



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

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO MODIFICADOR
REOLÓGICO A BASE DE LÁTEX DEL ÁRBOL DE CAUCHO (*Hevea
brasiliensis*) UTILIZANDO ALEVINES (*Poecilia reticulata*) COMO
BIOINDICADORES**

**REALIZADO POR:
CLEMENTE ANTONIO IBARRA ZARAGOZA**

**Trabajo Especial de Grado Presentado como Requisito Parcial para Optar
al Título de:
INGENIERO DE PETRÓLEO**

MATURÍN, AGOSTO DEL 2019



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

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO MODIFICADOR
REOLÓGICO A BASE DE LÁTEX DEL ÁRBOL DE CAUCHO (*Hevea
brasiliensis*) UTILIZANDO ALEVINES (*Poecilia reticulata*) COMO
BIOINDICADORES**

**REALIZADO POR:
CLEMENTE ANTONIO IBARRA ZARAGOZA
C.I. 25.661.994**

REVISADO POR:



ING. JESÚS OTAHOLA
Asesor Académico

MATURÍN, ENERO DEL 2020



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

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO MODIFICADOR
REOLÓGICO A BASE DE LÁTEX DEL ÁRBOL DE CAUCHO (*Hevea
brasiliensis*) UTILIZANDO ALEVINES (*Poecilia reticulata*) COMO
BIOINDICADORES**

REALIZADO POR:
CLEMENTE ANTONIO IBARRA ZARAGOZA

C.I. 25.661.994

APROBADO POR:


ING. JESÚS OTAOLA

Asesor Académico


ING. HORTENSIA CALZADILLA

Jurado Principal


ING. MARTHA ESPINOZA

Jurado Principal

MATURÍN, ENERO DEL 2020

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente: Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrían ser utilizados a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participará al consejo universitario para su aprobación.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios que me iluminó en todo este recorrido para superar todas las dificultades y adversidades de la mejor manera posible.

A mis padres, Clemente Antonio Ibarra Pérez, que es paz descanse, y Milagros Josefina Zaragoza Mata que siempre hacen lo mejor para mí y que me dieron en todo momento su apoyo incondicional, aconsejándome y guiando mis pasos para que fuera una persona de valores íntegros.

A mis familiares, primos y tios, que siempre me brindaron su apoyo hasta en los momentos más difíciles y fueron como padres y hermanos para mí.

A mis abuelos Estela Mata (QEPD) y Antonio Ibarra que siempre me brindaron su cariño y con los que pasé muy buenos momentos.

A mis amigos que me apoyaron para superar varios obstáculos durante mis estudios y que vivimos todo tipos de experiencias juntos.

Ibarra Zaragoza, Clemente Antonio

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con Dios por brindarme la fortaleza, paciencia y sabiduría necesaria para obtener este logro tan importante para mí.

A mis padres Clemente Antonio Ibarra Pérez (QEPD) y Milagros Josefina Zaragoza Mata, por todo su apoyo y cariño que me brindaron y que de no ser por ustedes no sé donde estaría. Siempre me dieron lo mejor y son una parte fundamental para mi desarrollo personal.

A mis familiares, primos y tías, que velaron por mi educación apoyándome con el transporte, libros, copias y con importantes consejos que me ayudaron a lidiar con varios problemas a lo largo de la carrera.

A los profesores de la Universidad de Oriente, por sus enseñanzas y orientación a lo largo de este tiempo. Al profesor Jesús Otahola que como asesor fue parte fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos con los que compartí grandes momentos y que siempre entre nosotros nos manteníamos motivados para seguir luchando por nuestras metas.

Ibarra Zaragoza, Clemente Antonio

INDICE

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE	vii
LISTA DE GRÁFICAS	x
LISTAS DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES	2
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
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1 Fluidos de perforación.....	6
2.2.2 Funciones del fluido de perforación.....	7
2.2.3 Aditivos de los fluidos de perforación.....	7
2.2.4 Látex.....	9
2.2.5 Árbol de caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	9
2.2.6 Toxicidad.....	10
2.2.7 Bioindicadores.....	11
2.2.8 Ensayos de toxicidad.....	12
2.2.9 Ensayos biológicos.....	12
2.2.10 <i>Poecilia reticulata</i>	13
2.2.11 Bases y normativas legales relacionadas con la investigación.....	13
2.2.11.1 Ley Orgánica del Ambiente publicada en gaceta oficial (2006).....	13
2.2.11.2 Decreto 883. Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.	14
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
CAPÍTULO III	16
MARCO METODOLÓGICO	16
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17

3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	17
3.4.1 Caracterización del aditivo modificador reológico a base de látex del árbol de caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>).	17
3.4.2 Determinación del efecto del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la calidad del agua y la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i>	18
3.4.3 Evaluación de la biotoxicidad del aditivo a base de látex, mediante la determinación de la dosis letal media (DL ₅₀), utilizando alevines de <i>Poecilia reticulata</i> como bioindicadores.....	20
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	20
3.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	20
3.5.1.1 Revisión bibliográfica.....	20
3.5.1.2 Entrevistas no estructuradas.....	20
3.5.1.3 Observación directa	21
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos	21
3.6 RECURSOS	22
3.6.1 Recursos humanos	22
3.6.2 Recursos materiales	22
3.6.2 Recursos económicos.....	22
CAPÍTULO IV	23
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	23
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ADITIVO MODIFICADOR REOLÓGICO COMERCIAL Y EL ADITIVO DESARROLLADO A BASE DE LÁTEX EXTRAÍDO DEL ÁRBOL DE CAUCHO	23
4.2 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ADITIVO MODIFICADOR REOLÓGICO A BASE DE LÁTEX SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA MORFOLOGÍA DE LOS ALEVINES DE <i>POECILIA RETICULATA</i>	25
4.2.1 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la calidad del agua.....	25
4.2.1.1 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la dureza cálcica del agua	25
4.2.1.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre los cloruros del agua	27
4.2.1.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre el pH del agua	28
4.2.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i>	29
4.2.2.1 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,00 % V/V de látex	30

4.2.2.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,25 % V/V de látex	31
4.2.2.3 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,50 % V/V de látex	31
4.2.2.3 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,75 % V/V de látex	32
4.2.2.3 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 1,00 % V/V de látex	33
4.3 EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DEL ADITIVO A BASE DE LÁTEX, MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA (DL ₅₀), UTILIZANDO ALEVINES DE <i>Poecilia reticulata</i> COMO BIOINDICADORES.....	34
CAPÍTULO V.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
5.1 CONCLUSIONES.....	39
5.2 RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÉNDICES.....	44
HOJAS METADATOS.....	59

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica N° 4.1 Dosis letal media (DL ₅₀) del látex del árbol de caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>) aplicado sobre los bioindicadores alevines de <i>Poecilia reticulata</i>	38

LISTAS DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 4.1 Características del aditivo modificador reológico a base de látex.....	23
Tabla N° 4.2 Análisis de varianza para la dureza cálcica del agua contenida en los acuarios por concentración del látex y del tiempo.....	26
Tabla N° 4.3 Pruebas de múltiples rangos para la dureza por concentración del látex y tiempo	27
Tabla N° 4.4 Análisis de varianza para los cloruros del agua contenida en los acuarios por concentración del látex y del tiempo	28
Tabla N° 4.5 Análisis de varianza para el pH del agua contenida en los acuarios por concentración del látex y del tiempo.....	28
Tabla N° 4.6 Pruebas de múltiples rangos para el pH por concentración del látex y tiempo	29
Tabla N° 4.7 Características anatómicas externas de los alevines <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,00 % V/V (prueba de control) del látex	30
Tabla N° 4.8 Características anatómicas externas de los alevines de <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,25 % V/V del látex.....	31
Tabla N° 4.9 Características anatómicas externas de los alevines <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,50 % V/V del látex.....	32
Tabla N° 4.10 Características anatómicas externas de los alevines <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 0,75 % V/V del látex.....	33
Tabla N° 4.11 Características anatómicas externas de los alevines <i>Poecilia reticulata</i> sometidos a la concentración de 1,00 % V/V del látex.....	34
Tabla.N°.4.12.Total de alevines de <i>Poecilia reticulata</i> muertos por concentración de látex del árbol de caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)	36
Tabla N° 4.13 Totales y promedios de alevines de <i>Poecilia reticulata</i> muertos a diferentes concentraciones de látex de árbol de caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)	37



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

**EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DE UN ADITIVO MODIFICADOR
REOLÓGICO A BASE DE LÁTEX DEL ÁRBOL DE CAUCHO (*Hevea brasiliensis*)
UTILIZANDO ALEVINES (*Poecilia reticulata*) COMO BIOINDICADORES**

Autores:

Clemente Antonio, Ibarra Zaragoza
C.I.: 25.661.994
Octubre del 2019

Asesor Académico:

Ing. Jesús Otahola

RESUMEN

Esta investigación se enfocó en la determinación del nivel de toxicidad de un aditivo a base de látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores con el objetivo de demostrar cuáles fueron los efectos toxicológicos que este aditivo ocasionó sobre un medio acuático. Primeramente, se caracterizó la muestra de látex obtenida al hacer un corte transversal de un árbol de caucho, donde se estudiaron propiedades como densidad, porcentaje de sólidos y líquidos, pH, dureza, cloruros, apariencia y color. Luego este aditivo fue utilizado en pruebas biotxicológicas a nivel de laboratorio, empleando pruebas de calidad del agua, estudiando las propiedades del agua como pH, cloruros y dureza cálcica durante el tiempo transcurrido del ensayo toxicológico (96 horas). También se evaluaron las características morfológicas de los bioindicadores al someterlos a diferentes concentraciones del aditivo modificador reológico a base de látex y se determinó la dosis letal media (DL_{50}) mediante una relación de la cantidad de muertes ocurridas durante el ensayo toxicológico y las diferentes concentraciones del aditivo modificador reológico a base de látex, donde se determinó que 7500 mg/L es la dosis de látex que causa la muerte de la mitad de las especies. Permitiendo considerar que el aditivo modificador reológico a base de látex no es una sustancia peligrosa de acuerdo con las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), por poseer un nivel toxicológico dentro del rango establecido para productos no peligrosos ($DL_{50} \geq 100$ mg/L).

