apéndices A), empleando las concentraciones de aditivos comúnmente usadas en las operaciones de perforación, de los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

La variación más significativa se produjo en los volúmenes de la fase continua de cada fluido y de la cantidad de densificante (barita) requerida para cumplir con el peso establecido de los mismos, siendo esta de 306 ml del biodiesel de aceite de palma y 115,78 lb de barita, 302 ml del biodiesel de aceite de soya y 131 lb de barita, 309 ml de aceite mineral Vassa, y 101 lb de barita. (ver tabla N° 4.3, tabla N° 4.4, tabla N° 4.5). Estas variaciones en las formulaciones dependen de la gravedad específica de cada uno de los aceites empleados.

**Tabla N° 4.3. Formulación del fluido de perforación base aceite vegetal Palma.**

ADITIVO	CONCENTRACION (Lpb)	G.E	DENSIDAD (Lpb)	VOLUMEN (Bls)	VOLUMEN (mL)	MASA (Lb)
Arcilla Organofílica	12	1,7	594,76	0,0202		12
Controlador de Filtrado	4	1,1	384,85	0,0104		4
Cal Hidratada	4	2,3	804,68	0,0049		4
Humectante	4	0,92	321,87	0,0124	4	
Barita		4,2	1469,41	0,0788		116
Aceite Palma (biodiesel)		0,78	272,89	0,8733	306	

**Tabla N° 4.4. Formulación del fluido de perforación base aceite vegetal Soya.**

ADITIVO	CONCENTRACION (Lpb)	G.E	DENSIDAD (Lpb)	VOLUMEN (Bls)	VOLUMEN (mL)	MASA (Lb)
Arcilla Organofílica	12	1,7	594,76	0,0202		12
Controlador de Filtrado	4	1,1	384,85	0,0104		4
Cal Hidratada	4	2,3	804,68	0,0049		4
Humectante	4	0,92	321,87	0,0124	4	
Barita		4,2	1469,41	0,0889		131
Aceite Soya (biodiesel)		0,74	258,90	0,8632	302	

**Tabla N° 4.5. Formulación del fluido de perforación base aceite mineral Vassa.**

ADITIVO	CONCENTRACION (Lpb)	G.E	DENSIDAD (Lpb)	VOLUMEN (Bls)	VOLUMEN (mL)	MASA (Lb)
Arcilla Organofílica	12	1,7	594,76	0,0202		12
Controlador de Filtrado	4	1,1	384,85	0,0104		4
Cal Hidratada	4	2,3	804,68	0,0049		4
Humectante	4	0,92	321,87	0,0124	4	
Barita		4,2	1469,41	0,0684		101
Aceite Mineral Vassa		0,82	286,89	0,8837	309	

## 4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS FLUIDOS FORMULADOS, BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA PARA COMPARARLOS CON EL VASSA.

### 4.2.1 Determinación de la densidad.

La densidad de un fluido de perforación es quizás el parámetro más importante a considerar durante el estudio de las propiedades reológicas de los mismos, debido a

que de ella depende directamente el peso que va a ejercer el fluido a la formación durante el proceso de perforación del pozo, donde juega un papel importante la cantidad de densificante y aditivos a mezclar durante el proceso de elaboración del fluido de perforación.

Cuando la densidad obtenida es igual a la densidad esperada, se infiere que los cálculos de volúmenes, mediciones y mezcla de los aditivos empleados en la formulación de los fluidos de perforación están determinados de manera correcta. Tal es el caso de la tabla N° 4.6, donde se evidencia que la densidad de los fluidos de perforación base aceite vassa, soya y palma, medida en libras por barriles, es igual a la densidad esperada.

**Tabla N° 4.6. Densidad de los fluidos de perforación**

Fluido de perforación	Densidad obtenida (lpb)	Densidad esperada (lpb)
Base aceite Vassa	9	9
Base aceite de Soya	9	9
Base aceite de Palma	9	9

#### 4.2.2 Determinación de la estabilidad eléctrica

Una característica de los aceites en general es su capacidad para no transferir la corriente eléctrica a través de él, debido a que en su composición carecen de moléculas de hidrógeno que son apropiadas para favorecer esta propiedad. En la tabla N° 4.7, se observan que la estabilidad eléctrica de los tres fluidos formulados base aceite vassa, soya y palma están por encima del los 2000 voltios, lo que se traduce en el cumplimiento de que los aceites utilizados no tenían moléculas conductoras de electricidad, y por ende el proceso de secado para eliminar la humedad durante la

formulación de los esteres se realizó correctamente, es decir, en los tres casos se empleo como fase continua, un aceite y no una emulsión.

**Tabla N° 4.7. Estabilidad eléctrica de los fluidos de perforación**

Fluido de perforación	Estabilidad Eléctrica (Volt)
Base aceite Vassa	>2000
Base aceite de Soya	>2000
Base aceite de Palma	>2000

#### 4.2.3 Determinación del punto cedente

En relación a la fuerza de atracción entre las partículas que constituyen los fluidos de perforación base aceite vassa, soya y palma, se observó que el punto cedente del aceite vassa es inferior al del aceite de soya y palma, siendo el mismo de 1, 2 y 3 (lb/100pie<sup>2</sup>) respectivamente, estos valores se consideran aceptables dentro de las cifras que caracterizan de manera general a los fluidos de perforación 100% base aceite, debido a que la película que recubría las partículas sólidas era el aceite empleado como fase continua en cada uno de los fluidos de perforación, provocando una neutralización de las cargas eléctricas que redujo la capacidad de atracción entre las partículas.

El hecho de que exista diferencias entre el punto cedente de cada uno de los fluidos de perforación formulados, posiblemente obedezca a que el agente humectante se activo de manera más eficiente en el fluido de perforación base aceite vassa, provocando la dispersión de las moléculas como consecuencia de la disminución de las fuerzas de atracción de las mismas (ver tabla N° 4.8).

**Tabla N° 4.8. Punto cedente de los fluidos de perforación**

Fluido de perforación	Punto Cedente @ 150°F ( lb/100pie <sup>2</sup> )
Base aceite Vassa	1
Base aceite de Soya	2
Base aceite de Palma	3

#### 4.2.4 Determinación de la resistencia gel

Este parámetro se estudio con la finalidad de conocer la capacidad que tienen los fluidos de perforación formulados de gelidificarse en estado de reposo y de volverse líquido al ponerse en circulación. En la tabla 4.9, se observa que la resistencia del gel en el aceite vassa y aceite soya (2 lb/100pie<sup>2</sup>) con respecto al aceite palma (3 lb/100pie<sup>2</sup>) no favorece la formación de estructuras semi-rígidas que permite el desarrollo de las formaciones tixotrópicas de los fluidos.

**Tabla N° 4.9. Resistencia gel de los fluidos de perforación**

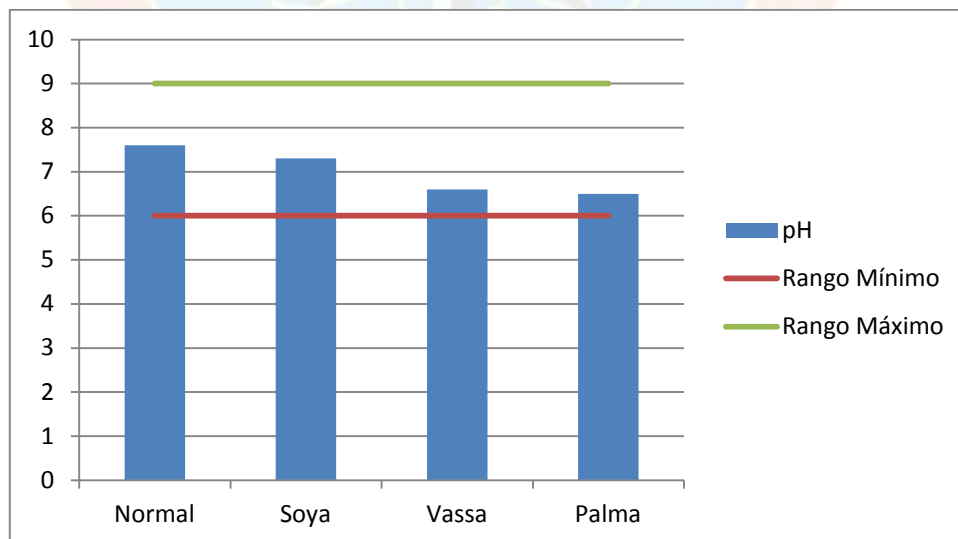
Fluido de perforación	Resistencia gel 10 seg (lb/100pie <sup>2</sup> )
Base aceite Vassa	2
Base aceite de Soya	2
Base aceite de Palma	3

### 4.3 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LAS AGUAS CONTAMINADAS CON LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE SOYA Y PALMA COMPARÁNDOLOS CON EL VASSA, SEGÚN DECRETO 883. ART. 10. Y SU INFLUENCIA SOBRE LAS ESPECIES O ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Tal como se mencionó en la metodología, se trabajó con 4 peceras que contenían agua contaminada con fluido de perforación base aceite vassa, agua contaminada con fluido de perforación base aceite de soya, agua contaminada con fluido de perforación base aceite palma y agua normal o sin contaminar, con 10 camarones (*Caridina multidentata*) en cada una, empleados como bioindicador.

Se tomaron muestras de cada una de las aguas para realizarle las pruebas mencionadas siendo estas repetidas tres veces cada una. A continuación se muestra los valores a través de la moda de cada parámetro medido.

