



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN  
DESENGRASANTE BIODEGRADABLE DE USO DOMÉSTICO, PARA MITIGAR LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS**

**Luis Antonio Sazo Vargas**

Asesorado por la MSc. Inga. Frances Annette Recari Fernández

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN  
DESENGRASANTE BIODEGRADABLE DE USO DOMÉSTICO, PARA MITIGAR LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ANTONIO SAZO VARGAS**

ASESORADO POR LA MSC. INGA. FRANCES ANNETTE RECARI FERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN  
DESENGRASANTE BIODEGRADABLE DE USO DOMÉSTICO, PARA MITIGAR LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 25 de julio de 2013.



**Luis Antonio Sazo Vargas**



Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142

000018

ADSE-MEAPP-0024-2013

Guatemala, 25 de julio de 2013.

Director:  
Víctor Manuel Monzón Valdez  
Escuela de Ingeniería Química  
Presente.

Estimado Director:

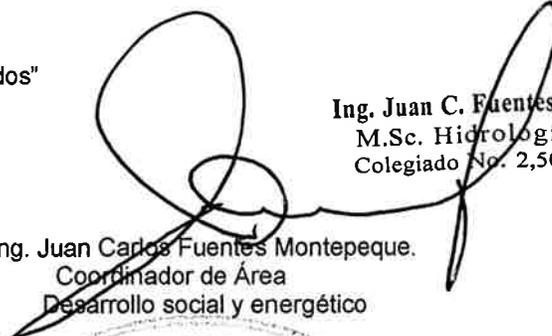
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Luis Antonio Sazo Vargas** con carné número **1995-164488**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

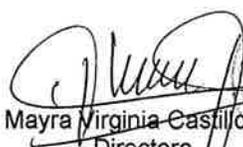
Sin otro particular, atentamente,

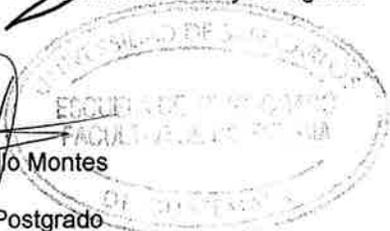
"Id y enseñad a todos"

  
MSc. Ing. Frances Annette Recari F.  
Asesor (a)

  
Ing. Juan C. Fuentes M.  
M.Sc. Hidrología  
Colegiado No. 2,504  
MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque.  
Coordinador de Área  
Desarrollo social y energético

M. Sc. Ing. Frances Recari  
Colegiado 743

  
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo/la

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.IG.217.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la estudiante, **LUIS ANTONIO SAZO VARGAS**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en ENERGÍA Y AMBIENTE** titulado **"DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DESENGRASANTE BIODEGRADABLE DE USO DOMÉSTICO, PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS"**.  
Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, agosto 2013

Cc: Archivo  
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala  
VMMV/ale

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

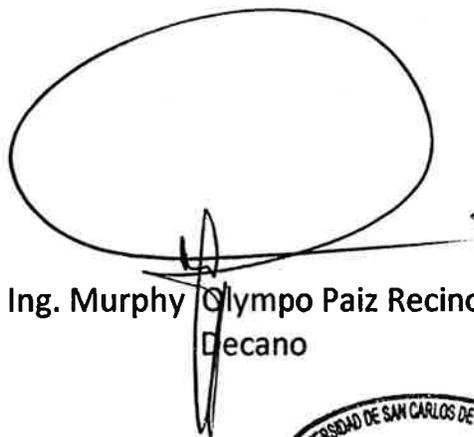


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 550 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DESENGRASANTE BIODEGRADABLE DE USO DOMÉSTICO, PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Antonio Sazo Vargas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 8 de agosto de 2013



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por estar siempre conmigo y ser mí guía en cada paso que doy.
- Mis padres** Luis Antonio Sazo Cámara y Ligia Vargas Díaz de Sazo, son mi ejemplo y mi inspiración.
- Mis hermanos** Julio, Paulina y Georgiana Sazo Vargas, por estar siempre presentes en todo momento.
- Mis abuelos** Luis Antonio Sazo Amaya (q.e.p.d.) y Angélica Cambara de Sazo. Por ser mis padrinos y los ángeles guardianes de mi vida.
- Mis amigos** Por todo su apoyo y cariño en todo este tiempo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme llegar hasta donde he llegado y por estar siempre a mi lado.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme formado profesionalmente, en especial a las escuelas de Ingeniería Química y de Escuela de Estudios de Posgrado por todo lo enseñado.
<b>Mi familia</b>	Por estar siempre pendientes de mí y compartir conmigo mis penas y alegrías.
<b>Inga. Frances Recari</b>	Por aceptar asesorar este trabajo y por toda su ayuda desinteresada.
<b>Mis amigos</b>	Por estar allí siempre en las buenas y en las malas, y sobre todo por todo el apoyo y el cariño demostrado.



7.1.3.	Biodegradable .....	24
7.1.4.	Impacto ambiental de los productos desengrasantes no biodegradables .....	25
7.1.5.	Grasas o lípidos .....	27
7.2.	Conceptos básicos de materias primas .....	27
7.2.1.	Materias primas no biodegradables .....	28
7.2.1.1.	Nonil fenol etoxilado .....	28
7.2.1.2.	Soda cáustica o hidróxido de sodio...	29
7.2.1.3.	Acido tetra-acético de diamina etileno (EDTA).....	30
7.2.1.4.	Formaldehido .....	30
7.2.2.	Materias primas biodegradables .....	31
7.2.2.1.	Ácido cítrico.....	32
7.2.2.2.	Terpenos o d-limonenos.....	33
7.2.2.3.	Alcoholes.....	34
7.2.2.3.1.	Alcohol butílico (butanol).....	36
7.2.2.3.2.	Alcohol Isopropílico (isopropanol) .....	36
7.2.2.3.3.	Alcohol etílico .....	37
7.2.2.4.	Propilenglicol.....	38
7.2.2.5.	Glicerina .....	39
7.2.2.6.	Amonio cuaternario .....	40
7.2.2.7.	Aloe vera o sábila.....	41
7.3.	Legislación ambiental en la industria de limpieza guatemalteca .....	42
7.3.1.	Constitución Política de la República de Guatemala.....	42

7.3.2.	Decretos emitidos por el Congreso de la República de Guatemala .....	43
7.3.2.1.	Código de Salud .....	43
7.3.2.2.	Código Municipal .....	46
7.3.2.2.1.	Reglamento de drenajes para la ciudad de Guatemala .	46
7.3.2.3.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales República de Guatemala...	48
7.3.2.3.1.	Política Marco de Gestión Ambiental del Ministerio de Ambiente Recursos Naturales .....	48
7.3.2.3.2.	Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición .....	50
7.3.2.4.	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente .....	50
7.3.2.5.	Ley de Fomento de la Educación Ambiental.....	51
7.3.2.7.	Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental .....	51
7.3.2.8.	Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental .....	52
7.3.2.9.	Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno.....	52

7.3.2.10.	Código Penal.....	53
7.3.3.	Acuerdos gubernativos.....	53
7.4.	Acuerdos internacionales en los cuales Guatemala es signataria.....	54
7.5.	Criterios ambientales de la industria guatemalteca .....	55
7.5.1.	Normas ISO 14 000.....	55
7.5.2.	Normas ISO 14 001.....	56
8.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	59
9.	CONTENIDO PROPUESTO DEL INFORME FINAL.....	61
10.	MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	65
11.	RESULTADOS ESPERADOS .....	73
12.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	75
13.	RECURSOS NECESARIOS .....	77
14.	BIBLIOGRAFÍA .....	79

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Muestra la similitud de la estructura química del estradiol y el nonil fenol .....22

### TABLAS

- I. Análisis de la concentración de ácido cítrico ..... 69
- II. Análisis de la concentración de nonil fenol etoxilado ..... 70
- III. Cronograma de actividades.....75
- IV. Distribución financiera de los costos del producto..... 77



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub></b>	Ácido cítrico
<b>EDTA</b>	Ácido treta-acético de diamina etileno.
<b>CH<sub>3</sub> (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH</b>	Alcohol Butílico
<b>CH<sub>3</sub> OH</b>	Alcohol Metílico
<b>HCHO</b>	Formaldehído
<b>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub></b>	Glicerina
<b>g/m<sup>3</sup></b>	Gramos por metro cúbico
<b>NP</b>	Isómeros del nonilfenol
<b>µg/L-1</b>	Microgramos por litro
<b>mg / g</b>	Miligramo por gramo
<b>mmol l-1</b>	Milimoles por litro
<b>4-n-NP</b>	Nonilfenol lineal
<b>NPEO<sub>n</sub> n = 1-2</b>	Nonilfenoles etoxilados de cadena corta
<b>NPEO<sub>x</sub></b>	Nonilfenoles polietoxilados
<b>-OH</b>	Oxhidrilo
<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub></b>	Propilenglicol
<b>NaOH</b>	Soda cáustica o hidróxido de sodio



## **GLOSARIO**

<b>Ácido cítrico</b>	Acido orgánico tricarbóxico, el cual se encuentra principalmente en cítricos, como la naranja y el limón.
<b>Ácido treta-acético de diamina etileno</b>	Son aminoácidos que tienen la capacidad de atrapar en su molécula a los iones de minerales y metales bivalentes.
<b>Aguas residuales</b>	Resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales.
<b>Alcoholes</b>	Compuesto que contiene un grupo oxhidrilo. Resulta de la unión de un átomo de carbono saturado.
<b>Alcohol butílico</b>	Es un líquido claro, con olor punzante, no residual, soluble en etanol, metanol y otros solventes orgánicos. Es poco soluble en agua. Se utiliza como: solvente latente para thinners y pinturas en industria de pinturas.