Descriptor: Látex, Toxicidad, Bioindicadores, Dosis letal media, Ensayos toxicológicos

INTRODUCCIÓN

A la hora de perforar un pozo, la industria petrolera usa fluidos de perforación que proporcionan control de las presiones de formación, estabilidad a las paredes del hoyo, una formación de revoque para controlar el filtrado, un buen acarreo de cortes a la superficie, limpieza y enfriamiento de la mecha de perforación; con el objetivo de obtener una perforación del hoyo lo más segura posible. (Baker Hugges, 2006). Los fluidos de perforación pueden ser a base de agua, usados en formaciones someras, a base de aceite para formaciones profundas; ya que soportan altas temperaturas, y se les puede modificar sus propiedades mediante aditivos para mejorar el control de filtrado, modificar su reología, aumentar su alcalinidad, entre otros. (API, 2001)

Durante las actividades de perforación pueden existir derrames de los fluidos de perforación o de aditivos que al entrar en contacto con el ambiente pueden generar daños graves al agua, suelo y a la biodiversidad existente en ese ecosistema, pudiendo ocasionar cambios en las propiedades del agua y muerte de la flora y fauna. Por esta razón, es importante evaluar que tan tóxico pueden ser los aditivos usados en los fluidos de perforación para evitar o reducir el daño que pueden causar al ambiente. En base a esto, se determinó cuál es la toxicidad del látex aplicado como un aditivo modificador reológico de los fluidos de perforación 100 % aceite, determinando su dosis letal media (DL_{50}) al estar en contacto con animales acuáticos usados como bioindicadores como son los alevines de *Poecilia reticulata*, mediante ensayos toxicológicos y evaluando sus cambios morfológicos en el transcurso del ensayo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más significativos que tiene la industria petrolera son los derrames, bien sea de crudos, fluidos de perforación o de aditivos, lo que ha generado daños ambientales en el ecosistema como muerte o cambios físicos en los animales afectados y cambio en las propiedades del agua al entrar en contacto con estos fluidos.

A través del tiempo los efectos de las contaminaciones pueden ir acumulándose provocando un mayor desequilibrio en el ecosistema, por esto se han realizado estudios analizando los fluidos de perforación y sus aditivos, conociendo sus propiedades y características para tener un mejor control al usarlos y así mitigar el daño que puedan generar al ecosistema. También se busca la obtención de aditivos elaborados de productos naturales que puedan usarse en los fluidos de perforación para modificar sus propiedades, hacerlo más eficiente en las actividades de perforación y que generen un menor impacto ambiental, para que puedan ser usados como sustitutos de aditivos que tengan un mayor grado de toxicidad.

En relación a esto, surgió la necesidad de evaluar la biotoxicidad del látex de árbol de caucho aplicado como aditivo modificador reológico en fluidos de perforación, con el objetivo de determinar qué tan nocivo es sobre cuerpos de agua y especies que se encuentren en ellos, cercanos al proceso de perforación de pozos petroleros como son los alevines de *Poecilia reticulata* utilizados como bioindicadores.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la biotoxicidad de un aditivo modificador reológico a base de látex utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el aditivo modificador reológico a base de látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*).
- Determinar el efecto del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la calidad del agua y la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*.
- Evaluar la toxicidad del aditivo modificador reológico a base de látex mediante la determinación de la dosis letal media (DL₅₀), utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la industria petrolera muchas veces no se consideran los efectos contaminantes que generan sus actividades al ambiente y al pasar el tiempo esos daños se están notando cada vez más y van ocasionando efectos irreversibles al ecosistema. Debido a esto se ha incorporado el criterio ambiental en las políticas de planificación de las actividades de la industria petrolera para que se genere un cambio positivo para los seres vivos y el ambiente.

La importancia de tener un control de calidad de los fluidos y aditivos utilizados a la hora de realizar la perforación radica en ayudar a prevenir la

contaminación y disminuir el impacto ambiental que se puedan generar al entrar en contacto con el ambiente como puede ser la extinción de los animales y propagación de enfermedades.

Es por esto, que esta investigación se enfocará en evaluar la toxicidad de un aditivo modificador reológico a base de látex a través de ensayos toxicológicos utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores, con el fin de indicar cualquier cambio morfológico generados por diferentes concentraciones del aditivo y a su vez determinar la dosis letal media (DL_{50}) para observar en qué concentraciones habría un efecto más nocivo sobre los peces y calidad de agua, determinando si el aditivo es aplicable desde el punto de vista ambiental.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ramirez, A. (2015). “Biotoxicidad de la glicerina de aceite residual de maíz (*Zea mays*) aplicada como humectante en fluidos de perforación 100% aceite mineral”. En este trabajo el autor determinó el grado de toxicidad de la glicerina extraída del aceite residual de maíz (*Zea mays*), obteniendo la glicerina a través de un proceso de alcoholisis para luego caracterizarla y determinar la densidad, gravedad específica, pH, solubilidad y punto de inflamación. Posteriormente procedió a utilizar el aditivo en pruebas biotxicológicas para determinar a nivel de laboratorio el grado de toxicidad y el impacto que podría ocasionar en el ambiente, a través del uso de unas especies que estuvieron sometidas a distintas concentraciones del aditivo para así determinar el promedio de mortalidad en función a la concentración y la dosis letal media (DL₅₀) concentración a la cual acontece la muerte de la mitad de las especies. Para finalizar, comparó la glicerina obtenida del aceite de maíz con la glicerina comercial, la cual se sometió a las mismas pruebas, donde evaluó tanto las características físicas y químicas como los niveles de toxicidad de las mismas. Como conclusión estableció que la glicerina comercial fue más tóxica que la glicerina extraída del aceite de maíz.

Esta investigación aportó conocimientos, técnicas y el procedimiento utilizado para realizar el ensayo de toxicidad necesario para determinar la dosis letal media (DL₅₀) del aditivo en estudio.

Aguilera, Y. y Vivas, G. (2016). “Evaluación de la biotoxicidad del éster de aceite de piñón utilizando alevines de *Petenia splendida* como bioindicadores”. En este trabajo los autores utilizaron alevines de *Petenia splendida* para determinar la dosis letal media (DL₅₀) del éster de piñón y el efecto que ejerce sobre la especie en estudio. Para esto, utilizaron un procedimiento experimental a nivel de laboratorio, donde emplearon pruebas de calidad de agua, evaluarón las características anatómicas de los bioindicadores al someterlos a diferentes concentraciones del éster y de esta manera determinaron la dosis letal media, relacionando la mortalidad y la concentración del éster de aceite de piñón aplicado, lo cual, arrojó una dosis letal media de 5000 ppm permitiendo considerar al éster de aceite de piñón como una sustancia no peligrosa según las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), ya que posee un nivel toxicológico dentro del rango establecido para productos no peligrosos (DL₅₀ ≥ 100 mg/L). Concluyeron que el éster de aceite piñón en concentraciones menores a su DL₅₀ en cuerpos de agua dulce no afecta la composición físico-química del agua, ni a los organismos vivientes que puede estar en ella, ya que esto depende de la concentración a la cual se exponga.

El aporte de esta investigación estuvo relacionado con la metodología aplicada para realizar la caracterización del aditivo modificador reológico y los ensayos experimentales de una forma más eficiente.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Fluidos de perforación

El fluido de perforación, puede ser cualquier sustancia o mezcla de sustancias que pueden estar en forma de suspensiones de sólidos, mezclas, y emulsiones de fluidos, gases y sólidos, que tienen propiedades físicas y químicas apropiadas de acuerdo a la zona a perforar. El fluido de perforación no debe ser tóxico, corrosivo,

ni inflamable, pero sí inerte a las contaminaciones de sales solubles o minerales y estable a altas temperaturas. Además, debe de cumplir con los requerimientos específicos para un área en particular y así garantizar el éxito de la perforación. (PDVSA- CIED, 2002)

2.2.2 Funciones del fluido de perforación

Las funciones del fluido de perforación describen las tareas que son capaces de desempeñar aunque algunas de éstas no sean esenciales es cada pozo. Aunque el orden de importancia es determinado por las condiciones del pozo y las operaciones en curso, API (2001) establece que las funciones más comunes del fluido de perforación son las siguientes:

- Retirar los recortes del pozo y controlar las presiones de la formación.
- Suspender y descargar los recortes generados por la mecha.
- Obturar las formaciones permeables y mantener estabilidad del hoyo
- Minimizar los daños al yacimiento y el impacto ambiental.
- Enfriar y lubricar la mecha y sarta de perforación.
- Transmitir la energía hidráulica a las herramientas.
- Asegurar una evaluación adecuada de la formación y facilitar la cementación.