#### 4.3.1 Evaluación del pH



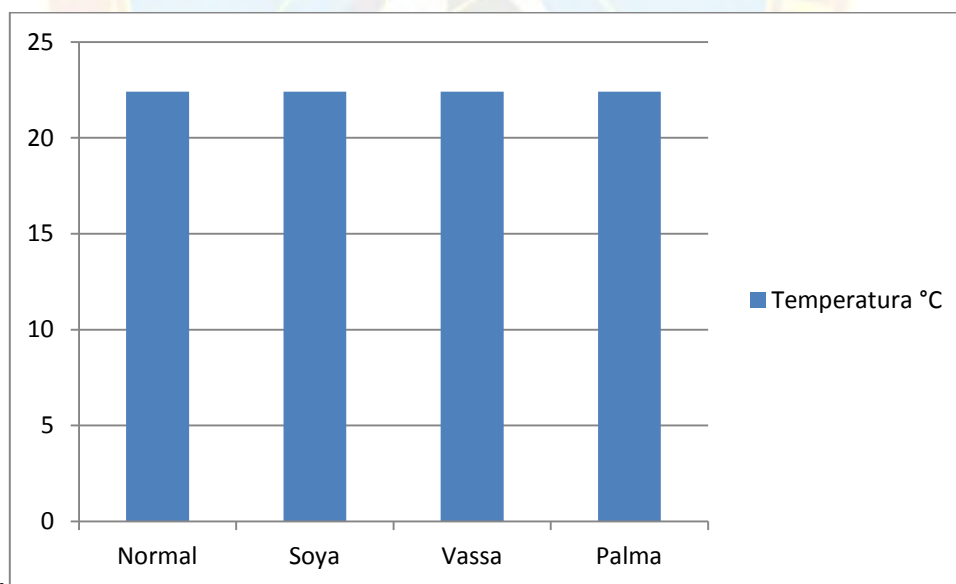
**Gráfica N° 4.2. pH de las muestras del agua normal y aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

El pH de las aguas contaminadas y del agua sin contaminar, se encuentra dentro del rango de aceptación del decreto 883, en los cuales se establece que el mismo no debe ser inferior a 6, ni mayor a 9. (ver gráfica N° 4.2)

“los camarones (*Caridina multidentata*) se desarrollan bien en aguas neutras con un valor de pH entre 6.5 y 7.4” lo que corrobora que los hábitat dispuestos para la supervivencia de los individuos no representaron ninguna amenaza de vida para los mismos. (disponible en [www.aquagamba.net](http://www.aquagamba.net))

La disminución del pH de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite de soya y aceite de palma, con respecto al agua normal y del agua contaminada con el fluido de perforación base aceite vassa, obedece a que estos aceites (soya y palma) están constituidos por ácidos grasos que al entrar en contacto con el agua, alejan el valor del pH de la basicidad. (ver apéndice C.1)

#### 4.3.2 Evaluación de la temperatura

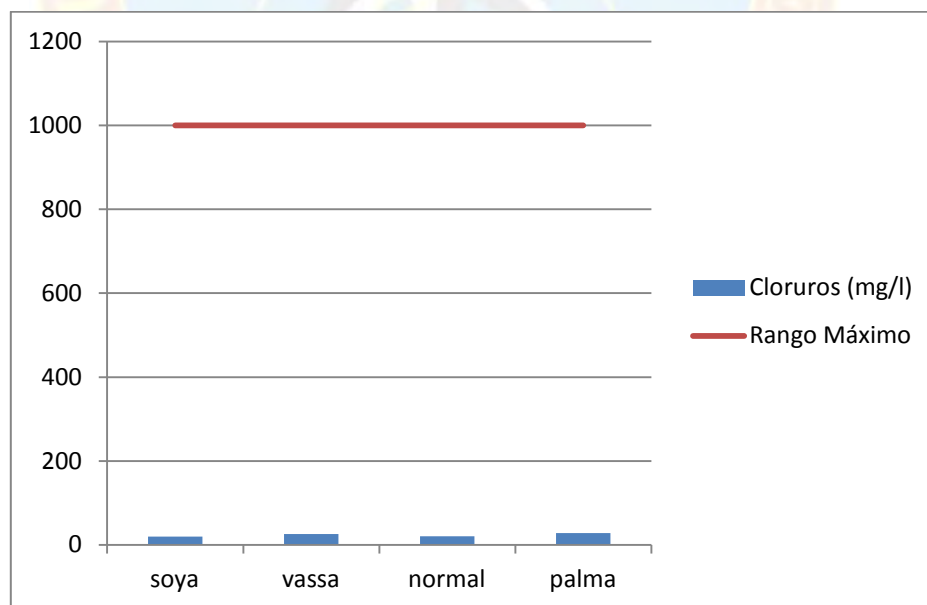


**Gráfica N° 4.3. Temperatura del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Aunque este parámetro no se encuentra especificado dentro de las normas del decreto 883, que sirvieron de base para el cotejo de los análisis finales, es fundamental para la supervivencia de todo ser vivo. En este caso, la temperatura de los ecosistemas donde se desarrolla la vida de los camarones, “debe estar entre los 17° C y los 26°C, aunque soportan en mayor medida temperaturas menores” (disponible en [www.aquagamba.net](http://www.aquagamba.net)).

En este mismo sentido, la temperatura fue medida en sitio observándose, tal como se muestra en la gráfica N° 4.3, que la evolución de la temperatura presentó un comportamiento estacional estrechamente relacionado con las condiciones climáticas prevalecientes en la zona donde se encontraban las peceras, tales como luz, velocidad y dirección del viento y temperatura del aire. Asimismo, se determinó, que la aplicación de los fluidos de perforación, no tuvieron influencia, sobre la temperatura de los ecosistemas acuáticos.

#### 4.3.3 Evaluación de los cloruros



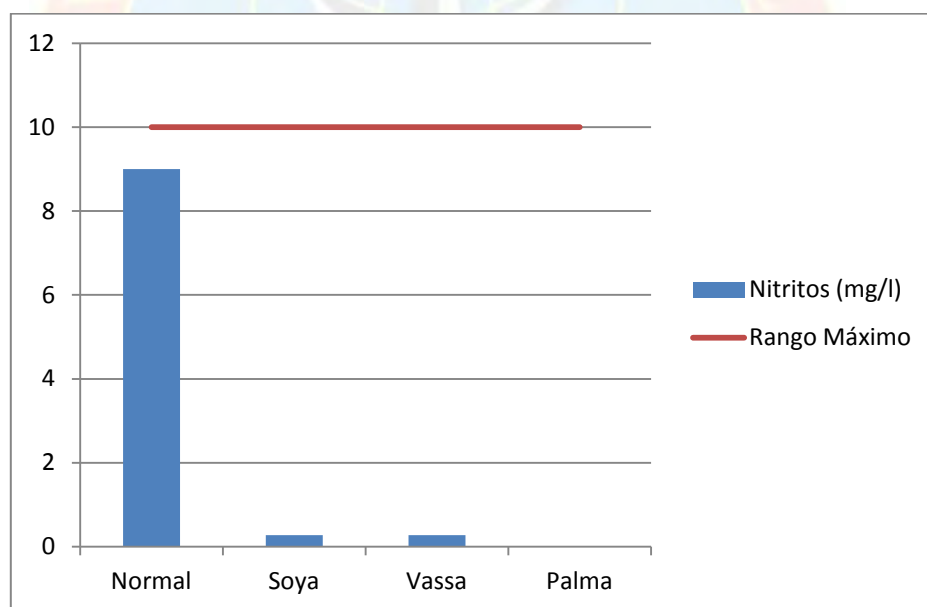
**Gráfica N° 4.4. Cloruros del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**



Los cloruros de las aguas contaminadas y del agua sin contaminar, se encuentra dentro del rango de aceptación del decreto 883 SECCIÓN III: De las descargas a cuerpos de agua, en los cuales se establece que el mismo no debe excederse de 1000mg/l. Tal como se muestra en la gráfica N° 4.4.

Estos bajos valores en las aguas sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite, obedece a que estas no se mantuvieron en contacto con otras aguas de intrusión marina, ni de rocas evaporita, por ejemplo, como pudiesen estar en un ambiente o ecosistema natural. Es decir, las aguas que fueron objeto de estudio eran aguas estancadas.

#### 4.3.4 Evaluación de los nitritos



**Gráfica N° 4.5. Nitritos del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Los nitritos son sales o ésteres del ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ). Estos nitritos se forman por la oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en el medio acuático o terrestre, o por la reducción bacteriana del nitrato. Son productos intermedios del

ciclo completo de oxidación-reducción y solo se encuentran presente en condiciones de baja oxidación. (García *et al.*, 1994).

En el estudio de los nitritos de las muestras de aguas contaminadas y no contaminada, se observó una apreciable cantidad de nitritos presente en el agua sin el agregado de los fluidos, lo que se considera sospechosa de una contaminación reciente por la alimentación (ver apéndice: D.2) y materias fecales provenientes de los camarones (*Caridina multidentata*).