**Alcohol isopropílico**

Líquido volátil, incoloro. Es usado para síntesis orgánica y como intermedio químico, funciona como disolvente para ceras, aceites vegetales, resinas naturales y sintéticas, ésteres y éteres de celulosa.

**Amonio cuaternario**

Compuesto químico, de origen orgánico, utilizado como desinfectante.

**Aloe vera o sábila**

Es una resina café amarillenta (aloína) que se encuentra en el parénquima verdoso y en la corteza de la hoja. El aloe gel es una sustancia viscosa transparente que se obtiene de la parte central o médula de la hoja.

**Aspergillus Níger**

Hongo que se utiliza para obtener ácido cítrico a través de la fermentación de azúcares tales como la sacarosa o la glucosa.

**Biodegradable**

Producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

**Biodegradación**

Es la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos, que las emplean para producir energía (por respiración celular) y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos.

**Contaminante emergente**

Son sustancias que en la actualidad no se encuentran reguladas. Se caracterizan por generar efectos negativos en los seres vivos y en el ecosistema.

**Disruptor endócrino**

Compuesto que interfiere con el normal funcionamiento de las hormonas estrógenicas.

**Formaldehído**

Gas volátil, con una mayor densidad que el aire. Incoloro. Compuesto muy soluble en agua. Es producido mediante la oxidación del alcohol metílico o metanol.

**Glicerina**

Está presente en todas las grasas y aceites naturales, tanto animal como vegetal. Sus moléculas tienen la característica de formar triglicéridos.

**Grasas o lípidos**

Compuestos que existen en forma natural en animales y plantas. Son insolubles en agua, pero solubles en éter y otros disolventes orgánicos de polaridad semejante.

**Impacto ambiental**

Es el cambio neto en la salud del hombre o en su bienestar que resulta de un efecto ambiental y que está relacionado con la diferencia de calidad del ambiente que existiría si la acción del proyecto, programa, política u otros, se produjese o no.

**IUPAC**

International Union of Pure and Applied Chemistry. (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) Sistema que le otorga la nomenclatura a los compuestos químicos.

**Lodos**

Contenido que se acumula en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Contiene material orgánico e inorgánico.

**Medio ambiente**

Es todo lo que rodea a los seres vivos, el entorno que los afecta y condiciona. Comprende el conjunto de valores naturales, culturales y sociales que existen en un tiempo y espacio determinado que afectan al desarrollo de la vida.

**Nonil fenol etoxilado**

Líquido amarillento, con ligero olor fenólico, con cierta viscosidad. Se obtiene de la reacción del Nonil Fenol con óxido de etileno.

**Propilenglicol**

Compuesto con líquido claro aceitoso, insípido, incoloro e inodoro. Soluble en agua, cloroformo y acetona. Se produce mediante la hidratación de óxido de propileno resultando propano 1,2 diol, nombre con el cual se le conoce.

**Soda Cáustica**

En su estado natural es sólido cristalino blanco sin olor que tiene la propiedad de absorber la humedad del aire, es decir higroscópico. Es un compuesto que al disolverse con agua o reaccionar con un ácido libera una gran cantidad de calor.

**Terpenos o d-limonenos**

Se produce de forma natural en ciertos árboles y arbustos, como el limón, naranja, pistacho. Se utiliza en la industria para desengrasado de metales, como disolvente de pinturas, limpieza de productos electrónicos, en la industria de la impresión, como disolvente de pinturas



## RESUMEN

Ante la presencia de contaminantes del medio ambiente, principalmente los que contienen las aguas residuales de los hogares e industrias de Guatemala, mismos que terminan en ríos, lagos y mantos acuíferos. Existen sustancias que se desechan con productos químicos como los provenientes de los desengrasantes utilizados para retirar la grasa de los utensilios de cocina, muy efectivos en su aplicación, pero que carecen de propiedades biodegradables. Productos que en la mayoría de las veces son fabricados con materias primas que no poseen cualidades de biodegradación, que afectan directamente al medio ambiente, como el caso del nonil fenol etoxilado, el cual está regulado y hasta restringido su utilización en otros países, por los efectos dañinos que provoca, en personas, animales y plantas.

Se presenta una alternativa para mitigar esta situación. La propuesta que se presenta es un producto de limpieza que contiene cuatro formulaciones, entre las materias primas que lo contienen destaca el ácido cítrico, con propiedades desengrasantes y que además es biodegradable. Características que la convierten en una sustancia amigable con el medio ambiente, ya que después de ser utilizada y vertida en el alcantarillado se pueda degradar por acción natural, de tal manera que el tiempo y las reacciones químicas de esta sustancia no dañen el medio ambiente. Es decir, que al final se espera encontrar la formulación idónea, que cumpla con los requisitos de limpieza y que sea biodegradable en función de la concentración de ácido cítrico. Además se toma en cuenta que su eficacia y el costo sean similares al de los productos tradicionales no biodegradables, como un incentivo más para su utilización.



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza dentro de las líneas de investigación de la Maestría en Energía y Ambiente de la Escuela Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, dentro de los lineamientos básicos de la gestión ambiental y específicamente dentro de la problemática en la generación de residuos. Se presenta una alternativa para encontrar una solución a los graves problemas de contaminación del medio ambiente, principalmente de los mantos acuíferos, ríos y lagos de Guatemala, que son a donde terminan las aguas residuales provenientes de los hogares e industrias.

Estos residuos domiciliarios o domésticos son los procedentes de la actividad humana, actividades comerciales, industriales y agrarias, asimilables a vertidos humanos, incluyendo las aguas de drenaje y las aguas que logran mantenerse en movimiento sobre la superficie del suelo. Estas contienen cantidades sustanciales de desechos sólidos, semilíquidos y líquidos. Asimismo, aceites, grasas y otros, tanto de origen animal como vegetal, que son subproductos resultantes de la cocción de los alimentos. En estos también se incluyen sustancias desengrasantes, que en su momento fueron utilizados para retirar residuos contenidos en recipientes industriales o domiciliarios.

Muchos de los residuos mencionados, especialmente las grasas y aceites, son removidos con desengrasantes no biodegradables, los cuales contienen materias primas que dañan el ambiente, ya que poseen propiedades que son nocivas a las diversas formas de vida, al ser vertidas después de su uso al alcantarillado y de acá a los ríos y lagos de Guatemala.

La diversidad de propuestas presentes en el mercado nacional y que se utilizan para retirar la grasa de los recipientes no soluciona esta problemática, de las aguas residuales cuyos contenidos se sabe son altamente contaminantes del medio ambiente.

En el presente trabajo se proponen cuatro formulaciones, las cuales tienen como propósito desarrollar un producto que además de tener propiedades desengrasantes sea biodegradable, es decir que después de su utilización pueda degradarse por acción biológica, de tal manera que el tiempo y las reacciones químicas de estas sustancias no dañen el medio ambiente.

Se entiende como biodegradable al producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales. En consecuencia todas las sustancias son biodegradables, la diferencia radica en el tiempo que tardan los agentes biológicos en descomponerlas en químicos naturales, ya que toda forma parte de la naturaleza. La biodegradación es la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos, que las emplean para producir energía (por respiración celular) y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos.

Puede emplearse en la eliminación de ciertos contaminantes como los desechos orgánicos urbanos, papel, hidrocarburos, etc. No obstante en vertidos que presenten materia biodegradable estos tratamientos pueden no ser efectivos si se encuentran otras sustancias como metales pesados, o si el medio tiene un pH (potencial de hidrogeno) extremo. En estos casos se hace necesario un tratamiento previo que deje el vertido en unas condiciones en la que las bacterias puedan realizar su función a una velocidad aceptable.

El marco teórico se divide en tres secciones principales. La primera describe los conceptos básicos sobre el medio ambiente para, donde se muestra información básica para una mejor comprensión de los conceptos que se mencionarán más adelante como lo son medio ambiente, biodegradable entre otros.

La segunda sección del marco teórico es la parte fundamental de esta investigación, ya que explica de forma detallada las formulaciones propuestas para la elaboración de un desengrasante biodegradable. Aquí se realiza una descripción de las materias primas que se utilizan en los desengrasantes que no son biodegradables, detallando sus características, sus funciones en la industria y los efectos contaminantes que causan al medio ambiente. Además se describen las materias primas, que son las recomendadas para la formulación de un desengrasante biodegradable, de igual manera se presenta información detallada tanto de sus características como de sus funciones. Esta información es de vital importancia ya que con esto se tiene la base para la formulación del producto a evaluar.

La tercera sección del marco teórico describe el marco legal, aquí se reúnen las decretos leyes, acuerdos, regulaciones, convenios, tanto nacionales como internacionales que afectan de manera directa e indirecta con lo relacionado a los temas ambientales que aquí se desarrollan.

En métodos y técnicas, se describe el tipo de variables que se utilizarán en la presente investigación, así como su validez interna y externa, además de su manipulación y sus efectos. Se explica como se realizarán los experimentos y las pruebas de comprobación que están proponiendo. Por último en el análisis de datos se describe el análisis estadístico que se le aplicarán a los resultados de las pruebas.



## 2. ANTECEDENTES

En 1986 Donald J. Adone presentó su trabajo, *Heavy duty degreaser composition and method of use* donde hace uso de desengrasantes base agua, no tóxico para la limpieza de grasas y aceites en motores, tuberías, contenedores entre otros.

Desde 1992 en Colombia y Costa Rica, existen empresas que se dedican a la elaboración de productos biodegradables que se utilizan a nivel doméstico en esos países y para su exportación.

En 1998 Teresa A. Smyth presentó su trabajo, *Biodegradable liquid degreaser and parts cleaner composition* en que muestra surfactantes biodegradables así como solventes y cosolventes/cosurfactantes.