2.2.3 Aditivos de los fluidos de perforación

Los aditivos son sustancias utilizadas para modificar las propiedades de los fluidos de perforación, con la finalidad de hacerlos más eficientes durante las actividades de perforación y entre los más utilizados se pueden citar:

- **Densificantes:** son materiales no tóxicos ni peligrosos de manejar, que se utilizan para incrementar la densidad del fluido y en consecuencia, controlar la presión de la formación y los derrumbes que ocurren en aquellas áreas que fueron tectónicamente activas. (PDVSA- CIED, 2002)
- **Viscosificantes:** son agregados a los fluidos para mejorar su habilidad de remover los sólidos perforados y suspender el material densificante durante la perforación de un pozo aunque no todos van a brindar una limpieza efectiva y económica del hoyo, y tampoco se hallan totalmente a salvo de las interferencias mecánicas y químicas del medio ambiente. (PDVSA- CIED, 2002)
- **Emulsificantes:** son sustancias utilizadas para producir una emulsión de dos líquidos que no son miscibles entre si y se pueden dividir, según su comportamiento, en agentes iónicos y no iónicos, y su función principal es de estabilizar la mezcla aceite-agua ya que estas sustancias son solubles tanto en agua como en aceite. (API, 2001).
- **Controladores de filtrado:** estos aditivos incrementan la viscosidad de la fase líquida y se adhieren alrededor de las partículas de arcillas, causando un taponamiento mecánico de la formación que permite reducir el filtrado de la fase líquida del fluido hacia la formación. (PDVSA-CIED, 2002)
- **Agente humectante:** es una sustancia o composición que, al ser agregada a un líquido, aumenta la dispersión del líquido sobre una superficie o la penetración del líquido dentro de un material, es decir, un agente tensioactivo que reduce la tensión interfacial y el ángulo de contacto entre un líquido y un sólido. Esto hace que el líquido se extienda sobre la superficie del sólido. (API, 2001)
- **Dispersantes:** estos aditivos producen inicialmente defloculación para luego dispersar y separar las partículas permitiendo su fraccionamiento y acumulación de sólidos finos. (PDVSA-CIED, 2002)

- **Modificadores reológicos:** es un aditivo utilizado para mejorar la habilidad del fluido de perforación para transportar los recortes de la formación a la superficie y suspenderlos en caso de una parada de circulación del fluido. (Baker Hugges, 2006)

2.2.4 Látex

El látex es un líquido lechoso, generalmente de color blanco, a veces amarillo, anaranjado o rojo, que fluye de las heridas de muchas plantas, como las *euforbias*, la *celidonia* y las *asclepiadaceae*. Sin embargo autores como Font (2001), consideran que es un líquido acuoso con sustancias emulsionadas como la resina, el caucho y que contiene azúcares, gomas y pequeñas cantidades de albuminoides y alcaloides.

Según Torres (1999), la composición química del látex es la siguiente:

- Agua 52 a 70%
- Hidrocarburos de caucho 27 a 40%
- Prótidos 1,5 a 2,8%
- Resinas 1 a 1,7%
- Azúcares y quebrachitol 0,5 a 1,5%
- Materias minerales 0,2 a 0,9%

2.2.5 Árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*)

Eraso y Torres (2006) describen la estructura del árbol de caucho (*Hevea Brasiliensis*) de la siguiente manera:

Raíz: tiene una raíz principal bastante larga pivotante y pocas raíces secundarias que son superficiales y de gran longitud.

Tallo: la base del tallo es cilíndrico en plantas injertadas y es cónico si procede de semilla, en él se encuentran los vasos conductores y lactíferos que están inclinados cinco grados de derecha a izquierda en forma descendente, distribuidos en la corteza con una mayor concentración hacia el cambium.

Hojas: tiene 3 folíolos que son de color cobre cuando están recién formadas y verde oscuro cuando maduran, sin embargo después de cinco años de edad, el árbol se despoja de sus hojas por un corto periodo al año.

Flores: es una inflorescencia de color amarillo dispuesta en dicasio cónico con numerosas flores femeninas solitarias en el extremo de las ramillas primarias y las masculinas en racimos de varias flores en las secundarias y terciarias.

Fruto: es una cápsula de tres celdas con una semilla en cada una. Es dehiscente, cuyo fenómeno ocurre con un estallido característico, lanzando las semillas a gran distancia.

2.2.6 Toxicidad

La toxicidad es la capacidad inherente a un agente químico de producir un efecto nocivo sobre los organismos vivos. Para que la toxicidad se manifieste se requiere la interrelación de tres elementos: un agente químico capaz de producir un efecto, un sistema biológico con el cual el agente pueda interactuar para producir el efecto, un medio a través del cual el agente y el sistema biológico puedan entrar en contacto e interactuar. Para referirse a la toxicidad de las sustancias es clásico utilizar las dosis precisas para producir la muerte tras una sola exposición, es decir para

originar una intoxicación aguda letal. Esta dosis letal (DL) se calcula por experimentación con suficiente número de animales para obtener valores de significación estadística; así se calculan la DL mínima, que mata a un solo individuo, la DL-50 o dosis necesaria para matar el 50% de los animales de experimentación. (Fernícola y Jauge, 1985)

2.2.7 Bioindicadores

Un bioindicador o indicador biológico es la especie que señala la condición del ambiente en el que vive. Los bioindicadores 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 ambiente. Así mismo, pueden indicarnos la intensidad de un problema. La disminución o aumento de las especies escogidas como indicadores, permiten determinar los cambios que ha sufrido su ambiente. Una alta variedad de especies significa que hay buenas condiciones de salud del ecosistema, cuando hay contaminación la diversidad disminuye. (Almeida, *et al*, 2014)

Según Almeida, *et al* (2014) los bioindicadores sirven para:

- Determinar la salud de un determinado ecosistema: un ecosistema es saludable cuando encontramos diversidad.
- Determinar la variación: los cambios abruptos en un ecosistema revelan problemas.
- Diagnosticar condiciones anormales: si las condiciones originales cambian, unas especies se reproducen con la mayor intensidad y en cambio otras tienden a desaparecer.

- Identificar las causas de los cambios: observando el comportamiento de diferentes especies es posible entender el origen de los cambios.

2.2.8 Ensayos de toxicidad

Los ensayos de toxicidad son utilizados para proporcionar datos cualitativos y cuantitativos sobre los efectos perjudiciales que causan las sustancias en determinados organismos y a través de estos ensayos se puede determinar la dosis letal media (DL_{50}) que es la concentración letal para el 50 % de los individuos expuestos a alguna sustancia, permitiendo evaluar el potencial de daño en un medio ambiente acuático y estimando el riesgo asociado dentro de una situación para un tóxico específico en donde también se toma en cuenta las variaciones de temperatura, cloruros, pH, alcalinidad y dureza del agua. Los organismos que se utilizan para estos ensayos deben ser altamente sensibles a los tóxicos para establecer las concentraciones seguras para ellos y garantizar la protección de todo el ecosistema. (Rand y Petrocelli, 1985)

2.2.9 Ensayos biológicos

Son herramientas de diagnóstico adecuadas para determinar el efecto de agentes físicos y químicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales específicas y controladas donde los efectos determinados pueden ser tanto de inhibición como de magnificación, evaluados por la reacción de los organismos, tales como muerte, crecimiento, proliferación, multiplicación, cambios morfológicos, fisiológicos o histológicos, y pueden manifestarse a diferentes niveles, desde estructuras subcelulares o sistemas de enzimas, hasta organismos completos, poblaciones o comunidades. (Castillo, 2004)

2.2.10 *Poecilia reticulata*

La *Poecilia Reticulata*, más conocida como Guppy, es un pez ovovivíparo de la familia *Poeciliidae*. Es originario de Trinidad, Barbados, Venezuela y norte de Brasil. En el mundo de la acuariofilia es uno de los ejemplares más populares debido a que no necesita unos cuidados exigentes y se reproduce con muchísima facilidad. (Fernandez, 2014)

Lasso y Sanchez (2004) describen a los especímenes machos con una coloración muy vistosa y de diferentes colores sin un patrón definido con un tamaño de 40 mm; mientras que las hembras no tienen manchas de ningún tipo y tienen un tamaño de 50 mm. Establecen que la *Poecilia reticulata* tienen una alimentación onnivora, es decir, que alimentan de detritos, pequeños insectos, microcrústaceos y algas; y se pueden encontrar por las islas del Caribe como en las Antillas Holandesas, islas de Venezuela, Trinidad y Tobago. Barbado, Saint Thomas, Antigua y vertiente Caribe de Venezuela.

2.2.11 Bases y normativas legales relacionadas con la investigación

2.2.11.1 Ley Orgánica del Ambiente publicada en gaceta oficial (2006)

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

- Las que directa o indirectamente contaminen o deterioren la atmósfera, agua, fondos marinos, suelo y subsuelo o incidan desfavorablemente sobre las comunidades biológicas, vegetales y animales.
- Las que produzcan alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.
- Las que alteren las dinámicas físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua.

- Otras que puedan dañar el ambiente o incidir negativamente sobre las comunidades biológicas, la salud humana y el bienestar colectivo.

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

Publicado en gaceta oficial (1995), establece:

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

Según el decreto 883 el máximo rango permisible de las aguas aptas de acuerdo a los parámetros físicos- químicos son de 1000 mg/L de cloruros y un pH entre 6 y 9.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

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

Calidad de cuerpo de agua: caracterización física, química y biológica de aguas naturales para determinar su composición y utilidad al hombre y demás ser vivos. (Decreto 883. 1995, p.1)

Contaminación: liberación o introducción al ambiente de materia, en cualquiera de sus estados, que ocasiona modificación al ambiente en su composición natural o la degrade. (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, p. 5)

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

Desarrollo sustentable: proceso de cambio continuo y equitativo para lograr el máximo bienestar social, mediante el cual se procura el desarrollo integral, con fundamento en medidas apropiadas para la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras. (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, p. 6)

Dosis letal media (DL₅₀): dosis de un agente o sustancia, calculada estadísticamente, que se espera que mate al 50 % de los organismos de una población bajo un conjunto de condiciones definidas. (Repetto y Sanz, 1993. p.21).