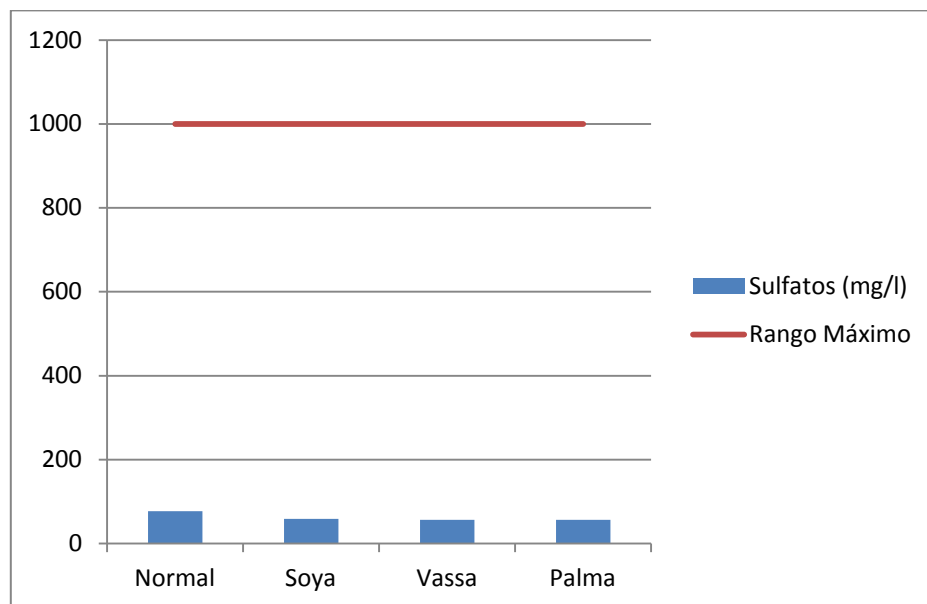
De igual manera se apreció un índice de nitritos mucho menor en las aguas contaminadas con fluido de perforación base aceite soya, vassa; y ningún valor en el agua contaminada con aceite palma. (ver gráfica N° 4.5)

La reducción de nitritos pudo haber sido afectada por la acción bacteriana presente en dichas aguas contaminadas, al existir un asentamiento de los elementos que conformaron los fluidos de perforación base aceite y, aunado al hecho, de la profundidad a la que fueron tomadas las muestras sin agitar el agua, también es importante señalar que las aguas estaban estancadas, es decir sin recirculación.

Tambien se evidencia que estos valores de nitritos se encuentran dentro del rango de aceptación del decreto 883, en el cual se establece que el mismo no debe excederse de 10mg/l.

#### **4.3.5 Evaluación de los sulfatos**

El ión sulfato  $SO_4$ , es uno de los aniones presentes en aguas naturales. La mayoría de los sulfatos son solubles en aguas, estos se encuentran en diversas concentraciones.

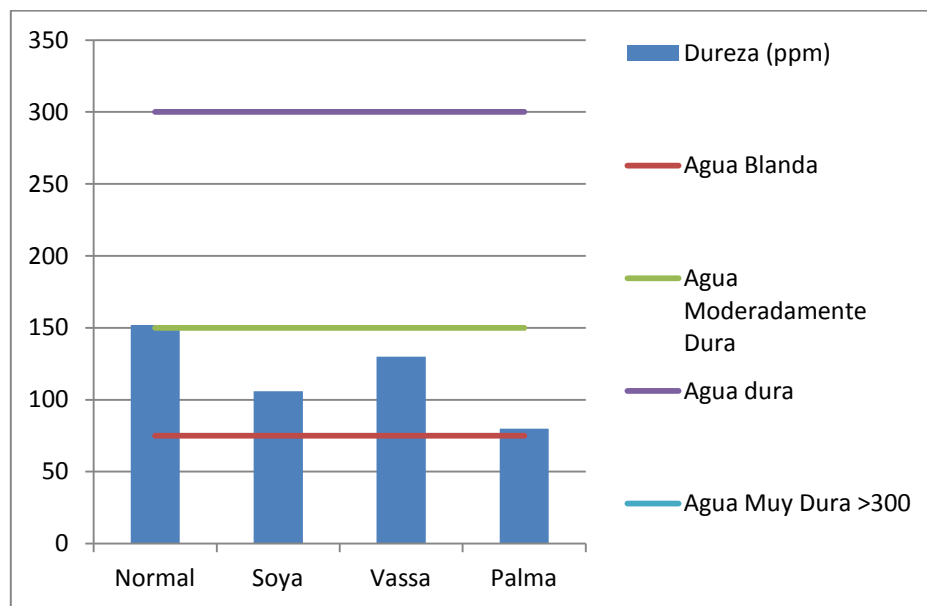


**Gráfica N° 4.6. Sulfatos del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Para la cantidad de sulfatos presente en las aguas contaminadas y no contaminada, es decir, la cantidad de sales que pudo estar en contacto con las especies de camarones (*Caridina multidentata*), se observó que el contenido de sulfatos de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación varió poco con respecto al agua no contaminada, pero este no excedió el rango de aceptación del decreto 883 SECCIÓN III: De las descargas a cuerpos de agua, en los cuales se establece que el mismo no debe excederse de 1000mg/l. (ver gráfica N° 4.6)

Esta variación de los sulfatos se puede explicar basados en el hecho de que durante el ensayo, no hubo aporte de otras aguas, como pudiese ocurrir en los ambientes naturales con la existencia de aguas connatas de origen marino o pro-infiltraciones oceánicas. Asimismo, la especie de camarón que sirvió como bioindicador durante todo el ensayo, puede habitar en fuentes de aguas que contengan cantidades de sulfatos cercanas a cero debido a que también habitan en agua dulce.

#### 4.3.6 Evaluación de la dureza

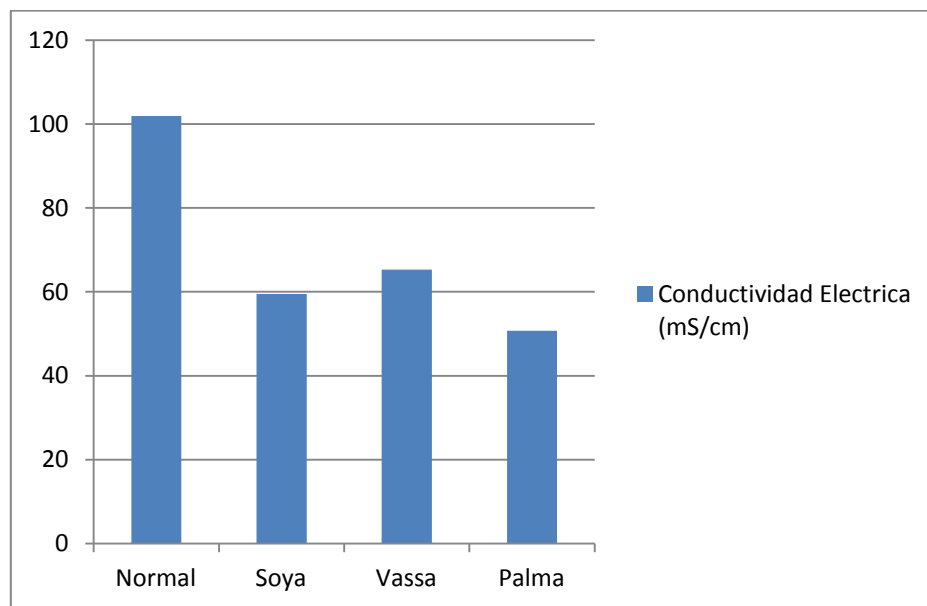


**Gráfica N° 4.7. Dureza del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

La dureza de las aguas contaminadas es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio y magnesio presente en ella. Como se observa en la grafica 4.7, las aguas contaminadas con los fluidos de perforación se mantuvieron en el nivel de dureza moderadamente dura por encontrarse en un rango que va desde los 75 a los 150 ppm, siendo de estas, el aceite vassa, el que mayor dureza tuvo en el agua, lo que nos da aceptables niveles de magnesio y calcio para estimular el crecimiento de los camarones (*Caridina multidentata*), debido a que estos no pueden habitar en aguas demasiado blandas.

También se observa que el agua sin contaminar, se posiciona por encima del rango de agua moderadamente dura, es decir, con un valor de 152, se le consideró como agua dura.

#### 4.3.7 Evaluación de la conductividad eléctrica



**Gráfica N° 4.8. Conductividad eléctrica del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

La conductividad eléctrica en las aguas está relacionada a la cantidad de compuestos formados por enlaces iónicos no orgánicos tales como sales y minerales presentes en ella.

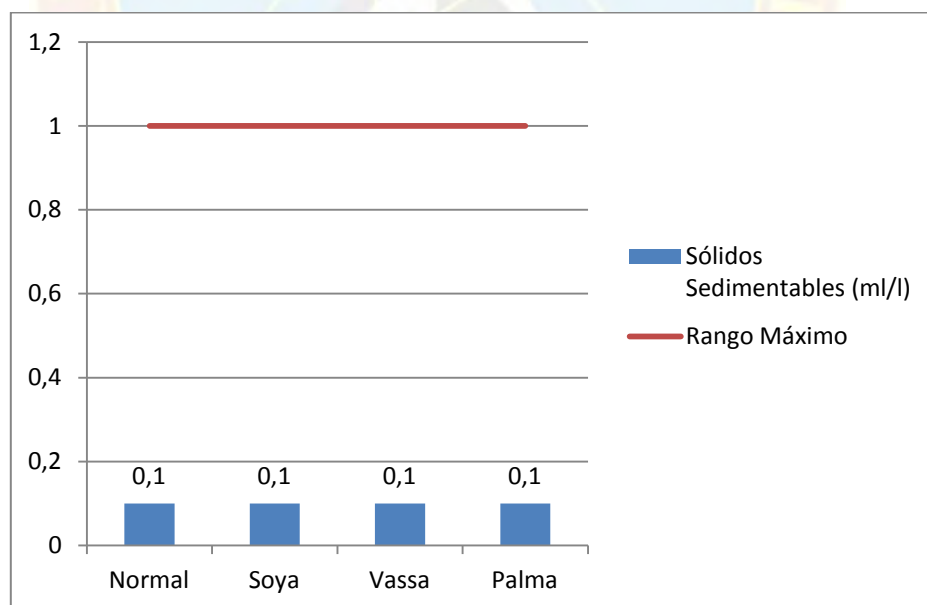
Así como se observó en el estudio de la dureza de las aguas el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio y magnesio presente en las aguas, objeto de estudio, (ver gráfica N° 4.7). En la gráfica 4.8, se observa la conductividad eléctrica de las aguas contaminadas y no contaminada que resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente, es decir refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, en donde se muestra que al contaminar dichas aguas con fluidos de perforación base aceite, la conductividad eléctrica bajó con respecto al agua sin contaminar, esto obedeció posiblemente a la falta de iones salinos en los aceites.