El 18 de junio del 2003 el parlamento europeo y su consejo limitó el uso de nonil fenol etoxilado. Este reactivo es uno de los principales ingredientes en las formulaciones de productos de limpieza así como de los desengrasantes industriales, pero se descubrió que este reactivo podía causar disrupción endocrina y rupturas en el equilibrio normal de las hormonas de los organismos. Además en el 2006 la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos, lanza una regulación federal sobre los usos del nonil fenol etoxilado debido a que este reactivo posee una alta resistencia a la degradación a través del tiempo. (76/769/EEC, 2003).

En 2007 Sheila Llano Torre presentó su trabajo *Utilización de ácido cítrico en limpieza de pintura* donde muestra la utilidad de este ácido como agente de limpieza de superficies.

Del agua utilizada por las poblaciones para sus diferentes usos como riego, potable, doméstico y otros, el 70 % de la misma es vertida hacia las alcantarillas municipales como agua residual. En caso no existan son dirigidas hacia los diferentes ríos tributarios que se han convertido en cuerpos receptores de todas las descargas domésticas e industriales. Tomando como ejemplo la cuenca del Lago de Amatitlán se ha encontrado que el 95 % de las aguas residuales de tipo doméstico e industrial no tienen un tratamiento previo, antes de ser depositadas en los diferentes cuerpos receptores. Según estimaciones en pocos años este lago va camino a convertirse en un pantano. (Garcia, 2002)

### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Mitigar la contaminación de las aguas residuales domiciliarias mediante la formulación y evaluación de un desengrasante biodegradable.

#### **Específicos**

1. Determinar la formulación de un producto desengrasante doméstico que sea biodegradable.
2. Estimar la cantidad de desechos contaminantes que ya no serán vertidos a los sistemas de aguas residuales domiciliarias, al sustituir los desengrasantes no biodegradables por la formulación propuesta.
3. Determinar que las propiedades del producto formulado estén comprendidas entre los rangos de acción de los productos no biodegradables existentes en el mercado.
4. Formular un producto con un costo similar al de los productos tradicionales no biodegradables.
5. Estimar una comparación con productos convencionales tanto en su funcionamiento como en su costo.



## 4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se realiza dentro de las líneas de investigación de la Maestría en Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, dentro de los requerimientos básicos de la gestión ambiental y específicamente dentro de la evacuación final de efluentes líquidos.

En la República de Guatemala los niveles de contaminación ambiental son altos y con escaso control. La capital es un ejemplo de esta problemática, ya que en el río Villalobos se descargan, a través de los colectores de la cuenca del pacífico, las aguas residuales de tipo doméstico, industrial, agrícola, hospitalario entre otros, de la parte sur de la ciudad capital y en el río Motagua se depositan las descargas del lado norte, a través de los colectores de la cuenca del Atlántico. (Muñoz, 2004).

Una de las actividades diarias en los hogares guatemaltecos es lavar los utensilios de cocina, donde quedan acumuladas grasas por el proceso de cocción de los alimentos. Para limpiar estos residuos comúnmente se utilizan productos desengrasantes, muy efectivos en su aplicación, pero que carecen de propiedades biodegradables. Estos representan una sustancia contaminante que llega a los mantos acuíferos.

En Guatemala a principios del 2013 aún no se encuentran en los supermercados ni en tiendas de abarrotes, productos nacionales de uso doméstico, cuya fabricación reúnan las características necesarias para realizar una limpieza eficaz y que además tenga propiedades biodegradables. Los que

se comercializan son fabricados en el extranjero. Tampoco existen reglamentos específicos que regulen la fabricación de estos productos tradicionales existentes. La gran mayoría de productos son fabricados con materias primas que no son biodegradables y que además afectan directamente al medio ambiente, una de estas materias primas es el nonil fenol etoxilado que se sabe es la causa de la muerte tanto de flora como de fauna, además de producir serios daños a los sistemas internos de los humanos. (Hawley, 1992).

En base a lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se presentan formulaciones y evaluaciones, en donde un producto desengrasante cumpla con los requisitos necesarios en su acción de limpieza y que además posea propiedades biodegradables, con el objetivo de mitigar la contaminación de los ríos y mantos acuíferos de Guatemala.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala existe una reducida cantidad de productos biodegradables para uso doméstico, éstos son fabricados en otros países. A los consumidores muchas veces no les interesa adquirir estos insumos, quizá por su alto precio o porque no existe una cultura de protección hacia el medio ambiente.

La falta de regulaciones ambientales y del control sanitario sobre la formulación de productos para limpieza en general ha llevado a que disminuya el interés en la introducción de este tipo de productos biodegradables en el mercado nacional. Estos pueden llegar a ser el futuro de las empresas guatemaltecas que se dedican a fabricar productos de limpieza y así crear una cultura verde, brindando nuevas opciones biodegradables que reduzcan la contaminación de las aguas residuales domiciliarias.

“Se denomina aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.” (Rodríguez, 2008).

“Las aguas de desecho se pueden dividir en dos grupos principales: las aguas grises y las aguas negras. Las primeras que provienen de la limpieza de vajilla, ropa y aseo personal (ducha, baños de inmersión, etc.), salen por los

desagües de bañeras, lavamanos, piletas de la cocina, lavavajillas o lavadoras. Tienen comúnmente un alto contenido de productos químicos, difíciles de degradar como por ejemplo los fosfatos y clorados que son contrarios a la vida. Las aguas negras, en cambio, no tienen tantos productos químicos y son apropiadas para obtener a partir de ellas todo tipo de abonos y subproductos, entre ellos, agua reciclada.” (Rodriguez, 2008).

Con respecto al recorrido de las aguas residuales de la ciudad de Guatemala se sabe que del lado norte de ésta, se vierten desechos tóxicos de todo tipo en los ríos Chinautla y Las Vacas. Las aguas de este último desembocan en el río Plátanos que luego desemboca en el río Motagua. Este último en su recorrido final deposita sus aguas en el océano Atlántico.

Los principales contaminantes del río Motagua son las aguas residuales. En abril del 2011, representantes del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y del Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego (PLAMAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación alertaron que el agua del río Motagua no es apta para el consumo humano, ni para uso agrícola. (Sasvin, 2011).

En el río Villalobos se repite el mismo patrón de contaminación, a través de las aguas residuales del sur de la capital y de sus municipios que se encuentran ubicados en la cuenca de éste.

Con la información detallada podemos formular las siguientes interrogantes:

- ¿Se puede mitigar la contaminación de las aguas residuales domiciliarias mediante el uso de un desengrasante cuya formulación sea biodegradable?
- ¿Existen formulaciones para desarrollar productos que sean desengrasantes y que posean propiedades biodegradables?
- ¿Existen materias primas alternativas biodegradables? Si existen, ¿tendrán las mismas propiedades desengrasantes que los productos no biodegradables que existen en el mercado?
- ¿En qué cantidad se puede reducir la cantidad de desechos contaminantes que se vierten en a los sistemas de aguas residuales, mediante la sustitución de los desengrasantes no biodegradables por la formulación propuesta?
- ¿Existen formulaciones para desarrollar productos biodegradables que tengan un costo accesible para el consumidor?



## **6. ALCANCES**

En el deterioro del medio ambiente las causas son múltiples, en este intervienen contaminantes de todo tipo y las soluciones a esta problemática es mediante el aporte profesional multidisciplinario. Es decir que es necesaria la participación de profesionales de todas las ramas, para buscar paliativos o soluciones al deterioro del medio ambiente.

De tal manera que los alcances de la presente investigación son a nivel del departamento de Guatemala y enfocado también a otros actores como: investigadores, estudiantes de maestría y pregrado interesados en la materia, así como para las industrias que se dedican a la fabricación de productos de limpieza, domésticos o industriales, con el fin de promover la elaboración de un producto amigable con el entorno ambiental y que pueda estar al alcance de los consumidores en el mercado nacional.

Este estudio tiene carácter descriptivo y experimental, ya que se formulará un producto desengrasante que sea biodegradable, realizando pruebas con distintas combinaciones de materias primas con estas características, con el fin de encontrar una formulación que obtenga el mejor resultado en las mediciones de varios parámetros, los cuales se detallarán en la metodología de esta propuesta.

La presente investigación se enfocará solamente en la sustitución de materias primas dañinas como el nonil fenol etoxilado, por otras que sean biodegradables, para mitigar la contaminación de los acuíferos receptores.



## **7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **7.1. Generalidades**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la formulación y evaluación de un producto que ayude a mitigar la contaminación de ríos y mantos acuíferos en Guatemala, para la protección del medio ambiente y que además pueda ser utilizado en los hogares para la limpieza de superficies aceitosas y grasosas. Que posea cualidades biodegradables y un costo similar a los productos existentes en el mercado.

#### **7.1.1. Medio ambiente**

Para tener un conocimiento básico del medio ambiente se puede decir que esto es todo lo que rodea a los seres vivos, el entorno que los afecta y condiciona. Especialmente las condiciones de la vida tanto de las personas o de la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, culturales y sociales que existen en un tiempo y espacio determinado que afectan al desarrollo de la vida. La palabra ambiente proviene del latín “ambiens”, “ambientis” que significa “rodear”, “estar a ambos lados” y la palabra medio del latín “médium” que significa “neutro”; por lo que se pueden confeccionar varios conceptos de la unión de estas dos palabras.

En la teoría general de sistemas un ambiente es un complejo de factores externos que actúan sobre un sistema y determina su curso y su forma de existencia. Con esto se puede decir que ambiente es un súper conjunto compuesto de varios subconjuntos. Definidos por uno o más parámetros que

pueden ser físicos o de otra naturaleza y debe de interactuar de forma necesaria con los seres vivos. (Simon & David, 2006).

### **7.1.2. El impacto ambiental**

“Es el cambio neto en la salud del hombre o en su bienestar que resulta de un efecto ambiental y que está relacionado con la diferencia de calidad del ambiente que existiría si la acción del proyecto, programa, política, etc., se produjese o no” (Polar, 2000).