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

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

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Arias, (2012):

La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. (p.26)

Por lo tanto el tipo de investigación que se desarrolló fue de tipo explicativa, debido a que se explicó, mediante resultados que se obtuvieron en ensayos de laboratorio, cuáles son los efectos toxicológicos que causaron, diferentes concentraciones de un aditivo modificador reológico a base de látex, sobre una especie utilizada como bioindicador (*Poecilia reticulata*) donde se determinó el grado de toxicidad de dicho aditivo para fluidos de perforación.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Arias, (2012) expresa que la investigación experimental es: “un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. (p.33)

El diseño de esta investigación es de tipo experimental, ya que se evaluaron los efectos que tiene el aditivo modificador reológico a base de látex (variable

independiente) sobre la mortalidad de los peces alevines de *Poecilia reticulata* (variable dependiente) mediante ensayos toxicológicos utilizando diferentes concentraciones del aditivo.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental estuvo conformado por una matriz de bloques al azar $a \times b$, donde “a” representará el número de tratamientos (5), conformados por concentraciones del aditivo modificador reológico a base de látex (0 %; 0,25 %; 0,50 %; 0,75 % y 1 % v/v) donde se determinó su efecto sobre alevines de la especie *Poecilia reticulata*, determinando el número de alevines muertos por dosis y considerando un número de 4 repeticiones “b”, para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Para el desarrollo del ensayo, se colocaron 10 alevines de *Poecilia reticulata* en 20 acuarios a los cuales se les adicionaron las concentraciones del aditivo modificador reológico, representando la variable independiente, donde se evaluó su efecto sobre las variables dependientes como la mortalidad de alevines, dureza, cloruros y pH del agua contenida en los acuarios, y paralelamente se describieron los cambios morfológicos ocasionados en los alevines. Luego se determinó la toxicidad del aditivo modificador reológico mediante el valor de la dosis letal media (DL_{50}).

3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.4.1 Caracterización del aditivo modificador reológico a base de látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*).

Para esta etapa se procedió a la obtención del látex en forma líquida de árboles de *Hevea brasiliensis* ubicados en la hacienda Sarrapial (PDVSA La Estancia, Av.

Alirio Ugarte Pelayo, elevado Boquerón Municipio Maturín estado Monagas), mediante la realización de un corte sobre el tronco de los árboles con un ángulo aproximado de 45°, a una altura de 1 metro, y de una longitud de 15 centímetros, considerando una profundidad de corte de 1 centímetro, como lo recomienda Fedecaicho (2002).

Luego se caracterizó el látex extraído mediante la determinación de propiedades como la gravedad específica regida por las normas ASTM D 854-14, cloruros, porcentaje de sólidos y líquidos con la retorta; y la dureza bajo la norma API RP 13B-1, por último el pH se determinó con la norma COVENIN 2462:2002 mediante el uso de pH-metro digital, así como su apariencia y color mediante observación directa.

3.4.2 Determinación del efecto del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la calidad del agua y la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*.

Para llevar a cabo esta etapa, se contó con especímenes sanos que desempeñaron una función como bioindicadores, para ello se acudió al este de la ciudad de Maturín, en el río Guanipa, donde se capturaron 200 alevines de *Poecilia reticulata*. Para evitar el maltrato y aturdimiento de los peces, la recolección se efectuó mediante una malla, trasladándolos luego a un contenedor de plástico. Los alevines se dejaron contenidos en un tanque por un período de 24 horas en condiciones de laboratorio.

Para la realización del estudio se prepararon 20 recipientes de vidrio (acuarios) de una capacidad de 3 litros, donde se adicionaron 2,5 litros de agua en cada uno. Previamente los recipientes fueron identificados y enumerados de acuerdo a los grupos y concentraciones utilizados en cada uno de ellos y la conexión de la bomba aireadora se realizó mediante mangueras de siliconas flexibles con conexiones de

plástico tipo T a fin de garantizar una distribución de aire (oxígeno) homogéneo en todos los acuarios.

Luego se introdujeron en cada uno de los recipientes 10 alevines de *Poecilia reticulata* y se agregaron diferentes concentraciones de látex (0; 0,25; 0,50; 0,75; 1 % V/V) haciendo esto con 4 repeticiones para cada concentración considerando que los recipientes de vidrio fueron ubicados al azar a fin de que las condiciones de luz y aire afecten lo menos posible los resultados.

Este ensayo tuvo un periodo de duración de 96 horas, donde se tomaron muestras de agua de los diferentes acuarios a las 24, 48, 72 y 96 horas, con el objetivo de obtener información de la toxicidad en el agua, a través de la medición de parámetros físicos y químicos de la misma, entre los cuales destacan el pH, el cual se determinará con el pHmetro digital, como también se midieron: el contenido de cloruros, que se obtuvo mediante titulación usando como agente valorante el nitrato de plata y como indicador cromo potásico, por último la dureza; determinada a través de una titulación con indicador de negro de eriocromo y como agente valorante el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Todas estas propiedades fueron medidas a través de la norma API RP13B-1

Adicionalmente, se observaron los cambios en las características externas de los alevines de *Poecilia reticulata*, como son el nado, pigmentación, movimiento de aletas y cambios morfológicos, al ser sometidos a las diferentes concentraciones del látex (0; 0,25; 0,50; 0,75 y 1 % V/V) supervisando cada una de las características en períodos de tiempos establecidos de 24, 48, 72 y 96 horas.

3.4.3 Evaluación de la biotoxicidad del aditivo a base de látex, mediante la determinación de la dosis letal media (DL₅₀), utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores.

Simultáneamente, durante el ensayo se procedió a evaluar la biotoxicidad del aditivo a base de látex, mediante un control de la mortalidad de los alevines a través de un conteo a las 24, 48, 72 y 96 horas, lo que permitió establecer, mediante el gráfico de concentración con respecto al promedio de peces muertos por concentración, la dosis letal media (DL₅₀) o concentración que causará la muerte de la mitad de los bioindicadores.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Según Arias. (2012), “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. (p.67).

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

3.5.1.1 Revisión bibliográfica

Para la ejecución de la investigación se realizó la búsqueda de información en libros de diferentes autores, trabajos previos y publicaciones pertinentes al tema.

3.5.1.2 Entrevistas no estructuradas

Se buscó asesoría con ingenieros, profesores y personal debidamente calificado y asociado al tema a desarrollar, con la finalidad de adquirir la mejor información posible para el desarrollo óptimo de la investigación, así como para la realización del

análisis y la interpretación de sus resultados, y establecimiento de las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

3.5.1.3 Observación directa

Según Arias. (2012), la observación directa “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad” (p.69).

Para la realización de esta investigación, la técnica que se utilizó es la de observación directa de los resultados relacionados con el conteo de alevines muertos y las pruebas para determinar la calidad de agua, así como también los posibles cambios en las características externas de los peces (pigmentación, movimiento de aletas, nado, morfología).

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Arias (2012), indica que: “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.68). Los instrumentos que se utilizaron para llevar a cabo el desarrollo de la investigación fueron: dispositivos de almacenaje de información digital como por ejemplo pendrive, cámara fotográfica, hojas, tablas de recolección de datos, entre otros.

3.6 RECURSOS

3.6.1 Recursos humanos

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo por un estudiante, el cual recibió el apoyo del personal docente del Departamento de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.

3.6.2 Recursos materiales

Los recursos materiales que fueron requeridos para la realización de esta investigación son:

- El uso de agentes valorantes como ácido etilendiaminotetracético (EDTA) y nitrato de plata, como indicadores cromato de potasio y negro de eriocromo.
- Materiales e instrumentos como: phmetro, termómetro, cilindro graduado de 10 mL, pipeta, bureta, matraz aforado, matraz erlenmeyer, vasos de precipitados, paleta, embudo de cristal, acuarios, peces, bombas, líneas de oxígeno.

3.6.2 Recursos económicos

Los recursos económicos utilizados para esta investigación, fueron aportados por el autor de esta investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ADITIVO MODIFICADOR REOLÓGICO COMERCIAL Y EL ADITIVO DESARROLLADO A BASE DE LÁTEX EXTRAÍDO DEL ÁRBOL DE CAUCHO

Para este objetivo se recolectó el látex haciendo un corte a nivel del tronco del árbol de caucho *Hevea brasiliensis*, eliminando la corteza exponiendo los vasos laticíferos, permitiendo que la planta dejara fluir el líquido lechoso al canal de recolección. Una vez obtenido el látex del árbol de caucho, se realizó su caracterización con el fin de conocer algunas de sus características.

Tabla N° 4.1 Características del aditivo modificador reológico a base de látex

Características	Látex
Densidad a 25°C	1,00 g/mL
% de líquido	92
% de sólidos	8
pH a 25 °C	5,68
Contenido de cloros (mg/L)	100
Contenido de calcio (mg/L)	80
Apariencia	Líquida
Color	Marfil

En la tabla 4.1 se puede observar que la densidad del látex determinada a una temperatura de 25 °C fue de un 1,00 g/mL, el cual es un valor cercano a lo que expresa Torres (1999) que indica que el látex tiene una densidad comprendida entre 0,973 g/mL y 0,979 g/mL; resultante de los pesos específicos del suero (1,02) y las partículas de caucho en suspensión (0,91). Esto indica que la muestra de látex en

estudio tiene un mayor peso específico en su fase continua a lo expuesto por Torres (1999) (1,02) y es por esto que la muestra tiene una densidad mayor a 0,979 g/mL (1,00 g/mL).

De igual manera se puede observar que el látex presentó un 92 % de líquido (agua y aceite) y un 8 % de sólidos (gomas), coincidiendo con lo indicado por Torres (1999), que manifiesta que el látex está compuesto químicamente por agua, hidrocarburos de caucho, prótidos, resinas, azúcares y materias minerales.

El látex presentó un pH de 5,68 determinado a una temperatura de 25° C, clasificándose como una sustancia ácida de acuerdo la escala de pH propuesta por Lauritz (1909), por ser menor a 7, sin embargo, se debe considerar que, al ser una sustancia ácida podría afectar las condiciones neutras del agua y los organismos que estén presentes en ella. De igual manera API (2001) indica que los ácidos o las bases pueden alterar el pH de los desechos de perforación, ocasionando la muerte de animales y plantas; perturbando inmediatamente el ecosistema.