Comparando estas dos graficas (N°4.7 y N° 4.8) se observa que el agua normal presenta mayor dureza y mayor conductividad eléctrica con respecto a las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite formulados.

De la misma manera, comparando entre si las tres aguas contaminadas con los fluidos de perforación, se observa que en las aguas contaminadas con aceite soya y aceite vassa la conductividad eléctrica se mantuvo más alta con respecto al agua contaminada con aceite palma, debido a que este posee mayor cantidad de componentes grasos.

Otra característica es que mientras mejor sea una emulsión, mayor conductividad eléctrica tendrá, es decir, se evidencia que el agua del aceite vassa tiene mayor conductividad eléctrica producto de que creó una mejor emulsión. Esto se podrá apreciar más adelante en el estudio de la recuperación de aceites y grasas.

#### 4.3.8 Evaluación de sólidos sedimentables



**Gráfica N° 4.9. Sólidos sedimentables del agua normal y de las de aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Los sólidos sedimentables de las aguas indican la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado. En donde esta se mantuvo en el rango según decreto en estudio, es decir, por debajo de 1 ml/l. (ver gráfica N° 4.9)

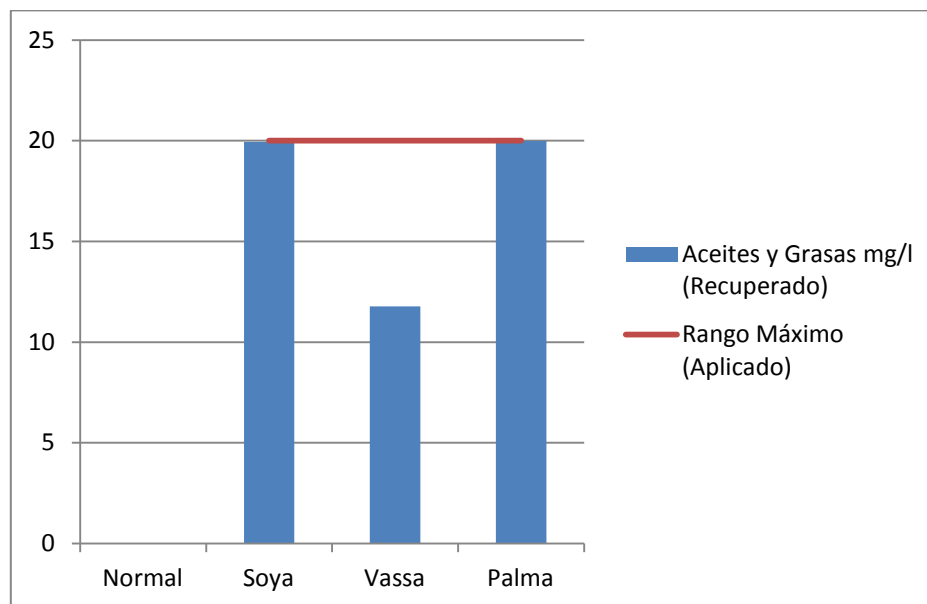
Al contaminar las aguas con fluidos de perforación base aceite soya, vassa y palma los sólidos sedimentables variaron poco con respecto al agua sin contaminar, determinándose al no observar asentamiento de partículas sólidas en el fondo del cono, una vez cumplido con el tiempo reglamentario para la prueba (1 hora). Cuando hay ocurrencia de este hecho, se dice que los sólidos sedimentables son menores a 0,1 ml/l, como ocurrió en las 4 muestras.

Se estima que esto obedeció a la decantación de los fluidos de perforación al fondo de las peceras y el correcto procedimiento para la toma de muestras de aguas especifican que la boca del recipiente debe sumergirse suavemente en superficie y luego bajarlo lentamente con el pico hacia arriba con la finalidad de evitar la formación de burbujas.

#### **4.3.9 Evaluación de los aceites y grasas**

La denominación de aceites y grasas se refieren únicamente al estado físico sólido o líquido, de este tipo de lípidos y no tienen ninguna relación con cualquier otra propiedad; la estructura y la química no varía (Alais y Linden, 1990).

Se caracterizan principalmente por su inmiscibilidad en agua, sin embargo, son miscibles en muchos solventes orgánicos no polares. La solubilidad depende de las propiedades termodinámicas del soluto y disolvente, y las fuerzas relativas de atracción entre las moléculas. (Cisterna P., 2005)



**Gráfica N° 4.10. Aceites y grasas del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

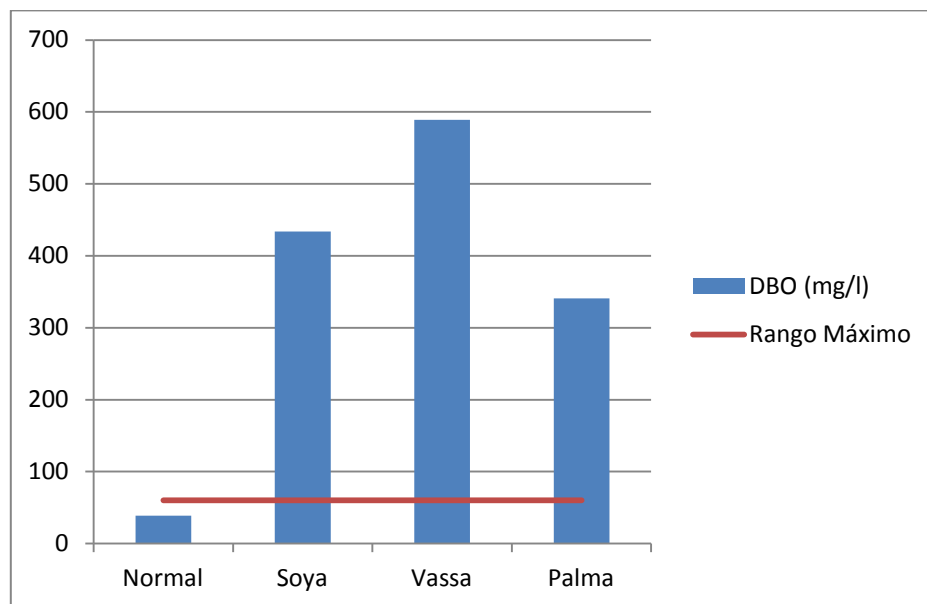
En este estudio, se aplicó a cada pecera el máximo volumen permitido por el decreto 883, es decir, 20 mg/l de cada uno de los fluidos de perforación base aceite, tal y como se muestra en la gráfica N° 4.10.

Asimismo se observa que la recuperación del aceite vassa estuvo considerablemente por debajo del rango aplicado, lo que corrobora lo antes expuesto en la evaluación de la conductividad eléctrica (gráfica N° 4.8), donde se expresó que este aceite podría estar generando una mejor emulsión, y por ende, su recuperación se dificulta a la hora de determinar los aceites y grasas.

#### **4.3.10 Evaluación de D.B.O (Demanda bioquímica de oxígeno)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es una prueba de gran valor en el análisis de efluentes de aguas, medida a los 5 días de incubación.





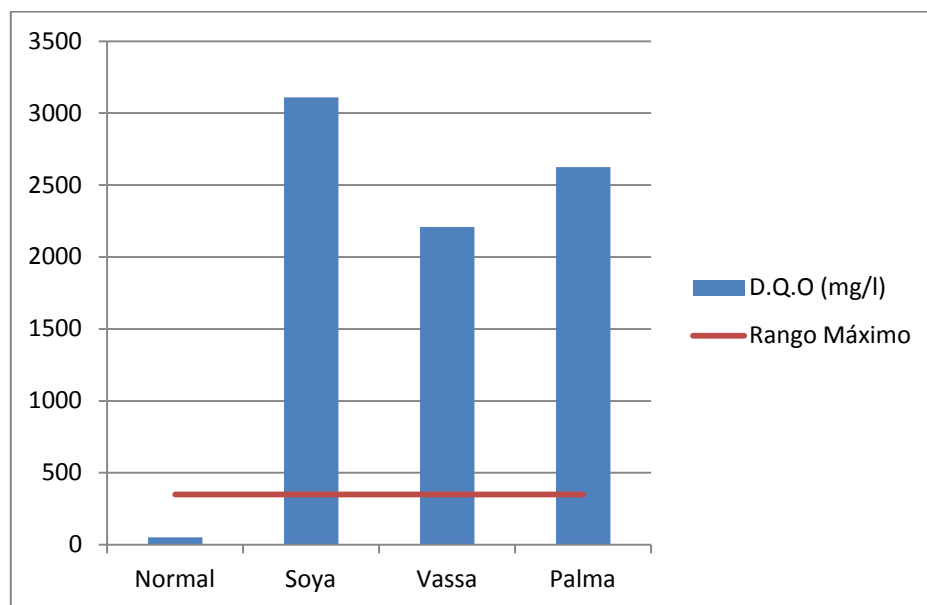
**Gráfica N° 4.11. D.B.O del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Tal como se muestra en la gráfica N° 4.11, el agua normal se encuentra por debajo del rango máximo establecido en el decreto en estudio, en el que se establece que el D.B.O no debe exceder los 60 mg/l, pero al mismo tiempo, se evidenció que las muestras de agua que contenían los tres fluidos de perforación, sobrepasan considerablemente los niveles con valores de hasta 9 veces el rango del decreto (ver apéndice C.10). Por tal motivo se afirma que estas aguas ya no cumplen con los estándares para la vida acuática, es decir, estas aguas ya se encuentran fuera de norma.