#### **7.1.2.1. Impacto ambiental del nonil fenol etoxilado**

En la industria es utilizado comúnmente el nonil fenol etoxilado el cual es un compuesto considerado como un contaminante emergente, es decir que son sustancias que en la actualidad no se encuentran reguladas. Estos compuestos se caracterizan por generar efectos negativos en los seres vivos y en el ecosistema, aún sin ser muy persistentes, ya que debido a su extendido uso, se introducen continuamente en el medio ambiente. De hecho, anualmente se introducen entre 200 y 1 000 nuevas sustancias químicas. Son muy pocos los estudios que existen sobre los efectos que producen estos compuestos en el medio ambiente, por lo que se desconoce los riesgos asociados a su presencia en los distintos compartimentos en las que se acumulan (Befenati, D, johnson, Galassi, & Levsen, 2003).

Por otra parte, son escasos los métodos analíticos que existen para su identificación, por lo que realmente se carece de datos ambientales reales. Por lo general no hay legislación sobre las concentraciones permitidas en distintos compartimentos medioambientales, por lo que estos compuestos no se eliminan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Es posible, por tanto,

encontrarlos en aguas de regadío que se emplean en plantaciones agrícolas o pueden permanecer en los lodos que se generan en estas plantas de tratamiento que posteriormente pueden ser utilizados en agricultura (Petrovic & Eljarrat, 2004).

Se ha comprobado que el nonil fenol etoxilado, al igual que otros compuestos pueden sufrir transformaciones y dar lugar a productos de degradación con un comportamiento distinto y una toxicidad que puede ser incluso superior a la del compuesto original. Los nonil fenoles polyetoxilados, se degradan a nonilfenol y derivados etoxilados de cadena corta (NPEOx  $x = 1$  o  $2$ ) que presentan una toxicidad mucho mayor que los compuestos originales. (Garcia-Cuerva, 2010)

Como se mencionó anteriormente todos los isómeros del nonilfenol (NP y 4-n-NP) y los nonilfenoles polietoxilados (NPEOx) han sido incluidos dentro del grupo de los denominados “contaminantes emergentes”, debido a su uso generalizado, su presencia en el medio ambiente y su toxicidad. Los nonilfenoles polietoxilados de cadena larga son surfactantes utilizados de forma generalizada y transformados por microorganismos en el medio ambiente para formar nonilfenoles y nonilfenoles etoxilados de cadena corta. El NP se utiliza en muchas actividades industriales tales como formación de resinas epoxy y la industria del cuero, y también se emplea como materia prima en la producción de nonilfenoles etoxilados. Además se utiliza para la fabricación de detergentes y desengrasantes. Otras fuentes de contaminación de estos compuestos son las refinerías de petróleo y carbón, así como aguas residuales sometidas a tratamiento biológico donde los NPEOx se degradan parcialmente a compuestos más tóxicos y persistentes (NPEO1, NPEO2, NP, 4-n-NP) (Garcia-Cuerva, 2010).

### **7.1.2.2. Presencia y evolución del nonil fenol y sus derivados etoxilados en el medio ambiente**

Como se ha visto anteriormente los nonilfenoles etoxilados se emplean fundamentalmente como detergentes, por su excelente propiedad de remover grasas y aceites, por lo que pueden ser liberados al medio ambiente a través de las descargas de aguas residuales industriales y domésticas además de cómo efluentes de plantas de tratamiento. Tanto los nonilfenoles como sus derivados etoxilados se adsorben con facilidad en matrices sólidas como sedimentos, lodos y suelos, por lo que la contaminación de suelos agrícolas en los que utilicen los lodos como fertilizantes es muy probable. (Garcia-Cuerva, 2010).

Los nonilfenoles etoxilados de cadena larga son transformados por microorganismos en el medio ambiente, para formar compuestos más tóxicos como son la mezcla de isómeros del nonilfenol (NP), nonilfenol lineal (4-n-NP) y los nonilfenoles etoxilados de cadena corta (NPEO<sub>n</sub> n = 1-2). El nonilfenol a su vez también se puede degradar foto químicamente en el agua, siendo la velocidad de su degradación dependiente de la profundidad a la que se encuentre. Esta foto degradación también tiene lugar en los derivados etoxilados pero a una velocidad mucho menor que la del NP, y no es significativa desde el punto de vista ambiental (Ahel, 1994).

Posiblemente la degradación que presente una mayor importancia es la que se produce en las plantas de tratamiento de aguas residuales. En ella se dan condiciones fundamentalmente anaeróbicas en las que, al igual que en la degradación por microorganismos, los surfactantes etoxilados dan lugar a nonilfenol y sus derivados etoxilados de cadena corta. Es por ello que es posible encontrar concentraciones muy altas de los alteradores endocrinos más

tóxicos en los lodos finales procedentes de depuradoras. (García-Cuerva, 2010).

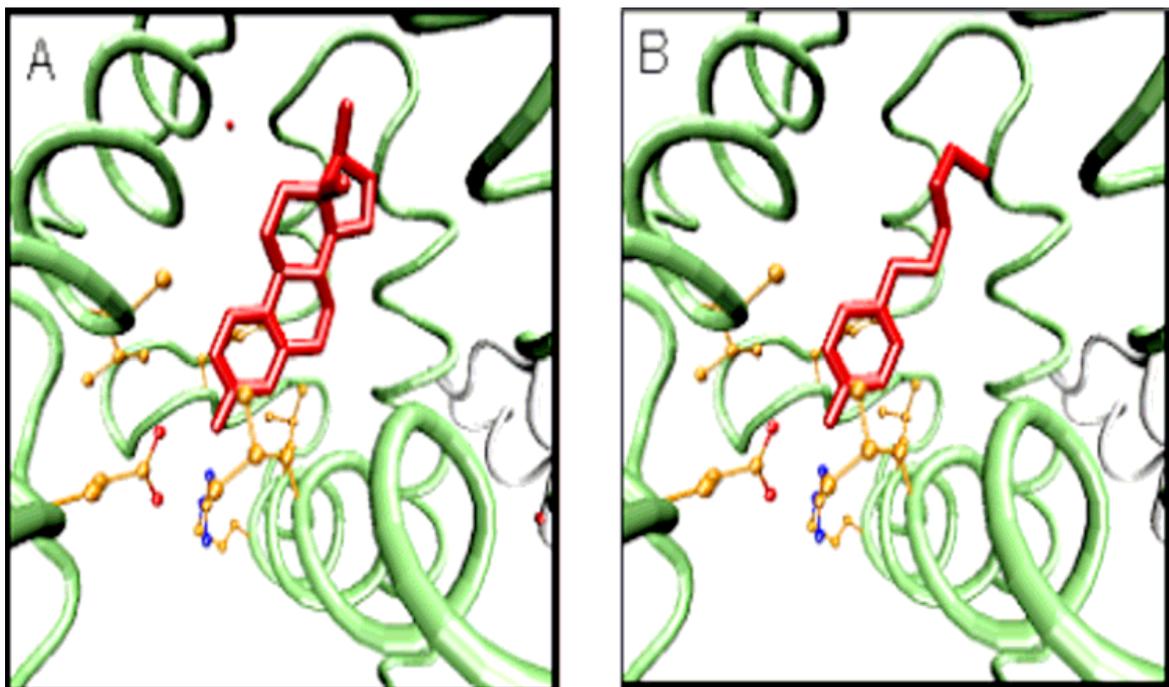
En la actualidad el destino final de la mayoría de estos lodos suele ser la incineración, la agricultura o los vertederos. Su uso en agricultura como fertilizante puede provocar la contaminación no sólo del suelo sino también de los cultivos, organismos y aguas subterráneas por lixiviación o de aguas superficiales por lluvia. La concentración de nonilfenol en los efluentes finales de las plantas de tratamiento es un indicativo de la eficacia de la misma.

El nonilfenol es más abundante en estos efluentes que sus derivados etoxilados encontrándose en concentraciones superiores a  $12 \mu\text{g l}^{-1}$  cuando a la entrada se encontraban en concentraciones de  $82 \mu\text{g l}^{-1}$ . Las concentraciones más elevadas se encuentran en los lodos procedentes de depuradoras, superiores en algunos casos a  $1\ 000 \text{ mg kg}^{-1}$  para el NP. También es importante su presencia en sedimentos con concentraciones que varían de  $1$  a  $2\ 000 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Aunque estos compuestos presentan una baja volatilidad, especialmente los nonil fenoles polietoxilados, se han encontrado concentraciones de los mismos en aire urbano, lo que sugiere una posible transferencia de los mismos desde el agua o desde suelos contaminados. (García-Cuerva, 2010).

La toxicidad de estos compuestos reside en su capacidad para mimetizar el comportamiento de los estrógenos naturales y provocar alteraciones en el sistema endocrino de los organismos. El nonilfenol interacciona uniéndose como un estrógeno por sus similitudes estructurales en el anillo fenólico. Un ejemplo de estas similitudes se da con el  $17\text{-}\beta\text{-estradiol}$ , estrógeno sintetizado de forma natural y que actúa sobre el desarrollo, mantenimiento y funciones de los órganos reproductores femeninos, los ciclos de actividad sexual y las

características sexuales secundarias femeninas. Asimismo, actúa sobre el sistema cardiovascular y sobre el mecanismo de coagulación de la sangre, favoreciendo una disminución en el tiempo de coagulación y un aumento del número de plaquetas. En la figura 1 se observa la similitud entre NP y 17- $\beta$ -estradiol. (Vasquez-Duhalt, 2005).

Figura 1. **Muestra la similitud de la estructura química del estradiol y el nonil fenol**



A: 17- $\beta$ -Estradiol; B: nonilfenol como ligandos para el estrógeno receptor

Fuente: (Vasquez-Duhalt, 2005).