Se observa que el valor de los cloruros de la muestra de látex es de 100 g/mL colocándola como un líquido dulce como lo indica Payeras (2011) que explica que en las aguas dulces se pueden encontrar cantidades de cloruros entre 10 y 250 mg/l, aunque también pueden haber valores mayores. La dureza de la muestra de látex resultó de 80 g/mL situándola como un líquido ligeramente duro según la organización mundial de la salud (2003) como se muestra en el apéndice A.

Por observación directa se tiene que el látex presentó una apariencia líquida y un color marfil caracterizado por lo azúcares, albuminoides y alcaloides presentes en él, como lo indicado Font (2001), quien adicionalmente describe al látex como un líquido lechoso de color blanco, amarillo naranja o rojo.

4.2 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL ADITIVO MODIFICADOR REOLÓGICO A BASE DE LÁTEX SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA MORFOLOGÍA DE LOS ALEVINES DE *POECILIA RETICULATA*

4.2.1 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la calidad del agua

Durante el ensayo toxicológico se procedió a realizar un estudio de las propiedades del agua (dureza, cloruros, pH) en donde se observaron sus cambios en el transcurso del ensayo, al ser sometidas a diferentes tratamientos del aditivo modificador reológico a base de látex (0 %, 0,25 %, 0,50%, 0,75 % y 1 %) V/V.

4.2.1.1 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la dureza cálcica del agua

En la tabla 4.2 correspondiente al análisis de varianza de dos factores (concentración y tiempo), realizado para los valores de dureza cálcica obtenidos de las muestras de agua provenientes de los acuarios con diferentes concentraciones de látex (0 %, 0,25 %, 0,50%, 0,75 % y 1 %) V/V, se puede observar que el valor-P, respecto a la concentración aplicada del aditivo modificador reológico, fue menor a 0,05 (0,0085); indicando que este factor tiene un efecto significativo sobre la dureza cálcica del agua. Mientras que el valor-P para el factor del tiempo fue de 0,4053; el cual fue mayor a 0,05 indicando que el tiempo del ensayo no causó un efecto significativo sobre la dureza cálcica del agua, con un 95 % de nivel de confianza.

Tabla N° 4.2 Análisis de varianza para la dureza cálcica del agua contenida en los acuarios por concentración del látex y del tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Concentración	5120,0	4	1280,0	3,70	0,0085
B:Tiempo	1020,0	3	340,0	0,98	0,4053
RESIDUOS	24880,0	72	345,556		
TOTAL (CORREGIDO)	31020,0	79			

Para las pruebas de múltiples rangos de la dureza con respecto a la concentración, se puede observar en la tabla 4.3 que existen dos grupos homogéneos indicando que hubo un aumento en la dureza a medida que se incrementaba la concentración del aditivo modificador reológico en los acuarios, debido a que el látex presenta 80 mg/L de calcio en su composición como se pudo determinar en la caracterización físico química de este aditivo (tabla 4.1). Mientras que con respecto al tiempo solo hay un grupo homogéneo por lo cual, no hay variación significativa de la dureza mientras aumenta el tiempo.

Se puede observar que la dureza durante el ensayo está comprendida entre 45 y 65 mg/L lo cual clasifica el agua entre blanda y ligeramente dura según la organización mundial de la salud (2003) como se muestra en el apéndice A, sección A.6.1, por lo tanto, estos valores son adecuados para el desarrollo y sobrevivencia de los peces, a menos que sea afectado por otros agentes presentes como lo indica Henandez, *et al.* (2000) que establecen que los alevines de *Poecilia reticulata* resisten sin dificultad aguas moderadamente duras e incluso muy duras.

Tabla N° 4.3 Pruebas de múltiples rangos para la dureza por concentración del látex y tiempo

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	16	45,0	4,64728	X
0,25	16	50,0	4,64728	X
0,5	16	57,5	4,64728	XX
1	16	65,0	4,64728	X
0,75	16	65,0	4,64728	X
Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
96	20	52,0	4,15665	X
24	20	54,0	4,15665	X
72	20	60,0	4,15665	X
48	20	60,0	4,15665	X

4.2.1.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre los cloruros del agua

En la tabla 4.4 se observa el análisis de varianza de dos factores (tiempo y concentración) para los valores de los cloruros obtenidos de las muestras de agua de los acuarios con diferentes concentraciones de látex, donde se puede observar en la que el valor-P, con respecto a la concentración del aditivo modificador reológico, fue de 0,6674 y que el valor-P para el factor del tiempo fue de 0,6528. Ambos valores son mayores que 0,05, por lo cual estos factores no tienen un efecto significativo sobre los cloruros con un 95 % de nivel de confianza.

Cabe destacar que los cloruros se mantuvieron en el rango entre 100 y 300 mg/L lo cual hace referencia a una baja concentración de iones provenientes de sales disueltas en el agua. Según Payeras (2011) indica que las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero que también pueden existir valores superiores. Por lo tanto, es acta para la supervivencia de los alevines; ya que son organismos de agua dulce.

Tabla N° 4.4 Análisis de varianza para los cloruros del agua contenida en los acuarios por concentración del látex y del tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Concentración	2000,0	4	500,0	0,60	0,6674
B:Tiempo	1375,0	3	458,333	0,55	0,6528
RESIDUOS	60500,0	72	840,278		
TOTAL (CORREGIDO)	63875,0	79			

4.2.1.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre el pH del agua

En la tabla 4.5 correspondiente al análisis de varianza de dos factores (tiempo y concentración) de los valores de pH de las aguas de los acuarios contaminados con diferentes concentraciones del aditivo modificador reológico a base de látex, se puede que tanto el valor-P con respecto a la concentración de látex, como con respecto al tiempo fue de 0,0000, indicando así que estos factores tienen un efecto significativo sobre el pH de las aguas con un 95 % de nivel de confianza.

Tabla N° 4.5 Análisis de varianza para el pH del agua contenida en los acuarios por concentración del látex y del tiempo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Concentración	1,01021	4	0,252552	24,60	0,0000
B:Tiempo	1,62792	3	0,542641	52,85	0,0000
RESIDUOS	0,739307	72	0,0102682		
TOTAL (CORREGIDO)	3,37744	79			

Para las pruebas de rangos múltiples de los valores de pH se puede observar en la tabla 4.6 que con respecto a la concentración existen tres grupos homogéneos, indicando que hubo cambios significativos en el pH al aumentar la concentración del látex, en donde se puede apreciar que al aumentar la concentración del látex existe una disminución en pH del agua debido a que el látex es un producto ácido con un pH de 5,68 como se puede observar en la tabla 4.1. Mientras con respecto al tiempo existen tres grupos homogéneos, indicando que hay un aumento del pH al transcurrir el tiempo que pudo ser producido por los desechos de los peces en los acuarios.

Tabla N° 4.6 Pruebas de múltiples rangos para el pH por concentración del látex y tiempo

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	16	7,18562	0,025333	X
0,75	16	7,225	0,025333	X
0,25	16	7,3475	0,025333	X
0,5	16	7,37812	0,025333	X
0	16	7,49937	0,025333	X
Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
24	20	7,185	0,0226585	X
48	20	7,208	0,0226585	X
72	20	7,3775	0,0226585	X
96	20	7,538	0,0226585	X

El pH está entre el rango de 6,5 a 8, el cual es el rango establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2001) como el pH óptimo para la supervivencia de los peces en su habitat.

4.2.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata*

En el ensayo toxicológico los alevines de *Poecilia reticulata* que fueron sometidos a diferentes concentraciones del aditivo modificador reológico a base de

látex (0 %, 0,25 %, 0,50%, 0,75 % y 1 %) V/V, experimentaron cambios en sus características morfológicas (nado, movimiento de aletas color y morfología).

4.2.2.1 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,00 % V/V de látex

Se puede observar en la Tabla 4.7 que los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la prueba de control, donde la concentración de látex fue de 0,00 %, no experimentaron cambios en el nado, pigmentación de la piel, movimientos de aletas ni en su morfología en su estado natural. Correa (2014) indica que los alevines de *Poecilia reticulata* son peces pequeños que no pasan de los 5 cm de longitud estándar, su cuerpo es alargado, poco comprimido y casi cilíndrico, la aleta dorsal es corta y se sitúa por detrás de la mitad del cuerpo; su coloración es muy variable sin embargo las hembras tienen una coloración menos viscosas que los machos. Por lo que se puede tomar en cuenta esta prueba como punto de comparación al momento de someter los alevines de *Poecilia reticulata* a diferentes concentraciones del látex.

Tabla N° 4.7 Características anatómicas externas de los alevines *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,00 % V/V (prueba de control) del látex

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Los peces nadan a buena velocidad	Coloración natural	Movimiento continuo	No presentaron cambios
48	Los peces nadan a buena velocidad	Coloración natural	Movimiento continuo	No presentaron cambios
72	Los peces nadan a buena velocidad	Coloración natural	Movimiento continuo	No presentaron cambios
96	Los peces nadan a buena velocidad	Coloración natural	Movimiento continuo	No presentaron cambios

4.2.2.2 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,25 % V/V de látex

En la tabla 4.8 se puede observar que los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,25 % V/V a las 72 horas del ensayo, mostraron un nado lento en el fondo en comparación al tipo de nado que presentaban los alevines de la prueba de control (0,00 % V/V) que tenían buena velocidad. Tanto en la pigmentación de la piel como en el movimiento de las aletas y los cambios morfológicos, no se observaron cambios en comparación a la prueba de control..

Tabla N° 4.8 Características anatómicas externas de los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,25 % V/V del látex

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Los peces nadan a buena velocidad	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
48	Los peces nadan a buena velocidad	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
72	Nado lento en el fondo	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
96	Nado lento en el fondo	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos

4.2.2.3 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,50 % V/V de látex

En la tabla 4.9 se puede observar que los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a una concentración de 0,50 % del látex, a las 24 mostraron un

comportamiento en el nado en forma de círculo mientras a partir de las 48 horas el comportamiento en el nado fue de un lado a otro en comparación con los alevines de la muestra patrón. Por otro lado, no se mostraron cambios en la pigmentación de la piel, movimientos de aletas ni en su morfología durante el tiempo de la prueba.