“En los procesos naturales de purificación de ríos y corrientes la materia orgánica se oxida debido a la acción de microorganismos utilizando el oxígeno disuelto en el agua, por lo cual cuando se determina una alta carga de DBO, ello significa que el agua se encuentra contaminada con materia orgánica, disminuyendo el oxígeno necesario para la vida acuática normal” (Valladares, *et al*; 1996).

Igualmente la gráfica N° 4.11, evidencia que el aceite palma fue el que supone menor medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

#### 4.3.11 Evaluación de D.Q.O. (Demanda química de oxígeno)

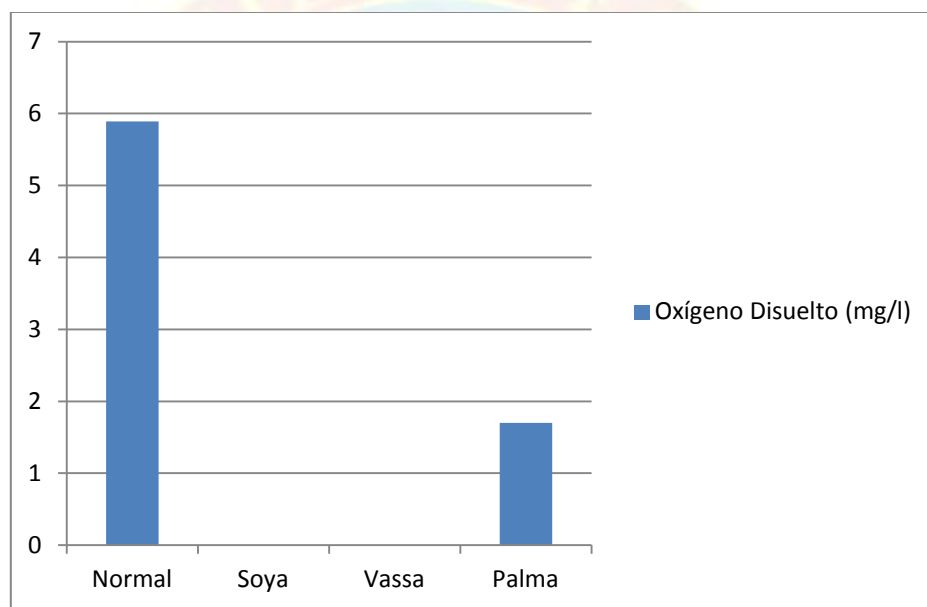


**Gráfica N° 4.12. D.Q.O del agua normal y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

La D.Q.O de un agua residual es, por lo general, mayor que la D.B.O, porque es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química, que biológicamente. En muchos tipos de aguas es posible correlacionar la D.Q.O con la D.B.O, ello puede resultar muy útil porque la D.Q.O puede determinarse en tres horas, comparado con los 5 días que supone la D.B.O. El ensayo de la D.Q.O se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto en las aguas naturales, como en las residuales. (Metcalf ; 1977)

De la gráfica N° 4.12, se observa que el agua normal se encuentra dentro de norma, es decir, por debajo de los 350 mg/l establecidos en el decreto 883, pero sin embargo las aguas contaminadas con los fluidos de perforación se encuentran, al igual que la D.B.O, fuera de norma porque exceden el rango máximo establecido. Siendo de estos, el aceite soya el que presenta mayor número de compuestos que se oxidan por vía química.

#### 4.3.12 Evaluación de O.D. (Oxígeno disuelto)



**Gráfica N° 4.13. O.D de las muestras de aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

La presencia de oxígeno disuelto en agua, produce un medio oxidante y juega un papel de gran importancia en la solubilización o insolubilización de iones que cambian con facilidad de valencia así como con la actividad de los microorganismos. Su ausencia produce un medio llamado anaerobio. Se consume con facilidad si existen sustancias oxidables, tales como materia orgánica, en especial por acción biológica. (Cabrera, *et al.* 1995)

Este parámetro fue uno de los más importantes de estudio, debido a que la presencia de oxígeno en el agua, favorece la vida de las especies que en ella se encuentren. En la gráfica N° 4.13, se observa una notable disminución del oxígeno disuelto en el agua normal hasta las aguas con agregados de fluidos de perforación. Comprobándose que las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite de soya y base aceite vassa, no presentaron oxígeno disuelto, a diferencia del aceite palma donde aun se pudo determinar este parámetro.

Esta disminución de los valores de oxígeno, es ocasionada por el consumo de este elemento por parte de los organismos heterotróficos durante el proceso de oxidación de la materia orgánica.

#### 4.3.13 Evaluación de la cantidad de camarones vivos por pecera

**Tabla N° 4.10. Porcentaje de camarones vivos en cada pecera**

Pecera	% Camarones vivos
Normal	100
Base aceite Vassa	0
Base aceite de Soya	0
Base aceite de Palma	100

Al finalizar el bioensayo, transcurridos las 96 horas reglamentarias, según lo señalado por Metcalf y Eddy (1995) se observó, tal como se muestra en la tabla N° 4.10, que en las peceras que contenían agua normal y agua contaminada con el fluido de perforación base aceite de palma, estaban vivos el 100% de los individuos de camarones (*Caridina multidentata*) sometidos a estas condiciones, afianzando el hecho de que estos dos ecosistemas aun contenían en su composición oxígeno disuelto indispensable para la vida de estos individuos.

Por el contrario, se observó que en las peceras que contenían el agregado de los fluidos de perforación base aceite de soya y base aceite vassa, se produjo el deceso del 100% de los camarones (*Caridina multidentata*), y fue precisamente en estos dos ecosistemas, donde no hubo presencia de oxígeno disuelto.

La falta de oxígeno en los ecosistemas obedeció al comportamiento de los fluidos de perforación al entrar en contacto con los ecosistemas acuáticos, donde el fluido base aceite vassa se mezcló con el agua dando apariencia de turbiedad y con poca presencia de una capa flotante de aceite. (figura 4.3)



**Figura N° 4.3. Características visuales del ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite vassa.**

A su vez, el ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite de soya, aunque generó menos turbiedad del agua, formó en la parte superior una capa flotante blanquecina, de densidad apreciable parecida a una nata, que impidió parcialmente el contacto del agua con el aire exterior. (figura 4.4)



**Figura N° 4.4. Características visuales del ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite soya.**

Por último, el ecosistema contaminado con fluido de perforación base aceite de palma generó poca turbiedad del agua y trazas de aceite esparcidas en superficie permitiendo el contacto del agua con el aire exterior. (figura N° 4.5).



**Figura N° 4.5. Características visuales del ecosistema contaminado con el fluido de perforación base aceite palma.**

#### 4.3.14 Evaluación estadística de los parámetros químicos de las aguas no contaminadas y contaminadas con los fluidos de perforación base aceite

Tal como se mencionó en la metodología, se hizo un análisis estadístico de los parámetros químicos de las aguas en estudio, a través del método de Friedman, en el cual se organizó los parámetros químicos de pH, cloruros, nitritos y sulfatos (tabla N° 4.11). Luego se asignaron los rangos desde 1 para el menor hasta 4 para el mayor (tabla N° 4.12) y por último se realizaron las comparaciones múltiples de cada uno de los rangos (tabla N° 4.13)

**Tabla N° 4.11. Aguas y parámetros.**

Muestras	pH	Cloruros	Nitritos	Sulfatos
Normal	7,6	21,03	9	77,5
Soya	7,3	20	0,275	58,7
Vassa	6,6	26,3	0,275	56,8
Palma	6,5	28,7	0	56,8

**Tabla N° 4.12. Rangos asignados a los parámetros.**

Muestras	Ph	Cloruros	Nitritos	Sulfatos
Normal	1	3	2	4
Soya	2	3	1	4
Vassa	2	3	1	4
Palma	2	3	1	4
<b>R</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>16</b>

**Tabla N° 4.13. Comparaciones múltiples de la prueba de Friedman**

Diferencia de suma de rangos	No significativo (<) Significativo(>)	$Z_{\left(\frac{\alpha}{k(k-1)}\right)} \sqrt{\frac{NK(K+1)}{6}}$
$R_1 - R_2 = 7 - 12 = 5$	<	7,77
$R_1 - R_3 = 7 - 5 = 2$	<	7,77
$R_1 - R_4 = 7 - 16 = 9$	>	7,77
$R_2 - R_3 = 12 - 5 = 7$	<	7,77
$R_2 - R_4 = 12 - 16 = 4$	<	7,77
$R_3 - R_4 = 5 - 16 = 11$	>	7,77

Analizando las tablas se puede resaltar que no existieron diferencias significativas en el comportamiento químico de las aguas, con respecto a los parámetros:

- pH y cloruros.
- pH y nitritos.
- Cloruros y nitritos.
- Cloruros y sulfatos.

Peró, existieron diferencias significativas en el comportamiento químico de las aguas con respecto a los parámetros:

- pH y sulfatos.
- Nitritos y sulfatos.