En 1978 G. Mueller y un grupo de científicos dieron los primeros indicios de la actividad del nonilfenol como alterador endocrino, siendo este hecho posteriormente confirmado en 1991 por A. Soto. Desde entonces se han publicado numerosos estudios que muestran la toxicidad del NP en distintos

organismos. Un ejemplo característico es el caso de las lombrices, que después de 196 días de exposición al NP mostraron disminución en el crecimiento y en el número de puesta de huevos. También existen estudios en los que se demuestra el efecto del NP en hongos provocando un aumento en la producción de esporas aunque, en general, los efectos negativos sobre estos organismos son bastante bajos.

Por otro lado se ha demostrado que el impacto que tienen los alteradores endocrinos sobre organismos acuáticos trata principalmente sobre una afeminación en peces a concentraciones de nonilfenol entre 17 y 3 000  $\mu\text{gL}^{-1}$ . Los invertebrados son también sensibles al nonilfenol en el rango de 21-3 000  $\mu\text{gL}^{-1}$ , y en algas el LC50 se encuentra entre 27-2 500  $\mu\text{gL}^{-1}$ . Los efectos en mamíferos incluyen la disminución en el aumento de peso y hemorragias en el hígado. En diferentes especies acuáticas se han observado factores de concentración por acumulación que varían entre 100 y 3 400 veces. Por tanto, los nonilfenoles sufren biomagnificación a través de la cadena trófica, aunque este proceso puede reducirse gracias a la capacidad metabólica de los organismos. (García-Cuerva, 2010).

Otros estudios muestran que el NP tiene un efecto directo en la activación del estrógeno receptor alfa, el cual induce a la proliferación de células cancerígenas en el pecho. En cuanto al 4-n-NP, estudios realizados sobre el crecimiento en distintas plantas muestran que la presencia de este compuesto afecta a especies como la remolacha a concentraciones entre 10-50 x 10<sup>-3</sup> mmol l<sup>-1</sup>, produciendo la muerte de todos los individuos en estudio a concentraciones superiores. Sin embargo, otras especies como la zanahoria y la soja presentan una menor sensibilidad, ya que a concentraciones de 1000 x 10<sup>-3</sup> mmol l<sup>-1</sup> no se observa efecto alguno. Por lo tanto y aunque los efectos positivos del uso de lodos en suelos agrícolas están documentados, existen

algunos riesgos asociados a esta práctica que se encuentran todavía en estudio. (Garcia-Cuerva, 2010).

### **7.1.3. Biodegradable**

¿Qué es algo biodegradable? Biodegradables es alguna sustancia o producto que puede descomponerse en los elementos químicos tales como el carbono, el hidrógeno y el oxígeno que lo conforman por la acción de agentes biológicos como los animales, hongos, plantas y microorganismos bajo condiciones ambientales naturales. No todas las sustancias son biodegradables bajo estas condiciones naturales, algunas necesitan ayuda externa para poder llevar a cabo este proceso.

La velocidad o el tiempo que la biodegradación de las sustancias ocurre, tiene como condicionante de manera primordial a la estabilidad que se presentan sus moléculas, del medio en el que se encuentran para estar a disposición de los agentes biológicos y de las enzimas de estos agentes. La biodegradación es la característica de la mayoría de sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato (alimento) por otros microorganismos que las consumen para producir energía (respiración celular) y crear otros tipos de sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. (Erih, 2008).

Todos los organismos poseen características biodegradables, todo es cuestión del tiempo que se tome en realizar esta acción. Una gran cantidad de sustancias poseen la capacidad de lograr esta característica de manera natural en el medio ambiente que la rodea. El tiempo que este proceso toma es una de las características para calificar a las sustancias su capacidad de ser biodegradable. La capacidad que tienen algunas sustancias de reincorporarse a

la tierra por la acción de los agentes presentes en el medio ambiente se le llama biodegradabilidad. En este proceso algunas sustancias químicas pueden ser utilizadas como alimento por otros microorganismos y estos ser alimento de otros organismos para crear una cadena alimenticia.

Existen dos formas de que los materiales se degraden: una es aeróbica, por el contacto con el oxígeno al aire libre y la otra anaeróbica, que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, esto puede ser algo que se deposite bajo tierra.

Para determinar la biodegradabilidad de una sustancia el parámetro principal es el tiempo en el que transcurre para el desarrollo del proceso de degradación. Dependen tanto de su estructura física y química para poder cuantificar el tiempo que necesite para degradarse. Algunas sustancias como el vidrio tardan aproximadamente 4000 años en realizar este proceso de forma natural, mientras que una cáscara de banano necesita de 2 a 10 días para realizar este proceso. Por lo que se dice que un material no es biodegradable, cuando el tiempo que necesita para degradarse es extremadamente largo o supera la capacidad de los organismos para realizar el proceso natural de la degradación. Un factor negativo en la biodegradabilidad de los materiales es el factor que al momento de degradarse en sus elementos básicos estos pueden llegar a forma metano ( $\text{CH}_4$ ), este es un gas que causa graves problemas a la atmósfera por ser uno de los gases con efecto invernadero. (Luzier, 1992).

#### **7.1.4. Impacto ambiental de los productos desengrasantes no biodegradables**

El uso de los desengrasantes en las residencias es alto ya que es una actividad diaria de las personas, por lo que la cantidad de aguas residuales contaminadas por estos elementos es alta. Se sabe que el ingrediente activo

más importante de este tipo de productos es el nonil fenol etoxilado. Esta es una materia prima con excelentes cualidades desengrasantes debido a su origen inorgánico, pero como más adelante se detalla, es un disruptor endócrino que causa la muerte de la fauna que ingiera agua que la contenga. La Unión Europea ha lanzado campañas contra el uso de esta materia prima desde el 2003 ya que se poseen estudios científicos que respaldan que es una sustancia peligrosa prioritaria, por lo que restringe su uso para la protección del medio ambiente. En la actualidad no existen métodos para poder realizar una síntesis de este compuesto, debido a la complejidad de su formación por lo que su uso es regulado por esta entidad internacional. (76/769/EEC, 2003).

Otra materia prima que se utiliza para remover la grasa es la soda caustica, este compuesto es un hidróxido fuerte y muy corrosivo. Al estar en grandes concentraciones y en contacto con el agua puede generar grandes cantidades de calor por lo que puede causar daños a tuberías y crear fugas de las aguas residuales antes de que estas lleguen a su destino, pudiendo crear serios daños y contaminaciones a la ciudad antes de llegar a los lugares donde se les debe dar el tratamiento respectivo.

El ingerir agua con este compuesto es dañino para la salud ya que, por generar calor al estar en contacto con el agua, literalmente puede quemar el interior del ser vivo que la use como bebida. Al estar en contacto con la flora este tipo de residuo puede causar quemaduras tanto a las raíces como a los tallos. El agua residual que contenga este compuesto puede ser tratado mediante el ataque de agentes químicos para su neutralización, el inconveniente principal es el alto costo de estos agentes por lo que el uso de esta técnica se utiliza de forma limitada. (Hawley, 1992).

### **7.1.5. Grasas o lípidos**

Para la comprensión de este trabajo de investigación, se debe saber que los lípidos, o grasas, son compuestos que existen en forma natural en animales y plantas, las cuales son importantes en muchos procesos biológicos. Las grasas, aceites, ceras, esteroides y vitaminas pertenecen a la familia general de compuestos denominados lípidos del griego lipos que significa grasas. Estos son insolubles en agua, pero solubles en éter y otros disolventes orgánicos de polaridad semejante. Los productos naturales que son considerablemente más polares, como los carbohidratos, proteínas, péptidos y alcaloides son un poco solubles en agua, lo cual los distingue de los lípidos. Estos últimos se clasifican de acuerdo con su reactividad respecto a bases. Las grasas, aceites y ceras reaccionan con una base acuosa, y experimentan hidrólisis, en tanto que los esteroides y otros lípidos suelen no hacerlo. (Alan S. Wingrove, 1999).

Debido a esto, se requiere que se utilicen compuestos capaces de disolver las grasas para que el agua se convierta en medio de transporte de los residuos que se generen de la acción de éstos sobre los lípidos. Entre los compuestos químicos presentes en esta agua podemos encontrar: urea, albúmina, proteínas, ácido acético, bases jabonosas, almidones, aceites de origen animal, vegetal y mineral, hidrocarburos, gases, sales, así como microorganismos y restos vegetales y animales. (Romero, 2009).

### **7.2. Conceptos básicos de materias primas**

En base a una formulación de un producto desengrasante no biodegradable se tiene que los reactivos de uso más común contienen nonil fenol etoxilado, soda cáustica, EDTA (ácido tetra-acético de diamina etileno) y formaldehído, compuestos que poseen propiedades biodegradables muy lentas,

es decir permanecen en el ambiente por un período de tiempo mayor a los 10 años provocando contaminaciones de diversas maneras.

A continuación se presenta una breve descripción técnica de estos reactivos:

### **7.2.1. Materias primas no biodegradables**

Entre las materias primas no biodegradables se encuentran los compuestos que se detallan a continuación.

#### **7.2.1.1. Nonil fenol etoxilado**

Características del nonil fenol etoxilado

- Este es un líquido amarillento, con ligero olor fenólico, con cierta viscosidad. El cual es obtenido de la reacción de Nonil Fenol con óxido de etileno.
- Soluble en la mayoría de disolventes orgánicos. Soluble en grasas y aceites. Todos los grados de nonil fenol presentan gran afinidad para formar emulsiones O/W, W/O. su vida útil es de 24 meses.
- Peligroso en caso de contacto con los ojos (irritante), riesgo de lesiones oculares graves, el producto es tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar efectos negativos en el medio ambiente acuático. (Hawley, 1992).