Tabla N° 4.9 Características anatómicas externas de los alevines *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,50 % V/V del látex

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Nado en círculo	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
48	Nado de un lado a otro	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
72	Nado de un lado a otro	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
96	Nado de un lado a otro	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos

4.2.2.3 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,75 % V/V de látex

En la tabla 4.10 se puede observar que los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a una concentración de 0,75 % de látex presentaron cambios graduales en el nado, ya que a las 24 horas se observó un nado en círculo, a las 48 horas el comportamiento en el nada era de un lado a otro y a partir de las 72 horas presentaron un nado en la superficie y adormecido comparándolo con el comportamiento de los alevines en la prueba de control.

En la pigmentación de la piel de los alevines, se empieza a observarse que es algo clara a las 48 horas y a partir de las 72 horas la piel tiene una pigmentación clara

comparado con la pigmentación que presentaron los alevines de la prueba de control. En cuanto al movimiento de aletas, a las 72 horas, los alevines tenían un movimiento suave en comparación con los alevines de la prueba de control como también se observó que la membrana de los ojos de los alevines era de color blanco, cambio que no se noto en los alevines que fueron sometidos a concentraciones menores.

Tabla N° 4.10 Características anatómicas externas de los alevines *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 0,75 % V/V del látex

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Nado en circulo	Coloración natural	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
48	Nado de un lado a otro	Coloración natural y algo clara	Movimiento continuo	No hubo cambios morfológicos
72	Nado en la superficie y aletargado	Piel clara	Movimiento suave	Membrana de los ojos emblanquecida
96	Nado en la superficie y aletargado	Piel clara	Movimiento suave	Membrana de los ojos emblanquecida

4.2.2.3 Efectos del aditivo modificador reológico a base de látex sobre la morfología de los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 1,00 % V/V de látex

En la tabla 4.11 se puede observar que los alevines de *Poecilia reticulata* sometidos a una concentración de 1,00 % de látex presentaron cambios progresivos en el nado, en donde pasadas las 24 horas del ensayo, el nado era lento y los alevines tenían problemas de equilibrio y a partir de las 48 horas el nado era en la superficie con problemas de equilibrio comparado con los alevines de la prueba de control

Tabla N° 4.11 Características anatómicas externas de los alevines *Poecilia reticulata* sometidos a la concentración de 1,00 % V/V del látex.

Horas	Nado	Pigmentación	Movimiento de aletas	Cambios morfológicos
24	Nado lento y problemas de equilibrio	Piel clara	Movimiento suave	Membrana de los ojos emblanquecida
48	Nado en la superficie y problemas de equilibrio	Piel clara	Movimiento suave	Membrana de los ojos emblanquecida
72	Nado en la superficie y problemas de equilibrio	Piel clara	Movimiento suave	Membrana de los ojos emblanquecida
96	Nado en la superficie y problemas de equilibrio	Piel clara	Movimiento suave	Membrana de los ojos emblanquecida

Se puede notar que la pigmentación de la piel, a partir de las 24 horas, fue más clara que los alevines de la prueba de control que tenían una coloración natural. En relación con el movimiento de aletas, se puede observar que a partir de las 24 horas el movimiento de las aletas de los alevines eran más suaves que el movimiento que tenían los alevines de la prueba de control.

En cuanto a los cambios morfológicos de los alevines, a partir de las 24 horas del ensayo, se notó que la membrana de los ojos estaban más emblanquecidas comparadas a las de los alevines de la prueba de control.

4.3 EVALUACIÓN DE LA BIOTOXICIDAD DEL ADITIVO A BASE DE LÁTEX, MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀), UTILIZANDO ALEVINES DE *Poecilia reticulata* COMO BIOINDICADORES

En la tabla 4.12 se observa que transcurridas las primeras 24 horas del ensayo toxicológico, la mayor cantidad de muertes de alevines se generaron en los acuarios que contenían una concentración de 1 % V/V del aditivo modificador reológico a

base de látex del árbol de caucho (13 alevines muertos), seguido por los acuarios con tratamientos de 0,75% (2 alevines muertos) y el tratamiento de 0,50% (1 alevín muerto), para un total de 16 muertes para este primer período de evaluación.

A las 48 horas del ensayo, la concentración de 1 % V/V continuó produciendo la mayor cantidad de muertes (23 alevines), mientras que la menor cantidad de muertes se registró en el tratamiento de 0,50 % V/V con solo dos (2) especímenes muertos.

Pasadas las 72 horas del ensayo, se observó que la mayor cantidad de muertes producidas fueron de los tratamientos que tenían concentraciones de 1 % V/V, sin embargo, se puede observar que para ese período de evaluación, ya habían muerto aproximadamente el 90 % de los alevines sometidos a esa dosis. También se pudo observar que se generó un incremento en el número de especímenes muertos en los acuarios con los tratamientos de 0,75 % V/V del aditivo modificador reológico en estudio registrándose 11 alevines muertos a las 72 horas.

Transcurridas las 96 horas del ensayo, se puede observar que solo se registró una muerte en los tratamientos que tenían una concentración de 1 % V/V quedando aproximadamente el 10 % de los alevines vivos para esa concentración. La mayor cantidad de muertes se produjeron en las repeticiones que tenían una concentración de 0,75 % V/V donde hubo 16 alevines muertos. Para los tratamientos con concentraciones de 0,25 % V/V no se registraron muertes de la especie durante el desarrollo del ensayo toxicológico.

Tabla N° 4.12 Total de alevines de *Poecilia reticulata* muertos por concentración de látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*)

Concentraciones		Tiempo del ensayo				Total de Muertes
mg/L	% V/V	24	48	72	96	
0,00	0,00	0	0	0	0	0
0,00	0,00	0	0	0	0	0
0,00	0,00	0	0	0	0	0
0,00	0,00	0	0	0	0	0
2500,53	0,25	0	0	0	0	0
2500,53	0,25	0	0	0	0	0
2500,53	0,25	0	0	0	0	0
2500,53	0,25	0	0	0	0	0
5001,06	0,50	1	0	0	0	1
5001,06	0,50	0	1	0	0	1
5001,06	0,50	0	0	0	1	1
5001,06	0,50	0	0	0	1	1
7501,59	0,75	0	1	1	3	5
7501,59	0,75	1	1	1	1	4
7501,59	0,75	0	0	3	0	3
7501,59	0,75	1	0	2	1	4
10002,12	1,00	4	3	1	0	8
10002,12	1,00	4	3	3	0	10
10002,12	1,00	2	2	5	0	9
10002,12	1,00	3	2	3	1	9

Se puede destacar que en los acuarios utilizados como tratamiento control (concentración de 0,00 % V/V), no se registró la muerte de alevines, por lo tanto, se cumple lo establecido en las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (2001), donde indican que en una muestra de control (0,00 % V/V) no puede generarse muerte mayor al 1% de los especímenes, permitiendo constatar que la muerte de los alevines fueron producidas a causa del efecto que tuvo el látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*).

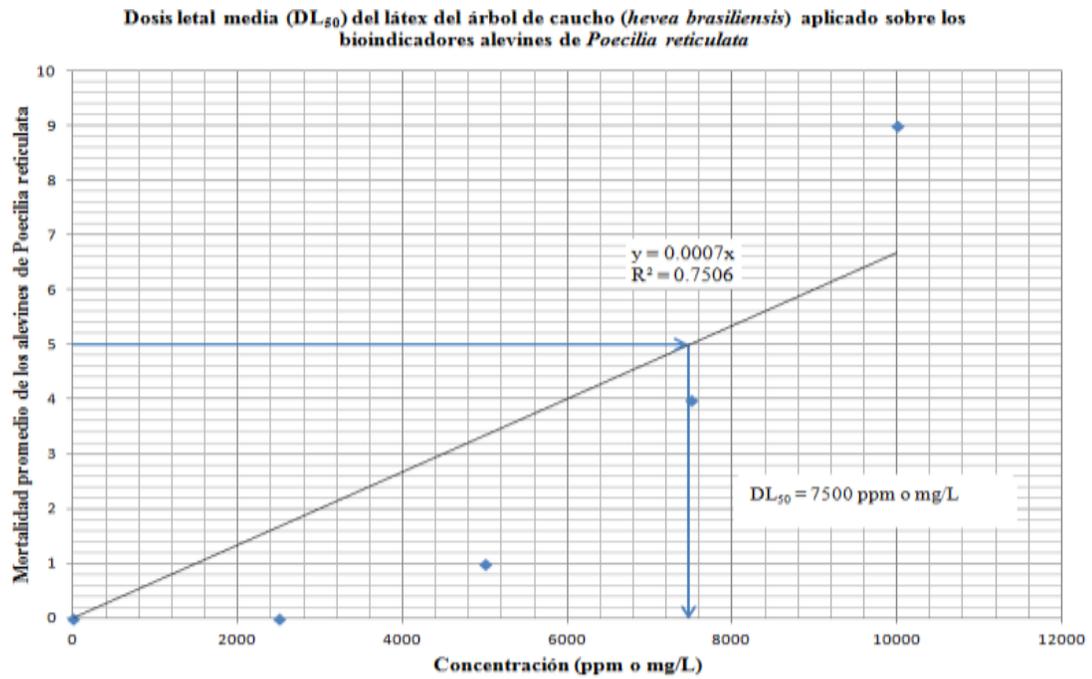
En la tabla 4.13 se puede observar el total de alevines de *Poecilia reticulata* muertos y su respectivo promedio aritmético en relación a las diferentes concentraciones del látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*).