La variable más resaltante desde el punto de vista del comportamiento químico fue los sulfatos y la menos resaltante fueron los nitritos.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Debido a que la densidad obtenida, fue igual a la densidad esperada (9 lpb), se afirma que los cálculos de volúmenes y mezclados de aditivos se realizaron de manera correcta.
- Los parámetros como pH, nitritos, sulfatos, cloruros, aceites y grasas y sólidos sedimentables, estuvieron dentro de los rangos establecidos por el decreto 883. En las aguas contaminadas y sin contaminar con los fluidos de perforación base aceite.
- Los parámetros no normados como la temperatura y la conductividad eléctrica, no representaron ninguna amenaza para la supervivencia de los camarones (*Caridina multidentata*).
- Los parámetros de D.B.O (demanda bioquímica de oxígeno) y D.Q.O (demanda química de oxígeno) de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación, se excedieron de los rangos establecidos por el decreto 883, y por ende se consideran a estas aguas, fuera de norma.
- El oxígeno disuelto solo estuvo presente en las muestras del agua sin contaminar y del agua contaminada con el fluido de perforación base aceite de palma esterificado.
- La variable más resaltante químicamente fue los sulfatos, teniendo diferencia significativa con el pH y con los nitritos.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar una comprobación manual de los resultados obtenidos durante el balance de masas.
- Para el uso de los aceites vegetales de soya y palma se debe realizar el proceso de esterificación.
- Se debe respetar el orden y tiempo de mezclado de los aditivos empleados en la formulación de los fluidos de perforación 100% aceite para así garantizar una óptima activación de cada uno de ellos.
- Medir la densidad como parámetro fundamental para la comprobación de que los cálculos y mediciones de los volúmenes de aditivos fueron realizados correctamente.
- Para futuros estudios, aplicar concentraciones más bajas de fluidos de perforación base aceite, a la empleada en este ensayo, con la finalidad de establecer la máxima concentración que no represente un alto impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos, para evitar que las aguas queden fuera de norma, según el decreto 883.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAIS Y LINDEN. (1990). BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. EDITORIAL MASSON. SEGUNDA EDICIÓN. BARCELONA.
- ARIAS F. (2006). EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. EDITORIAL EPISTEME. CUARTA EDICIÓN. CARACAS - VENEZUELA.
- BAKER HUGHES INTEQ (1998). MANUAL DE INGENIERÍA DE FLUIDOS. EDITORIAL CIENTÍFICO. PRIMERA EDICIÓN. HOUSTON - EEUU.
- CABRERA A. (1995). CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN UN CAMPO EXPERIMENTAL HORTÍCOLA EN EL ESTADO DE YUCATÁN. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO.
- CIED PDVSA. (2002). MANUAL DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN. CARACAS – VENEZUELA.
- CISTERNA P. (2005). ELIMINACIÓN DE GRASAS Y ACEITES POR TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE FANGOS ACTIVOS. UNIVERSIDAD DE OVIEDO. DPTO INGENIERÍA QUÍMICA Y TECNOLOGÍAS DEL MEDIO AMBIENTE. ESPAÑA.
- DELGADO Y CEQUEA (2011). DETERMINACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DEL FLUIDO BASE ACEITE MINERAL UTILIZADO EN LA PERFORACIÓN DEL HOYO DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA NORTE DE MONAGAS. TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE MONAGAS.
- DOMÍNGUEZ J. (2010). RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS PARA REDUCIR EL IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE DE LA ACTIVIDAD PETROLERA EN EL ECUADOR. QUITO – ECUADOR.

EATON, CLESCERI Y GREENBERG (1995). STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 19 EDICIÓN.

FERREIRA Y MARÍN (2011). EVALUACIÓN DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERAN LOS BUQUES PETROLEROS EN LA ZONA DE ALGODONES Y PUNTA DE MANGLE, EL GUAMACHE, ESTADO NUEVA ESPARTA. TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE MONAGAS.

GARCÍA R., GARCÍA M Y CAÑAS. (1994) NITRATOS, NITRITOS Y COMPUESTOS DE N-NITROSO. REVISTA DE CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGÍA HUMANA Y SALUD. (PUBLICADO: 13-PP 19-27)

LA ENCICLOPEDIA LIBRE. (2007). [PÁGINA WEB EN LÍNEA]. DISPONIBLE EN ES.WIKIPEDIA.ORG

LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE (2006). [PÁGINA WEB EN LÍNEA] DISPONIBLE EN WWW.MARN.GOV.VE

LEY PENAL DEL AMBIENTE (1995). GACETA OFICIAL N° 5.021, (18 DE DICIEMBRE DE 1995).

MARTÍNEZ, ALVARADO Y SENIOR (2001). ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA BAJA Y PLUMA DEL RÍO MANZANARES. (PUBLICADO, REVISTA INTERCIENCIAS, VOL. 26, NÚMERO 008) CARACAS.

METCALF E. (1977). TRATAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES. EDITORIAL LABOR, S.A. PRIMERA EDICIÓN. MADRID.

METCALF E. (1995). INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. EDITORIAL MC GRAW HILL. TERCERA EDICIÓN. MADRID.

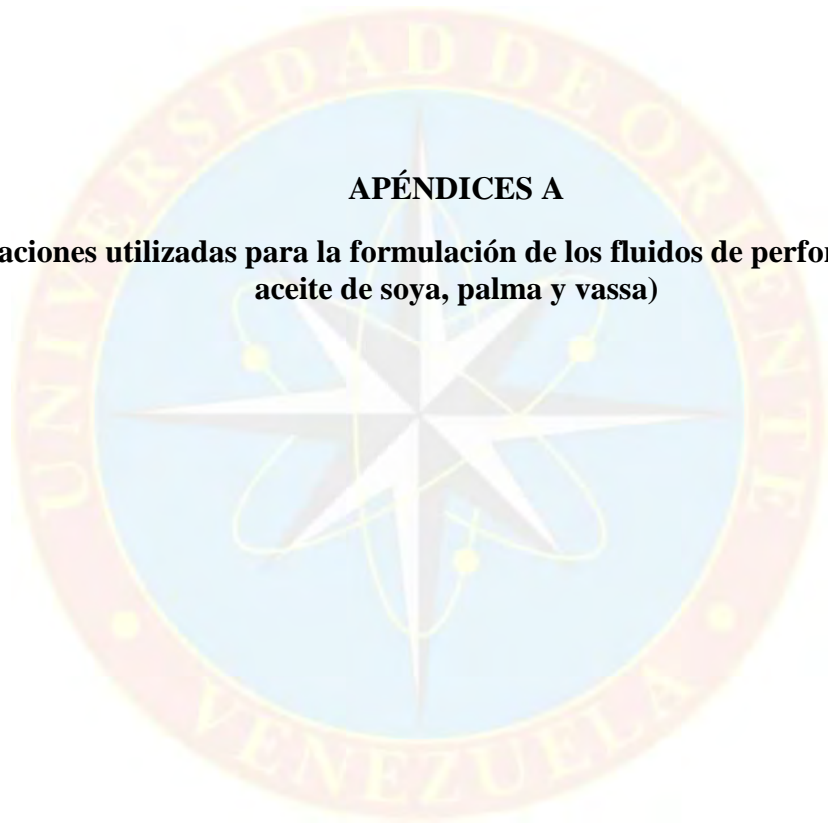
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE (2010). ESTUDIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS ESTUDIOS HÍDRICOS EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO. TOMO III. CALIDAD DE AGUA.
- MONASTERIOS Y RIVAS (2010). FORMULACIÓN DE UN FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE, VASSA-ACEITE DE SOYA (GLYCINE MAX). TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE MONAGAS.
- PACHECO J. (2004). DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LOS SISTEMAS MUNICIPALES DEL ABASTECIMIENTO EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO. (PUBLICADO, REVISTA INGENIERÍA, VOL. 8. MÉXICO).
- PASQUINI ANDREA (2004). GEOQUÍMICA DE RÍOS DE MONTAÑA EN LAS SIERRAS PAMPEANAS II, EL RÍO LOS REARTES, SIERRA DE COMENCHIGONES, PROVINCIA DE CÓRDOBA. (PUBLICADO, REVISTA DE LA ASOCIACIÓN GEOLÓGICA ARGENTINA, VOL. 59).
- RODRÍGUEZ Y URGELLES (2007). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN POZOS CRIOLLOS DEL MUNICIPIO MOA. (PUBLICADO, REVISTA MINERÍA Y GEOLOGÍA, VOL. 23, CUBA).
- SCAPINI MARÍA (2005). CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT. ARGENTINA.
- SILVA A. (2007). TODO SOBRE EL MUNDO DE LAS GAMBAS. [PÁGINA WEB EN LÍNEA].  
DISPONIBLE EN [WWW.ACUAGAMBA.NET](http://WWW.ACUAGAMBA.NET)
- VALLADARES M. (1996). ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL QUE DESCARGA AL RÍO ATOYAC: COMUNIDADES, ONG, E INVESTIGADORES UNIDOS. MÉXICO.
- ZAMBRANO, E (1993). MANUAL DE METODOLOGÍAS UTILIZADAS POR LOS LABORATORIOS AMBIENTALES. PRIMERA EDICIÓN. CARACAS.



## **APÉNDICES**

## **APÉNDICES A**

**(Ecuaciones utilizadas para la formulación de los fluidos de perforación base  
aceite de soya, palma y vassa)**



**Apéndice A.1.** Ecuaciones utilizadas para el balance de masa realizado para el cálculo de volúmenes de los aditivos de los fluidos.