Aplicaciones

- Tensoactivo usado en el procesamiento de metales.

- Agente humectante para uso de ácidos minerales e inhibidores de corrosión.
- En todas las fases de fibras sintéticas.
- También usado como tensoactivo base para formulaciones de destiñe.
- Tensoactivo de enjuague rápido, para el lavado de máquinas de papel.
- Uso doméstico e industrial, como productos de lavandería, humectantes, emulsificante, germicidas entre otros.
- Se usa en formulación de pesticida, como agente emulsificante y humectante, agente diluyente en pintura a base de agua.

#### Estabilidad y reactividad

Estabilidad: estable bajo condiciones normales de almacenamiento, no se descompone bajo el uso adecuado, reacciona con medios de oxidación fuertes

Peligros en la descomposición: puede formar monóxido de carbono y dióxido de carbono (Hawley, 1992).

#### **7.2.1.2. Soda cáustica o hidróxido de sodio (NaOH)**

Este compuesto es también conocido como soda cáustica o sosa cáustica. Es utilizado comúnmente como una base química en la industria de la fabricación de papel, tejidos y detergentes. En la industria petrolera se utiliza con frecuencia en la fabricación de lodos de perforación base agua.

Entre sus varias aplicaciones están la fabricación de crayón, explosivos, jabones, desengrasantes y derivados del petróleo. También en los procesos de textiles de algodón, blanqueados y lavandería. En formulaciones para la

elaboración de limpieza de hornos y desagües es común encontrar este compuesto entre sus ingredientes.

En su estado natural el NaOH es un sólido cristalino blanco sin olor que tiene la propiedad de absorber la humedad del aire, es decir higroscópico. Es un compuesto que al disolverse con agua o reaccionar con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser utilizado como por ejemplo para realizar combustiones. Este es un reactivo muy corrosivo. Usualmente se utiliza como solución al 50 % y en su estado sólido. (Hawley, 1992).

#### **7.2.1.3. Acido tetra-acético de diamina etileno (EDTA)**

Estos agentes quelantes son aminoácidos que tienen la capacidad de atrapar en su molécula a los iones de minerales y metales bivalentes” (Leon, 2004, pág. V).

#### **7.2.1.4. Formaldehido**

Este compuesto también es conocido como:

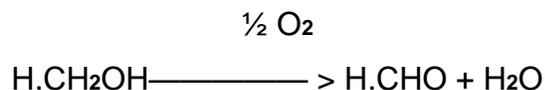
- Formalina
- Formol
- Oximetileno
- Veracur
- Aldehído fórmico
- Fluído embalsamador
- Metil aldehído

Propiedades físicas y químicas:

El formaldehído (HCHO) es un gas volátil, con una mayor densidad que el aire.

Es un gas incoloro que posee la característica de producir irritaciones nasales. Es un compuesto muy soluble en agua. Es producido mediante la oxidación del alcohol metílico o metanol. (Ramazzini, 2005).

Su reacción es:



Usos del formaldehído:

Este compuesto es muy eficaz frente a virus y bacterias, sin embargo no es recomendable como desinfectante ya que emana gases, que causan irritaciones nasales y oculares. Pueden llegar a ser tóxicos y carcinogénicos sin la correcta protección. Tradicionalmente se utiliza como preservante, para fijaciones de tejidos y embalsamador. Su uso también es común en diversas industrias como astringente, antiperspirante, cosmético, plásticos dentales, fertilizantes aislantes, pinturas. (Ramazzini, 2005).

### **7.2.2. Materias primas biodegradables**

La formulación propuesta posee varias materias primas que son biodegradables y que son conocidos por sus propiedades desengrasantes. A continuación se realiza una descripción breve de los mismos.

### 7.2.2.1. Ácido cítrico

Es un compuesto cuya fórmula es  $C_6H_8O_7$ . Es un ácido orgánico tricarbónico el cual se encuentra principalmente en cítricos, como la naranja y el limón. Es utilizado como antioxidante natural y conservante que se agrega en la fabricación de productos alimenticios. Usualmente se utiliza como aditivo en la preservación de alimentos, como por ejemplo, las conservas de alimentos enlatados. (Alderete, 2000).

#### Propiedades físicas del ácido cítrico

Este compuesto es un polvo cristalino de color blanco. Se puede encontrar como monohidrato que contenga una molécula de agua por cada molécula de ácido cítrico o en forma anhidra, es decir sin agua. Esta forma se cristaliza al agregársele agua caliente, mientras que la forma monohidrato se cristaliza en agua fría.

A nivel industrial el ácido cítrico se obtiene a partir de la fermentación de azúcares tales como la sacarosa o la glucosa. Esta es realizada por un microorganismo llamado *Aspergillus Níger*.

Existen varias fases para la obtención del ácido cítrico. La primera es la preparación del sustrato de melaza. La segunda es la fermentación aeróbica de la sacarosa por el *Aspergillus*. La tercera la separación del ácido cítrico del sustrato, al agregar hidróxido de calcio para producir citrato de calcio. La cuarta fase se añade ácido sulfúrico para descomponer el citrato de calcio. La eliminación de impurezas se realiza con carbón activado o resinas de intercambio iónico. La quinta fase es la cristalización del ácido cítrico. Y la sexta y séptima es el secado y el empaquetado del producto. (Alderete, 2000).

### 7.2.2.2. Terpenos o d-limonenos

El limoneno se produce de forma natural en ciertos árboles y arbustos. El limoneno y los mono terpenos son liberados en grandes cantidades principalmente a la atmósfera, de fuentes biogénicas y antropogénicas. El limoneno tiene diferentes usos por ejemplo; se utiliza en la industria para desengrasado de metales, como disolvente de pinturas, limpieza de productos electrónicos, en la industria de la impresión, como disolvente de pinturas. También como un aditivo que le da sabor y fragancia a los alimentos. En perfumes y productos de limpieza para los hogares. (Dr. A. Falk Filipson, 1998) El d-limoneno podría ser considerado como un químico de baja toxicidad. No hay evidencia de que el limoneno tiene efectos teratogénicos o embriotóxicos en ausencia de toxicidad materna.

En la atmósfera el limoneno y otros terpenos reaccionan de forma foto química produciendo hidroxilo, radicales nitratos y ozono. La oxidación de terpenos tal como limoneno, contribuye a la formación de smog fotoquímico. En el suelo se espera que el limoneno tenga poca movilidad, y en el medio acuático se espera que se una fuertemente al sedimento. El limoneno es resistente a la hidrólisis. Su biodegradación se produce en condiciones aeróbicas.

Características y propiedades físicas:

A temperatura ambiente el limoneno es un líquido incoloro. La fórmula estructural de limoneno es la siguiente: dos isómeros ópticos, y d- l-limoneno, dipenteno y la mezcla racémica dipentene.

El limoneno, al igual que otros mono terpenos, se produce naturalmente en ciertos árboles y arbustos. Se encuentra en la cáscara de los cítricos, en eneldo, alcaravea, el hinojo, el apio y la trementina. Las concentraciones típicas de los mono terpenos contenidas en el aire, en los bosques de coníferas son 1-10: g/m<sup>3</sup> y sus variaciones son grandes. La media de las tasas de emisión de limoneno de diferentes especies de plantas (es decir, limón, naranja, pistacho, y nogal) de 0,4 a 2,5 mg / g de peso seco de las hojas por hora. (Dr. A. Falk Filipson, 1998).

### **7.2.2.3. Alcoholes**

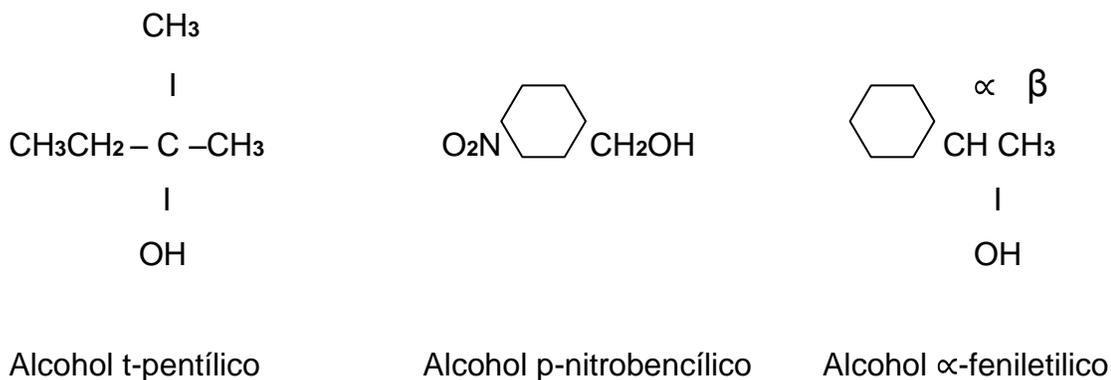
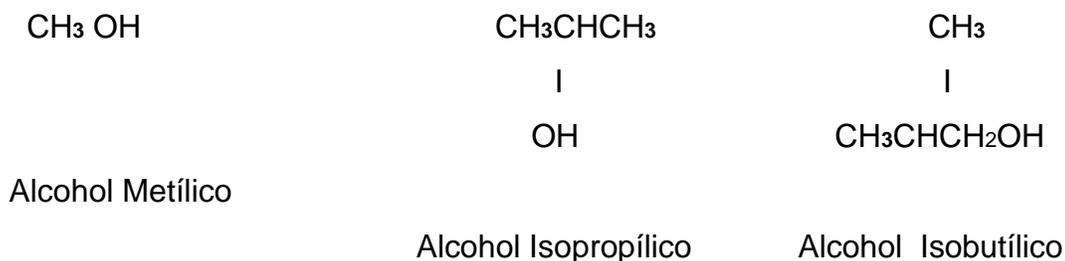
Juntamente con los fenoles pertenecen al grupo oxhidrilo –OH, estos pueden convertirse directa o indirectamente en muchos otros grupos funcionales.