Tabla N° 4.13 Totales y promedios de alevines de *Poecilia reticulata* muertos a diferentes concentraciones de látex de árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*)

Concentraciones		Mortalidad	
mg/L	% V/V	Total	Promedio
0,00	0,00	0,00	0,00
2500,53	0,25	0,00	0,00
5001,06	0,50	4,00	1,00
7501,59	0,75	16,00	4,00
10002,12	1,00	36,00	9,00

En la gráfica 4.1 se puede apreciar que al aumentar la concentración del aditivo modificador a base de látex, ocurre un aumento del número muertes de alevines de *Poecilia reticulata*; ya que se refleja una línea recta con pendiente positiva, determinándose que la dosis letal media, la cual representa la concentración que genera el 50 % de muerte en lo alevines de *Poecilia reticulata* durante las 96 horas del ensayo toxicológico, fue de 7500 ppm o mg/L, considerándose el aditivo modificador reológico a base de látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) como un producto no peligroso y de baja toxicidad según las normas establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), ya que su dosis letal media es mayor o igual a 100 mg/L, el cual es el rango establecido para productos no peligrosos ($DL50 \geq 100$ mg/L).

Por lo tanto en caso de haber desechos del aditivo modificador reológico a base de látex en un medio acuático ya sea en su transporte o al aplicarse al fluido de perforación, este no ocasionaría un impacto ambiental en ese ecosistema.



Gráfica N° 4.1 Dosis letal media (DL_{50}) del látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) aplicado sobre los bioindicadores alevines de *Poecilia reticulata*.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El látex extraído del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) es una sustancia ligeramente ácida con un pH menor a 7 según la escala de Lauritz (1909).
- La muestra de látex utilizada presentó un 92 % de líquido como agua y grasas; y un 8 % de sólidos constituido por resinas gomosas.
- El látex utilizado generó cambios en las propiedades del agua, disminuyendo el pH y aumentando la dureza a medida que aumentaba la concentración de este.
- Se manifestaron cambios en las características morfológicas y en el comportamiento de los alevines de *Poecilia reticulata* al ser sometidos a diferentes concentraciones del látex.
- Al aumentar la concentración de látex, aumentó la cantidad de alevines de *Poecilia reticulata* muertos.
- La dosis letal media (DL₅₀) del látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) fue de 7500 ppm, considerándose según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), como una sustancia no peligrosa por presentar valores superiores a 100 mg/L.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas de nitritos en los acuarios al realizar ensayos toxicológicos y determinar su variación con respecto a la concentración y al tiempo.
- Realizar estudios sobre diferentes especies con el fin de establecer una correlación entre los niveles de toxicidad aguda.
- Realizar ensayos toxicológicos utilizando diferentes aditivos usados en los fluidos de perforación para determinar la dosis letal media (DL₅₀) de estos.
- Utilizar distintos aditivos y aplicarlos sobre suelos con presencia de flora silvestre con el fin de estudiar los efectos de toxicidad y delimitar la dosis letal media (DL₅₀).
- Realizar estudios comparativos determinando los efectos toxicológicos que tiene el látex comercial sobre los alevines de *Poecilia reticulata* y en la calidad del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, Y. y Vivas, G. (2016). Evaluación de la biotoxicidad del éster de aceite de piñón utilizando Alevines de *Petenia splendida* como bioindicadores. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Venezuela
- Almeida, A., Maldonado, A., Martínez, E., y Fajardo, P. (2014) Manuales de monitoreo ambiental comunitario. Manual 2. Sistema de Monitoreo Ambiental Comunitario. Indicadores Biológicos de Contaminación Ambiental. Acción ecológica.
- API. (2001). Manual de fluidos de perforación. Instituto Americano de Petróleo. Dallas, Texas, USA.
- API RP 13B-1 (2001). Procedimiento estándar para la prueba de campo de los fluidos de perforación base agua. Instituto Americano de Petróleo, Dallas, Texas, USA
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. (6a ed.), Espítome, Caracas, Venezuela.
- ASTM D854-14. (2014). Métodos de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos del Suelo por Picnómetro de Agua. International, West Conshohocken, PA.
- Baker Hugues Inteq. (2006). “Manual de Ingeniería de Fluidos de Perforación.”. Houston, Texas, USA.
- Castillo, G. (2004). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Correa, D. (2014). Ornamentales Bettupy. Trabajo de grado. Corporación universitaria lasallita. Caldas, Antioquia

- COVENIN 2462:2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del pH.
- Decreto 883 (1995). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial N° 5.021
- EPA. (1993). Control de tóxicos en el agua. *Documentos de soporte técnico de la EPA*. Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. USA: Washington, D.C.
- EPA. (2001). Métodos de ensayo de toxicidad crónica y aguda. *Informe final: estudio de variabilidad entre laboratorios de la EPA a corto plazo enteros efluentes, Vol. 1*. USA: Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.
- Eraso, H. y Torres, C. (2006) Manual técnico del caucho (*Hevea brasiliensis*), Putumayo, Colombia
- FedECAUCHO. (2002). Modelos técnicos caucho natural, Bogotá D.C, Colombia.
- Fernandez, A. (2014). *Poecilia reticulata* (Guppy), Consultado en Enero del 2019. Disponible en: <https://exofauna.com/blog/2014/02/poecilia-reticulata-guppy/>
- Fernícola, N. y Jauge, P. (1985). Nociones básicas de toxicología, centro panamericano de ecología humana y salud OPS-OMS, Argentina.
- Font, P. (2001). Diccionario botánica. (2da ed.) [Libro en línea] Consultado el 10 de noviembre del 2018 disponible en: <https://es.scribd.com/document/127554885/Diccionario-Botanica-Pio-Font-Quer>
- Hernandez, S., Espino, G. y Carbajal, J. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés, S.A. de C.V. Universidad Nacional Autónoma de México
- Lasso, C. y Sánchez, P. (2011) Los peces del Delta del Orinoco, Fundación la Salle de Ciencias Naturales, Caracas- Venezuela.
- Ley Orgánica del Ambiente (2006), gaceta oficial N° 5.833. Disponible en: <http://www.minamb.gov.ve/>

- Payeras, A. (2011). Parametros de calidad de las aguas de riego. Consultado en Julio del 2019. Disponible en: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Cloruros>
- PDVSA - CIED (2002). Manual de fluidos de perforación. Primera versión. Venezuela.
- Ramírez, A. (2015), Biotoxicidad de la glicerina de aceite residual de maíz (*Zea Mays*) aplicada como humectante en fluidos de perforación 100% aceite mineral. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Venezuela.
- Rand, G. y Petrocelli, S. (1985). Fundamentos de toxicología acuática: Métodos y aplicaciones. Washington, USA: Hemisferio.
- Repetto, M. y Sanz, P. (1993). Glosario de términos toxicológicos. Versión española ampliada.
- Torres, C. (1999). Manual para el cultivo de caucho en la amazonia. Florencia, Colombia.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Muestra de cálculos y procedimientos experimentales utilizados para la caracterización del látex y la determinación de las propiedades físicas y químicas de las aguas recolectadas en el estudio de biotoxicidad.

A.1 Determinación de la densidad del látex mediante la Norma ASTM D 854-14

Para determinar la densidad se utilizó el método del picnómetro (Norma ASTM D 854-14); que consiste en determinar la diferencia entre el volumen del picnómetro lleno con la sustancia en estudio y el picnómetro vacío previamente verificando que al colocar el tapón del picnómetro la sustancia se derramara indicando que fue llenado correctamente una vez determinado el peso del picnómetro antes y después de ser llenado.

Procedimiento:

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

$$\rho = \frac{m \text{ pic lleno} - m \text{ pic vac}}{v \text{ pic}} \quad (A.1)$$

Donde

m pic lleno: masa del picnómetro lleno, [g]

m pic vacío: masa del picnómetro vacío, [g]

v pic: volumen del picnómetro, [ml]

$$\rho = \left(\frac{89,20413 \text{ g} - 40,3911 \text{ g}}{48,7155 \text{ ml}} \right) = 1,00021 \text{ g / ml}$$

A.2 Procedimiento y cálculo del pH

Para determinar y medir el grado de acidez o basicidad del aceite se utilizó un pH-metro digital.

Procedimiento:

1. Primero se encendió el medidor de pH.
2. Luego se retiró el electrodo de la solución de almacenamiento que posee pH neutro y se enjuagó el mismo con agua destilada.
3. Finalmente se sumergió el electrodo en la muestra de látex a ser medida; se registró el valor del pH una vez estabilizada la lectura en la pantalla y por último se anotó la misma.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

- pH de la muestra de látex= 5,68

La muestra presentó valores por debajo del pH neutro lo que significa que se sitúan en el rango de acidez.



Gráfica A.1 Escala del pH propuesta por Lauritz Soren, (1909).

A.3 Procedimiento para el cálculo de la dureza

Para el cálculo de la dureza se aplicó el método volumétrico complexométrico bajo la norma API RP 13B-1.