- **Calculo de densidad, volumen y masa de los aditivos:**

$$\rho = G.E \times \rho_{\text{agua}} \quad (3)$$

$$V = \frac{c \times Vt}{\rho} \quad (4)$$

$$M = c \times Vt \quad (5)$$

- **Balance de masa:**

$$V_T = V_A + V_B + V_C + V_D + V_E + V_F \quad (6)$$

$$V_T * \rho_T = V_A * \rho_A + V_B * \rho_B + V_C * \rho_C + V_D * \rho_D + V_E * \rho_E + V_F * \rho_F \quad (7)$$

$$V_{\text{ADITIVOS}} = \frac{V_T * \text{Concentracion Aditivo}}{GE_{\text{ADITIVO}} * 8,33 * 42} \quad (8)$$

- **Conversiones utilizadas en el laboratorio:**

1 barril = 350 ml

Para efectos del laboratorio se considera: 1 libra = 1 gramo





## APÉNDICES B

(Ecuaciones utilizadas para la el cálculo de parámetros de la calidad de agua)

**Apéndice B.1.** Ecuación para determinar nitritos.

$$NO_2 = \frac{Y-B}{A} = PPM NO_2 \quad (9)$$

Donde:

- Y= % Absorbancia
- B= 0,035
- A= 0,04

**Apéndice B.2.** Ecuación para determinar Sulfatos.

$$SO_4 = \frac{Y-B}{A} = PPM SO_4 \quad (10)$$

Donde:

- Y= % Absorbancia
- B=0,01
- A=0,008

**Apéndice B.3.** Ecuaciones utilizadas para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno.

$$D.Q.O = \frac{\text{Blanco} - \text{muestra} * N * 8000}{\text{ml muestra (100ml)}} \quad (11)$$

$$N = \frac{0,25 * \text{ml } K_2Cr_2O_7}{\text{ml standard}} \quad (12)$$

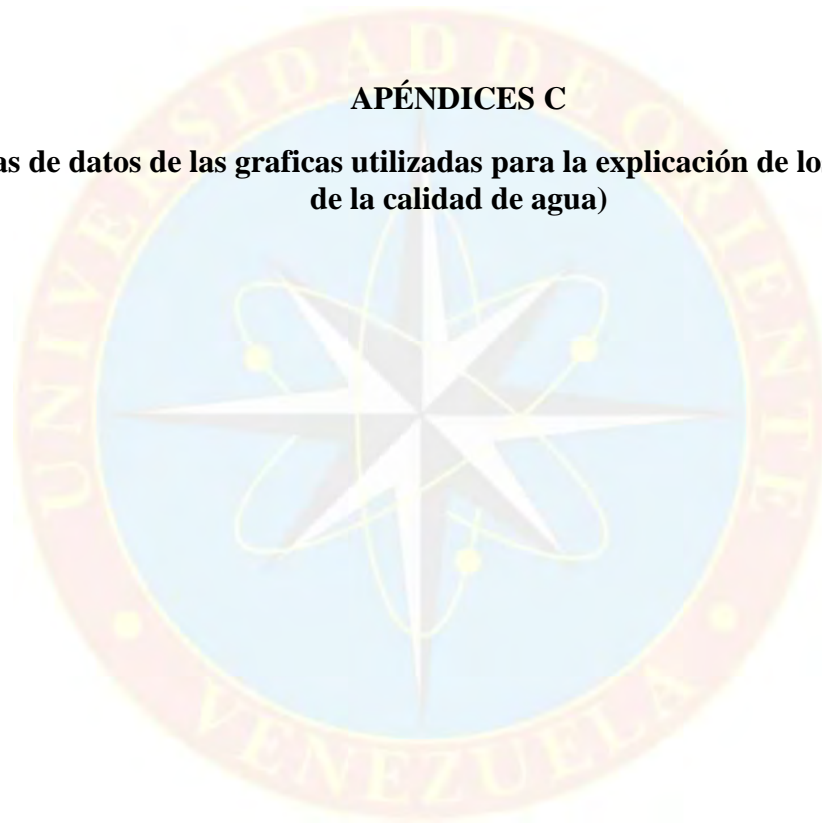
Donde:

- N=Normalidad del Sulfato ferroso amoniacal.



## APÉNDICES C

(Tablas de datos de las graficas utilizadas para la explicación de los parámetros de la calidad de agua)



### Apéndice C.1. Evaluación del pH

**Tabla C.1: pH del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	Ph	Decreto 883	
		Rango Mínimo	Rango Máximo
Normal	7,6	6	9
Soya	7,3	6	9
Vassa	6,6	6	9
Palma	6,5	6	9

### Apéndice C.2. Evaluación de la Temperatura.

**Tabla C.2: Temperatura del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	Temperatura (°C)
Normal	22,4
Soya	22,4
Vassa	22,4
Palma	22,4

### Apéndice C.3. Evaluación de los cloruros

**Tabla C.3: Cloruros del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

<b>Muestra de Agua</b>	<b>Cloruros (mg/l)</b>	<b>Rango Máximo (Decreto 883) (mg/l)</b>
Soya	20	1000
Vassa	26,3	1000
Normal	21,03	1000
Palma	28,7	1000

**Apéndice C.4. Evaluación de los nitritos**

**Tabla C.4: Nitritos del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

<b>Muestra de Agua</b>	<b>Nitritos (mg/l)</b>	<b>Rango Máximo (Decreto 883) (mg/l)</b>
Normal	9	10
Soya	0,275	10
Vassa	0,275	10
Palma	0	10

**Apéndice C.5. Evaluación de los sulfatos**

**Tabla C.5: Sulfatos del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	Sulfatos (mg/l)	Rango Máximo (Decreto 883) (mg/l)
Normal	77,5	1000
Soya	58,7	1000
Vassa	56,8	1000
Palma	56,8	1000

**Apéndice C.6. Evaluación de la dureza**

**Tabla C.6: Dureza del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	Dureza (ppm)	Rango (ppm)			
		Agua Blanda	Agua Moderadamente Dura	Agua dura	Agua Muy Dura
Normal	152	<75	75-150	150-300	>300
Soya	106	<75	75-150	150-300	>300
Vassa	130	<75	75-150	150-300	>300
Palma	80	<75	75-150	150-300	>300

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

### Apéndice C.7. Evaluación de la conductividad eléctrica

**Tabla C.7: Conductividad eléctrica del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	Conductividad Eléctrica (mS/cm)
Normal	101,9
Soya	59,5
Vassa	65,3
Palma	50,7

### Apéndice C.8. Evaluación de los sólidos sedimentables

**Tabla C.8: Sólidos sedimentables del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Rango Máximo (Decreto 883) (mg/l)
Normal	0,1	1
Soya	0,1	1
Vassa	0,1	1
Palma	0,1	1



**Apéndice C.9.** Evaluación de los aceites y grasas

**Tabla C.9:** Aceites y grasas del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.

<b>Muestra de Agua</b>	<b>Aceites y Grasas (Recuperado) (mg/l)</b>	<b>Rango Máximo, Decreto 883 (Aplicado) (mg/l)</b>
Normal	0	0
Soya	19,94	20
Vassa	11,78	20
Palma	19,99	20

**Apéndice C.10.** Evaluación del DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

**Tabla C.10:** DBO del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.

<b>Muestra de Agua</b>	<b>DBO (mg/l)</b>	<b>Rango Máximo (Decreto 883) (mg/l)</b>
Normal	38,7	60
Soya	434	60
Vassa	589	60
Palma	341	60

**Apéndice C.11.** Evaluación del DQO (Demanda Química de Oxígeno)

**Tabla C.11: DQO del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	D.Q.O (mg/l)	Rango Máximo (Decreto 883) (mg/l)
Normal	51	350
Soya	3110	350
Vassa	2208	350
Palma	2626	350

**Apéndice C.12. Evaluación del OD (Oxígeno Disuelto)**

**Tabla C.12: OD del agua sin contaminar y de las aguas contaminadas con los fluidos de perforación base aceite.**

Muestra de Agua	O.D (mg/l)
Normal	5,89
Soya	0
Vassa	0
Palma	1,7



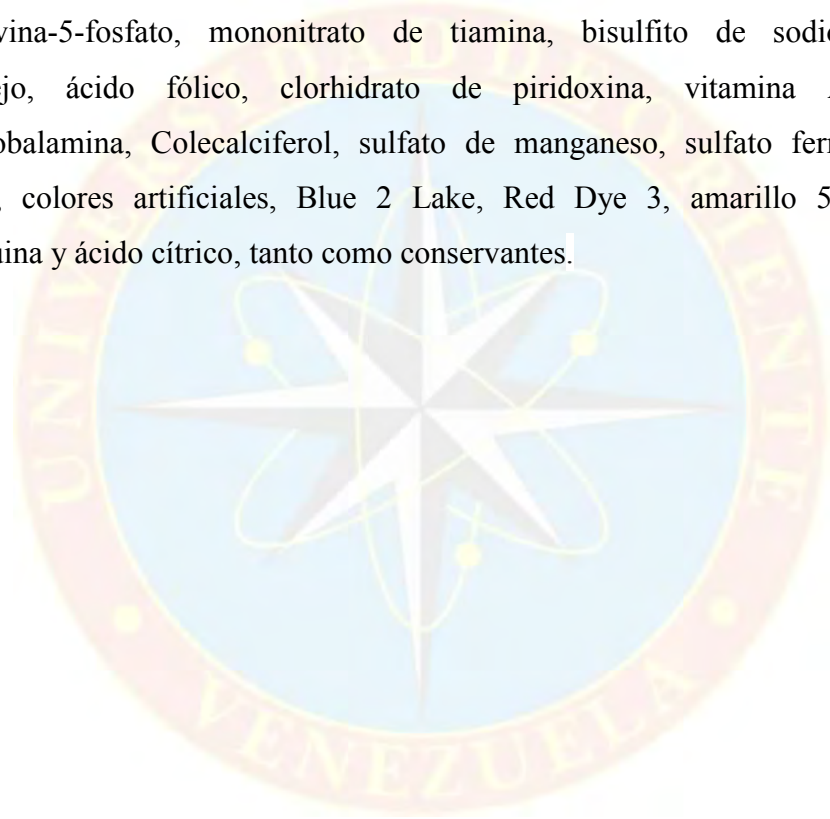
**APÉNDICES D**

**(El Ensayo)**

## **Apéndice D.1.** Características composicional del alimento de los camarones

### Ingredientes:

Harina de Pescado, Arroz de tierra, levadura seca, harina de camarón, harina de avena de alimentación, gluten de trigo, aceite de soya, aceite de pescado, gluten de maíz, harina de algas, sorbitol, lecitina, proteínas de patata, ácido ascórbico, inositol, niacina, L-ascorbilo-2-polifosfato, a-tocoferol acetato-, D-pantotenato de calcio, riboflavina-5-fosfato, mononitrato de tiamina, bisulfito de sodio menadiona complejo, ácido fólico, clorhidrato de piridoxina, vitamina A palmitato, cianocobalamina, Colecalciferol, sulfato de manganeso, sulfato ferroso, Cobalto sulfato, colores artificiales, Blue 2 Lake, Red Dye 3, amarillo 5, amarillo 6, etoxiquina y ácido cítrico, tanto como conservantes.