Estructura: cuando un grupo –OH se une a un átomo de carbono saturado, dan como resultado los compuestos que se denominan alcoholes, R–OH, donde R es cualquier grupo alquilo y OH es el grupo hidroxilo. Un alcohol simple puede nombrarse dando el nombre del grupo alquilo que está unido al grupo hidroxilo con la terminación ilico, precedido de la palabra alcohol. Los nombres IUPAC se derivan agregando una letra “/” final al nombre del alcano correspondiente. Al igual que un halogenuro de alquilo, un alcohol se clasifica como primario, secundario o terciario, según el tipo de carbono que lleva el grupo –OH (Morrison, 1998).

Propiedades: entre estas destacan dos de ellas, su acidez y su basicidad. Estas propiedades residen en el grupo hidroxilo –OH, el grupo funcional de los alcoholes. Este grupo es similar al grupo hidroxilo del agua. Los alcoholes, al igual que el agua, son ácidos y bases débiles, casi tan ácidos básicos como

esta. De la misma manera que el agua los alcoholes son lo suficientemente ácidos como para reaccionar con metales activos, liberando hidrogeno gaseoso.

Los alcoholes se denominan utilizando dos sistemas principales. Como se mencionó anteriormente un nombre común consiste sencillamente en el nombre del grupo alquilo con la terminación “ico” y precedido por la palabra “alcohol”. Por ejemplo:



Propiedades físicas:

El alcohol es un compuesto de un alcano y agua. Contiene un grupo lipofilo del tipo de un alcano y un grupo hidroxilo que es hidrófilo, similar al agua. De estas dos unidades estructurales, el grupo —OH da a los alcoholes

sus propiedades físicas características y el alquilo es el que las modifica, dependiendo de su tamaño y forma. (Morrison, 1998).

#### **7.2.2.3.1. Alcohol butílico (butanol)**

Pertenece a la familia química alifática. Sinónimos: Propylcarbinol, N-butanol, alcohol butírico. Fórmula:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$ . Peso molecular 74.12. Se conoce como alcohol butílico, 1-butanol o n-butanol. Es un líquido claro, con olor punzante, no residual, soluble en etanol, metanol y otros solventes orgánicos. Es poco soluble en agua. Se utiliza como: solvente latente para thinners y pinturas en industria de pinturas. Producción de tintas de impresión para la industria gráfica. Auxiliar para la industria de colorantes. Agente deshidratante (en destilaciones azeotrópicas). Ingrediente en formulaciones de detergentes. El alcohol butílico es solvente en: la fabricación de explosivos a base de nitrocelulosa, la fabricación de cueros artificiales, la fabricación de películas a base de acetato de celulosa, para la fabricación del rayón. Además de ser un agente de extracción para diversas grasas, aceites, ceras y resinas. (Alan S. Wingrove, 1999).

#### **7.2.2.3.2. Alcohol isopropílico (isopropanol)**

Es un líquido volátil, incoloro. Es usado para síntesis orgánica y como intermedio químico, funciona como disolvente para ceras, aceites vegetales, resinas naturales y sintéticas, ésteres y éteres de celulosa. Usado también en composiciones de pulimento, líquido para frenos, disolventes desengrasantes y antisépticos. Es peroxidizable, altamente inflamable y soluble en agua. Como otros alcoholes reacciona con oxidantes fuertes.

Se obtiene por oxidación de hidrocarburos del gas natural o a partir del aceite de fusel. (Alan S. Wingrove, 1999).

#### **7.2.2.3.3. Alcohol etílico**

Este alcohol es uno de los compuestos orgánicos sintéticos más antiguos e importantes empleados por la humanidad.

En diversas industrias este compuesto es utilizado como disolvente para barnices, lacas, condimentos y perfumes. Se usa para recristalización y como medio para reacciones químicas. El alcohol etílico es obtenido para estos fines, de la hidratación del etileno y por la fermentación de azúcar de las melazas. Su obtención primaria proviene de la caña de azúcar, del petróleo y de varios granos.

Este alcohol es el utilizado comúnmente en las bebidas “alcohólicas”. Para esta finalidad se procesa por fermentación del azúcar contenido de un sinfín de fuentes vegetales. El proceso posee varias etapas que produce diferentes tipos de productos a partir de lo que se fermenta, como se fermenta y de lo que se realice después de la fermentación. Los sabores obtenidos no son debido al alcohol, sino que a otros compuestos que pertenecen a la fuente específica o que sea agregada de manera deliberada. (Alan S. Wingrove, 1999).

En medicina se tiene clasificado a este alcohol como hipnótico ya que produce sueño. Posee una menor toxicidad que otros alcoholes como el metanol.

Por estas razones el alcohol etílico para las industrias se necesita que esté en forma no bebible. Para poder resolver esta problemática se le agrega

una sustancia desnaturalizante, la cual le proporciona un mal sabor e incluso elevada toxicidad. Unos ejemplos de estos desnaturalizantes son el metanol y la gasolina de alto octanaje.

Con excepción de la industria de las bebidas alcohólicas casi todo el alcohol etílico se consume en una mezcla de 5 % de agua y 95 % de alcohol, conocida comercialmente como alcohol de 95 %. La característica especial de esta concentración es que para su preparación primero se obtiene una mezcla de éste con agua y luego se concentra esta mezcla mediante destilación fraccionada. “Sucede que el componente de punto de ebullición más bajo no es alcohol etílico (Ej. 78.3°C), sino un azeótropo binario que contiene 95 % de alcohol y 5 % de agua (ej. 78.15°C). Como azeótropo, da un vapor de igual composición, por supuesto, y no se puede concentrar más por destilación, cualquiera que sea la eficiencia de la columna de fraccionamiento que se utilice. El alcohol etílico puro se conoce como alcohol absoluto. Aunque es más caro que el alcohol de 95 %, es accesible cuando se necesita específicamente. Se obtiene aprovechando la existencia de otro azeótropo, esta vez uno *ternario* de por ejemplo 64,9C° 7,5 % de agua, 18,5 % de alcohol etílico y 74 % de benceno.” (Alan S. Wingrove, 1999, pág. 630).

#### **7.2.2.4. Propilenglicol**

Su fórmula química es:  $C_3H_8O_2$ . Este es un compuesto con líquido claro aceitoso, insípido, incoloro e inodoro. Es soluble en agua, cloroformo y acetona. Se produce mediante la hidratación de óxido de propileno resultando propano 1,2 diol, nombre con el cual se le conoce.

Aplicaciones industriales:

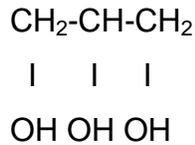
- Como humectante en productos farmacéuticos, cosmética, alimentos y tabaco.
- Como lubricante.
- Como agente saborizante en bebidas.
- Como solvente para coloración de alimentos y saborización.
- Como humectante aditivo alimentario,
- Como ingrediente en muchos productos cosméticos, inclusive toallas para bebés, espuma de baño, y champús.
- Como ingrediente primario de la "pintura" dentro de los proyectiles de "paintball".
- Como ingrediente de base en aeronaves fluidificante y en ciertos anticongelantes de vehículos. (Sullivan, 2005).

#### **7.2.2.5. Glicerina**

Este compuesto es un líquido viscoso, incoloro, dulce, inodoro, higroscópico que al enfriarse se convierte en una sustancia gelatinosa. Posee un alto punto de ebullición. La glicerina es soluble en alcohol y agua e insoluble en aceite. La glicerina está presente en todas las grasas y aceites naturales, tanto animal como vegetal. Sus moléculas tienen la característica de formar triglicéridos.

La glicerina se obtiene a partir de la separación mediante destilación de los remanentes de la fabricación del jabón. Luego de ser destilado el producto resultante es filtrado y se solidifica dentro de un molde.

Este compuesto es un alcohol con tres grupos hidroxilos. ( $C_2H_5NO_2$ )



1,2,3-Propanotriol glicerol

Al igual que el agua el glicerol puede formar también enlaces de hidrogeno. Cada molécula de glicerol posee tres radicales  $\text{-OH}$  por lo que puede participar en los enlaces de hidrogeno de otras moléculas de glicerol. Debido a su alta viscosidad sus moléculas tienen la capacidad de entrelazarse en vez de deslizarse. (Chang, 2009).

#### **7.2.2.6. Amonio cuaternario**

Este es un compuesto químico, de origen orgánico, utilizado como desinfectante. Su fórmula general se puede representar así: los cuatro sustituyentes ( $R_1$  a  $R_4$ ) del N son cadenas de hidrocarburos variados. Las sales de amonio cuaternario más activas son aquellas que tienen tres grupos alquílicos cortos y un grupo alquílico largo: cloruro de cetilpiridinio, cloruro de benzalconio.

Usos, ventajas e inconvenientes:

Tienen baja toxicidad, por lo que se pueden emplear como desinfectantes y antisépticos de la piel. Se emplean igualmente en la desinfección de material de industrias alimentarias. Su actividad se ve neutralizada por jabones y fosfolípidos, precipitándose en su presencia. No tiene olor, no mancha las

superficies, no es corrosivo. Dejan un residuo no volátil sobre las superficies donde se aplican. (Guevara, 2009)

#### **7.2.2.7. Aloe vera o sábila**

Nombre científico: *Aloe vera L.*

Familia: Aloaceae.

Nombres comunes: aloe, acíbar, aloes, bartaloina, pita, babosa.

Nombre conocido en el área: sábila.