1. En un Erlenmeyer de 250 ml inicialmente se colocó 1 ml de la muestra del agua a estudiar.
2. Luego se añadió aproximadamente 5 ml de agua destilada en el recipiente de valoración.
3. Seguidamente, se agregaron 2 o 3 gotas de solución amortiguadora Hardner Buffer. (base de NH_4OH).
4. Por último, se adicionó 3 gotas del indicador negro de eriocromato y se mezcló mediante la agitación.
5. Usando una bureta de 25 ml llena y enrazada con la solución de versenato estándar (EDTA) 0,01 N, se empezó a valorar agitando continuamente hasta que la muestra se volvió azul intenso por primera vez, sin que quedara ningún rastro de rojo o vinotinto. Se registró el volumen en ml de solución de versenato estándar utilizados

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

$$\text{Dureza} = 0,2 \text{ ml} \times 400 = 80 \text{ mg/L}$$

Tabla A.1 Clasificación de la dureza del agua en mg/L CaCO_3 , según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Dureza (mg/L CaCO_3)	Tipos de agua
0 – 60	Blanda
61 – 120	Ligeramente dura
121 – 180	Dura
> 180	Muy dura

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS). (2003)

A.7 Procedimiento para el cálculo del contenido de cloruro

En la determinación del contenido de cloruro se empleó el método de Mohr establecido bajo la norma API RP 13B-1. De manera que:

1. Se verificó que las muestras presentarán un rango de pH de entre 7 a 8.
2. En un Erlenmeyer de 250 ml se agregó 10 ml de la muestra y se completó con agua destilada hasta alcanzar los 50 ml.
3. Se añadieron 5 gotas de cromato de potasio (K_2CrO_4) al 5% que nos permitió presenciar una coloración amarilla adquirida por la solución a titular.
4. Posteriormente, se utilizó una bureta de 25 ml llena y enrasada con nitrato de plata ($AgNO_3$) a 0,01.M el cual se utilizó para titular volumétricamente agregando gota a gota mientras se agitaba constantemente hasta que se observó una coloración rojizo pardo. La titulación se terminó hasta que el color rojizo se mantuvo durante varios segundos.
5. Por último para cada muestra o alícuota se leyó en la bureta el volumen en mililitros gastado de $AgNO_3$.

$$\text{Cloruro} = \text{cc consumido } AgNO_3 \text{ (Nitrato de plata)} \times 1000 \quad (\text{A.3})$$

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

A.8 Determinación del % de sólidos y líquidos de la muestra látex mediante la Norma API RP 13B-1

Para la determinación del % de sólidos y líquidos se utilizó la retorta bajo la norma API RP 13B-1.

Procedimiento:

1. Dejar que la muestra de lodo se enfríe a la temperatura ambiente.
2. Desmontar la retorta y lubricar las roscas del vaso de muestra con grasa para altas temperaturas (Never-Seez®). Llenar el vaso de muestra con el fluido a probar casi hasta el nivel máximo. Colocar la tapa del vaso de muestra girando firmemente y escurriendo el exceso de fluido para obtener el volumen exacto – se requiere un volumen de 10, 20 ó 50 ml. Limpiar el fluido derramado sobre la tapa y las roscas.
3. Llenar la cámara de expansión superior con virutas finas de acero y luego atornillar el vaso de muestra a la cámara de expansión. Las virutas de acero deberían atrapar los sólidos extraídos por ebullición. Mantener el montaje vertical para evitar que el lodo fluya dentro del tubo de drenaje.
4. Introducir o atornillar el tubo de drenaje dentro del orificio en la extremidad del condensador, asentándolo firmemente. El cilindro graduado que está calibrado para leer en porcentajes, debería estar sujetado al condensador con abrazaderas.
5. Enchufar el cable de alimentación en el voltaje correcto y mantener la unidad encendida hasta que termine la destilación, lo cual puede tardar 25 minutos según las características del contenido de petróleo, agua y sólidos.
6. Dejar enfriar el destilado a la temperatura ambiente.
7. Leer el porcentaje de agua, petróleo y sólidos directamente en la probeta graduada. Una o dos gotas de solución atomizada ayudará a definir el contacto petróleo-agua, después de leer el porcentaje de sólidos.

8. Al final de la prueba, enfriar completamente, limpiar y secar el montaje de retorta.
9. Hacer circular un producto limpiador de tubos a través del orificio del condensador y del tubo de drenaje de la retorta para limpiar y mantener íntegro el calibre de los orificios.

Al leer el contenido de agua y sólidos de la muestra de látex se observó que esta tenía un 92 % de líquidos y 8 % de sólidos.

APÉNDICE B
Memoria fotográfica



Figura B.1 Muestra del aditivo modificador reológico a base de látex

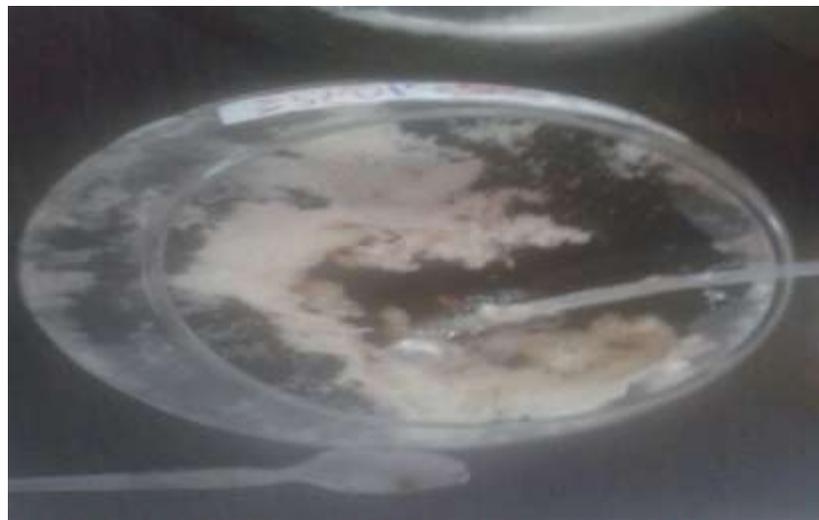


Figura B.2 Acuario contaminado con una concentración de 1 % V/V del aditivo modificador reológico a base de látex



Figura B.3 Acuarios contaminados con el aditivo modificador reológico a base de látex



Figura B.4 Válvula tapada por el efecto del aditivo modificador reológico a base de látex



Figura B.5 Alevines de *Poecilia reticulata* con pérdida de la pigmentación de la piel



Figura B.6 Alevín de *Poecilia reticulata* muerto por efecto del aditivo modificador reológico a base de látex

APÉNDICE C

Datos promedios obtenidos de las propiedades físicas y químicas de las aguas durante el ensayo de biotoxicidad.

Tabla C.1 Valores promedio del pH de las aguas contenidas en los acuarios por concentración del aditivo modificador reológico a base de látex

Concentración (mg/L)	Tiempo del ensayo (horas)			
	24	48	72	96
0	7,40	7,44	7,52	7,64
2500.53	7,16	7,21	7,44	7,58
5001.06	7,26	7,29	7,42	7,55
7501,59	7,07	7,05	7,26	7,52
10002,12	7,04	7,05	7,26	7,41

Tabla C.2 Valores promedio de los cloruros de las aguas contenidas en los acuarios por concentración del aditivo modificador reológico a base de látex

Concentración (mg/L)	Tiempo del ensayo (horas)			
	24	48	72	96
0	100	100	125	100
2500.53	100	100	125	100
5001.06	100	100	100	125
7501,59	100	100	100	125
10002,12	125	125	100	125

Tabla C.3 Valores promedio de la dureza de las aguas contenidas en los acuarios por concentración del aditivo modificador reológico a base de látex

Concentración (mg/L)	Tiempo del ensayo (horas)			
	24	48	72	96
0	40	50	50	40
2500.53	50	50	50	40
5001.06	60	60	50	60
7501,59	60	70	70	60
10002,12	60	70	70	60

HOJAS METADATOS

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

Título	Evaluación de la biotoxicidad de un aditivo modificador reológico a base de látex del árbol de caucho (<i>hevea brasiliensis</i>) utilizando alevines (<i>Poecilia reticulata</i>) como bioindicadores
---------------	---

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

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Ibarra Zaragoza, Clemente Antonio	CVLAC	C.I: 25661994
	e-mail	Clementebarra2@gmail.com

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

Palabras o frases claves:

látex
toxicidad
bioindicadores
dosis letal media
ensayos toxicológicos
curso especial de grado

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

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y Ciencias Aplicadas	Ingeniería de Petróleo

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

Resumen (Abstract):

Esta investigación se enfocó en la determinación del nivel de toxicidad de un aditivo a base de látex del árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) utilizando alevines de *Poecilia reticulata* como bioindicadores con el objetivo de demostrar cuáles fueron los efectos toxicológicos que este aditivo ocasionó sobre un medio acuático. Primeramente, se caracterizó la muestra de látex obtenida al hacer un corte transversal de un árbol de caucho, donde se estudiaron propiedades como densidad, porcentaje de sólidos y líquidos, pH, dureza, cloruros, apariencia y color. Luego este aditivo fue utilizado en pruebas biotxicológicas a nivel de laboratorio, empleando pruebas de calidad del agua, estudiando las propiedades del agua como pH, cloruros y dureza cálcica durante el tiempo transcurrido del ensayo toxicológico (96 horas). También se evaluaron las características morfológicas de los bioindicadores al someterlos a diferentes concentraciones del aditivo modificador reológico a base de látex y se determinó la dosis letal media (DL_{50}) mediante una relación de la cantidad de muertes ocurridas durante el ensayo toxicológico y las diferentes concentraciones del aditivo modificador reológico a base de látex, donde se determinó que 7500 mg/L es la dosis de látex que causa la muerte de la mitad de las especies. Permite considerar que el aditivo modificador reológico a base de látex no es una sustancia peligrosa de acuerdo con las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (1993), por poseer un nivel toxicológico dentro del rango establecido para productos no peligrosos ($DL_{50} \geq 100$ mg/L).

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail		
Ing. Jesus Otahola	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>	
	CVLAC	C.I. 14.940.176	
	e-mail	jotahola@hotmail.com	
Ing. Martha Espinoza	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>	
	CVLAC	C.I. 8.396.941	
	e-mail	espinozamrel@hotmail.com	
Ing. Hortensia Calzadilla	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>	
	CVLAC	C.I 11.781.853	
	e-mail	horte@hotmail.com	

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

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2020	01	28

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

Lenguaje: spa

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

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOCTG_IACZ2020

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

Alcance:

Espacial: inespacial
Temporal: intemporal

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero de Petróleo

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

Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

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

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias Aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

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

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

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

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

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

Cordialmente,
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURTEL
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/YOC/manaja

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

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

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



Clemente Ibarra

Autor



Ing. Jesus Otahola

Asesor