**Tabla D.2.** Estatutos para la toma de muestras.

Determinación	Envase	Tamaño mínimo de muestra (ml)	Preservación	Almacenamiento máximo	
				Recomendado	Regulado por EPA
D.B.O	P,V	1000	Refrigerado	6h	48h
D.O.O	P,V	100	Añada H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2	7d	28d
Aceite y Grasas	V( boca ancha)	1000	Añada H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2 Refrigere.	28d	28d
Dureza	P,V	100	Añadir HN0 <sub>3</sub> a pH<2	6meses	6meses
Nitritos	P,V	100	Refrigere o congele a -20 °C		48h
Sulfatos	P,V		Refrigerado	28d	28d
Oxigeno disuelto	V, Botella D.B.O	300	Analizar inmediatamente	0,5 h	1 h
Temperatura	P,V		Analizar inmediatamente		
pH	P,V		Analizar inmediatamente	2 h	2h
Sólidos	P,V		Refrigerado	7 d	7h-14d

Fuente: Standard Methods for the examination of water and wastewater. (1985)

**P= Plástico**

**V= Vidrio**



**APÉNDICES E**  
**(Memoria Fotográfica)**



**Figura E.1. Mezcladores Mixer.**



**Figura E.2. Peso de aditivos en la Balanza Digital.**



**Figura E.3. Viscosímetro rotativo Fann.**



**Figura E.4. Montaje de los ecosistemas para la adaptación de los camarones “caridina multidentata”.**





**Figura E.5. Contaminación de los ecosistemas con los fluidos de perforación.**



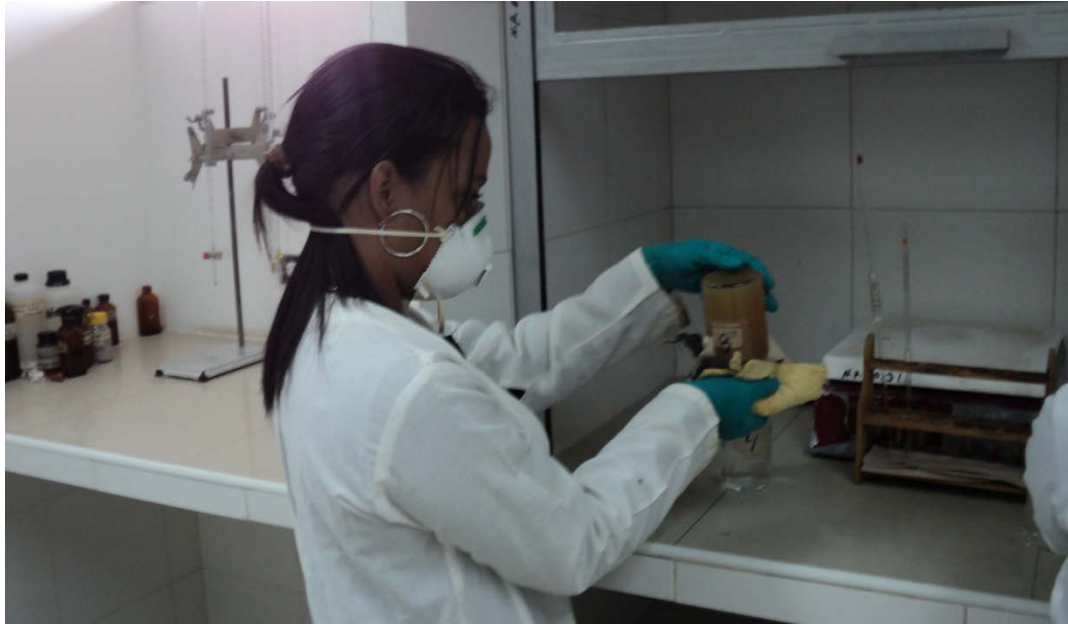
**Figura E.6. Contaminación de los ecosistemas con los fluidos de perforación.**



**Figura E.7. Ecosistemas contaminados.**



**Figura E.8. Material para la recolección de muestras.**



**Figura E.9. Determinación del DBO.**



**Figura E.10. Determinación del DBO.**



**Figura E.11. Titulaciones para determinar DBO.**



**Figura E.12. Distribución de las muestras para las repeticiones.**



**Figura E.13. Determinación de la D.Q.O**



**Figura E.14. Determinación de sólidos sedimentables.**



**Figura E.15. Conos de plástico y vidrio, para la determinación de sólidos sedimentables, con sus respectivas muestras.**



**Figura E.16. Freezer de preservación de las muestras.**



**Figura E.17. Determinación de Nitritos.**



**Figura E.18. Determinación de aceites y grasas.**



**Figura E.19. Determinación de aceites y grasas.**



**Figura E.20. Distribución de las muestras y repeticiones para los análisis.**





**Figura E.21. Titraciones.**



**Figura E.22. Colocación de los tubos de ensayo en la centrifugadora.**



**Figura E.23. Medidor de dureza.**



**Figura E.24. Camarones (*Caridina multidentata*) muertos, por el fluido de perforación base aceite Vassa.**



**Figura E.25. Camarones (*Caridina multidentata*) muertos, por el fluido de perforación base aceite soya.**

**HOJA DE METADATOS**  
**para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6**

<b>Título</b>	<b>EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN AGUAS GENERADO POR LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE DE SOYA Y PALMA.</b>
<b>Subtítulo</b>	

**Autor(es):**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Velásquez Mata Julio César	<b>CVLAC</b>	C.I: 16.627.786
	<b>e-mail</b>	jcv_mata@hotmail.com
Ruiz Villegas Marielvis del Carmen	<b>CVLAC</b>	C.I: 15.894.406
	<b>e-mail</b>	marielvis9@hotmail.com

**Palabras o frases claves:**

Impacto ambiental
Fluidos de perforación
Aguas contaminadas
Aceite soya
Aceite palma

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
TECNOLOGÍA APLICADAS	CIENCIAS PETRÓLEO

### Resumen (Abstract):

Dentro de la industria petrolera, son pocos los estudios asociados a la evaluación del impacto ambiental generado por los fluidos de perforación. Estos impactos pueden ser ocasionados por eventos no rutinarios como un derrame de los fluidos de perforación base aceite. En tal sentido, se realizó un estudio sobre la evaluación del impacto ambiental generado por los fluidos de perforación base aceite de soya y base aceite palma para compararlos con el base aceite vassa, tomando como referencia los parámetros establecidos en el decreto 883, sección III, art. 10, de las descargas a cuerpos de aguas. Del cual se obtuvo que al aplicar 20 mg/l de cada fluido, los parámetros de pH, nitritos, sulfatos, sólidos sedimentables, cloruros y aceites y grasas se encontraron dentro del rango permisible, mientras que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) se excedieron del rango establecido, clasificando a las aguas como fuera de norma. Asimismo, los parámetros no normados de temperatura y conductividad eléctrica, no representaron ningún riesgo para la supervivencia de los camarones “*caridina multidentata*” utilizados como bioindicador, a excepción del oxígeno disuelto (OD) que al no estar presente en las aguas de fluidos de perforación base aceite de soya y vassa, produjo la muerte del 100% de los camarones, mientras que en el ecosistema sin contaminar y el ecosistema contaminado con fluido de perforación base aceite de palma, se mantuvo el 100% de los camarones vivos. La variable más resaltante químicamente fue los sulfatos, teniendo diferencia significativa con el pH y con los nitritos.

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Vega Rubén	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 10.100.632
	e-mail	rvgas@udo.edu.ve
	e-mail	
Gamboa María E.	ROL	CA <input checked="" type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 15.323.035
	e-mail	Mariaestherjaam817@hotmail.com
	e-mail	
Bello Noris	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 4.714.349
	e-mail	norisbello@cantv.net
	e-mail	
Rivero César	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 5.553.689
	e-mail	riveroc_@hotmail.com
	e-mail	

**Fecha de discusión y aprobación:**

Año	Mes	Día
2012	05	15

**Lenguaje:** spa

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

### Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS VELASQUEZ Y RUIZ	Docx

### Alcance:

Espacial: \_\_\_\_\_ (opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

---

Nivel Asociado con el trabajo: **INGENIERÍA**

---

### Área de Estudio:

**INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

---

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

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE MONAGAS**

---

---

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU Nº 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 Nº 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.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNELA**  
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 Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

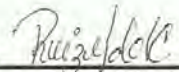
JABC/YGC/maruja



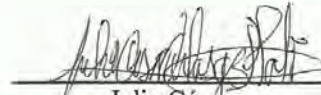
## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

### Derechos:

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009):** “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.



Marielvis del Carmen  
Ruiz Villegas  
**AUTORA**



Julio César  
Velásquez Mata  
**AUTOR**



Msc. Ing. Rubén Vega  
**TUTOR**