Origen y distribución geográfica: nativa del mediterráneo, particularmente del norte de África o la parte alta del Nilo, se cultiva en alturas de 400-2 500 metros sobre el nivel del mar. Introducida en América, específicamente al Caribe por la Orden de los Franciscanos españoles, éstos la trasladaron seguramente a la isla Barbados, de donde viene su actual nombre científico *Aloe Barbadensis*. Donde es cultivada abundantemente. En Guatemala se encuentra plantada en algunos lugares de la boca costa del Pacífico, en el oriente y el altiplano

Se conocen aproximadamente 400 diferentes compuestos en la hoja de aloe. La composición del aloe debe distinguir dos formas principales: el aloe puro y el gel de aloe. El aloe puro es una resina café amarillenta (aloína) que se encuentra en el parénquima verdoso y en la corteza de la hoja. Esta sustancia tiene un fuerte olor y un sabor amargo. Contiene antraquinonas y antracenos. El aloe gel es una sustancia viscosa transparente que se obtiene de la parte central o médula de la hoja. Su obtención requiere eliminar cuidadosamente la corteza y el parénquima verde de modo que no contenga aloína. Se han descrito 220 diferentes compuestos en el aloe gel. El aceite de aloe vera es la fracción lipídica obtenida de las hojas de *aloe barbadensis miller*.

### **7.3. Legislación ambiental en la industria de limpieza guatemalteca**

En Guatemala existen leyes y reglamentaciones ambientales que norman en cierta medida la formulación y elaboración de productos químicos. Parten desde la Constitución Política de la República de Guatemala, decretos emitidos por el Congreso de la República, acuerdos gubernativos, reglamentos hasta convenios internacionales aceptados por Guatemala.

A continuación se mencionan algunos de estos que por su importancia es necesario tener conocimiento de los mismos:

#### **7.3.1. Constitución Política de la República de Guatemala**

Artículo 64. Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.

Artículo 93. Derecho a la salud. El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

Artículo 96. Control de calidad de productos. El Estado controlará la calidad de los productos alimenticios, farmacéuticos, químicos y de todos aquellos que puedan afectar la salud y bienestar de los habitantes.

Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a

propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

Artículo 127. Régimen de aguas. Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles.

### **7.3.2. Decretos emitidos por el Congreso de la República de Guatemala**

Tomando como base lo que estipula la Constitución Política, el Organismo Legislativo, a través de los diputados, han emitido decretos-leyes que han creado instituciones y reglamentaciones que se encargan de velar por el manejo y conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Estas se mencionan a continuación:

#### **7.3.2.1. Código de Salud**

Decreto 90-97

Capítulo IV

Salud y ambiente

Sección I

Calidad ambiental

Artículo 68. Ambientes saludables. El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.

Artículo 69. Límites de exposición y de calidad ambiental. El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, establecerán los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean estos de naturaleza química, física o biológica.

Artículo 70. Vigilancia de la calidad ambiental.

Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por Guatemala que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano.

Artículo 73. Importación de desechos. Se prohíbe la importación de desechos tóxicos, radiactivos y/o difícil degradación.

Artículo 74. Evaluación de Impacto ambiental y salud.

Artículo 75. Sustancias y materiales peligrosos.

Artículo 80. Protección de las fuentes de agua.

Artículo 90. Agua contaminada. Queda prohibido utilizar agua contaminada, para el cultivo de vegetales alimentarios para el consumo humano en el reglamento respectivo.

Artículo 92. Dotación de servicios. Las municipalidades, industrias, comercios, entidades agropecuarias, turísticas y otro tipo de establecimientos públicos y privados, deberán dotar o promover la instalación de sistemas adecuados para

la eliminación sanitaria de excretas, el tratamiento de aguas residuales y aguas servidas, así como del mantenimiento de dichos sistemas conforme a la presente ley y los reglamentos respectivos.

Artículo 93. Acceso y cobertura. El Ministerio de Salud de manera conjunta con las instituciones del sector, las municipalidades y la comunidad organizada promoverá la cobertura universal de la población a servicios para la disposición final de excretas, la conducción y tratamientos de aguas residuales y fomentará acciones de educación sanitaria para el correcto uso de las mismas.

Artículo 96. Construcción de obras de tratamiento. Es responsabilidad de las municipalidades o de los usuarios de las cuencas o sub cuencas afectadas, la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas para evitar la contaminación de otras fuentes de aguas, ríos, lagos, nacimientos de agua.

Artículo 97. Descarga de aguas residuales. Queda prohibida la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y el uso de aguas residuales que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud.

Reglamentos: reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas.

### **7.3.2.2. Código Municipal**

Decreto 58-88.

Artículo 7. Establecer como fin del municipio velar por su integridad territorial, el fortalecimiento de su patrimonio económico y la preservación de su patrimonio cultural.

Artículo 40. Incisos h y s. Establece la competencia de la corporación municipal en relación con el saneamiento ambiental.

Artículo 61. Establece entre las atribuciones del alcalde.

Velar por la limpieza y salubridad del municipio, en calles, plazas y establecimientos públicos, regulando lo concerniente a mercados, puestos de venta, mataderos y establecimientos análogos. La administración municipal a emitido reglamentos sobre: mercados, desechos sólidos, transporte, localización industrial y otros.

#### **7.3.2.2.1. Reglamento de drenajes para la ciudad de Guatemala**

El presente reglamento fue sancionado por el Concejo Municipal el 9 de marzo de 1964. Entre los incisos que se relacionan con el medio ambiente se tienen los siguientes:

402-a) En ningún sistema de drenajes se podrán ingerir aguas que contengan:

- a) Grasas y aceites provenientes de garajes, talleres de mecánica, plantas industriales etc.

- b) Alquitranes, aceites vegetales o minerales y sus derivados, pinturas, barnices y los desechos provenientes de su manufactura.
- c) Aguas de desechos que contengan una cantidad mayor de 5 000 mg/L de sólidos suspendidos.
- d) Los productos combustibles que puedan causar explosiones o poner en peligro el sistema de drenajes.
- e) Los desechos industriales con PH menor de 5,5 o mayor de 9.
- f) Cualquier agua de desecho industrial con una demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días mayor de 1 000 mg/L (DBO<sub>5</sub><1000 mg/L).
- g) Las basuras o sus constituyentes; desperdicios, desechos, cenizas barrido de calles, trapos, materiales sobrantes de construcciones, etc.
- h) Los materiales en solución o suspensión que debido a reacciones químicas puedan obstruir, dañar o tapar las tuberías del alcantarillado.
- i) Las aguas que se encuentren a una temperatura mayor de 65 grados Celsius, debido a que dañarían las tuberías de pvc, ya que éstas, es recomendable utilizarlas con líquidos a temperatura no mayor de 50 grados centígrados.
- j) Los desechos industriales con un PH menor de 5,5.
- k) Cualquier agua de desecho industrial con una demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días mayor de 1 000 ppm.

403) Conexión de las plantas industriales, fábricas, hospitales, centros educativos, centros comerciales y centros recreativos, a la red de drenajes

403-a) Toda planta industrial, fábrica hospitales, etc. no podrá ingerir sus aguas servidas a la red de drenajes.

403-b) Toda planta industrial, fábrica, hospital, etc., no podrá disponer de sus aguas servidas fuera de los linderos de su propiedad.

403-c) Para la expedición del permiso de conexión a la red de drenajes, el interesado deberá presentar planos completos de la red de drenajes particular, el análisis físico-químico, D.B.O., a los cinco días y las cantidades de agua servidas que corren por ella; ésta información deberá ser proporcionada por profesionales colegiados con estudios especializados en estas ramas.

403-d) Toda planta industrial, fábrica, hospital, etc., que a la fecha de promulgarse el presente reglamento se encuentre en funcionamiento, deberá dentro del plazo de un año, proceder a la disposición de sus aguas servidas industriales, fuera de los linderos de su propiedad, sujetándose a las disposiciones y reglamentos municipales.

### **7.3.2.3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales República de Guatemala**

Decreto 90-2000

Congreso de la República de Guatemala, “Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales”, del 11 de diciembre de 2000.

#### **7.3.2.3.1. Política Marco de Gestión Ambiental del Ministerio de Ambiente Recursos Naturales**

El tema ambiental es visto como una oportunidad para el país, debido a que brinda bienes y servicios ambientales a la sociedad guatemalteca, tales como el agua, productos maderables, energéticos, seguridad alimentaria y medicinas entre otros, se refleja en una creciente valoración por parte de la ciudadanía con relación a la naturaleza y sus componentes. Por otra parte, se

constatan las amenazas para la sustentabilidad que han significado las presiones de uso, actuales e históricas, ocasionando procesos de deterioro, agotamiento y la acumulación de importantes pérdidas ambientales en esta área. Derivado de lo anterior, surge la preocupación por el tema ambiental debido a la importancia económica y ecológica que el patrimonio natural y la calidad ambiental brindan a las guatemaltecas y los guatemaltecos.

Sin embargo a pesar de todos estos beneficios, que se reciben de la biodiversidad y los recursos naturales, no se le ha dado la atención integral que el mismo merece. El enfoque sectorial de la gestión ambiental y del patrimonio natural se muestra hoy insuficiente, cuando el manejo debe ser integrado, conciliando las diversas demandas y objetivos, además de considerar las interrelaciones entre los diferentes componentes y procesos eco sistémico para asegurar la sustentabilidad.

En respuesta a este tipo de demandas y preocupaciones emanadas por diferentes actores y sectores de la sociedad, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN- presenta este documento de política marco que fue elaborado en coordinación, con un grupo asesor conformado por expertos y expertas relacionados a la Gestión Ambiental y de políticas públicas.

### Principios de la Política Marco de Gestión Ambiental

Los principios y fundamentos de la Política Marco, se entienden como los valores y preceptos que orientan el comportamiento y la aplicación de la política en una sociedad y un tiempo determinado. Entre estos destacan:

- Precautoriedad. Con el fin de proteger el ambiente, el Estado debe aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus

capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos para impedir la degradación del ambiente y de los recursos naturales.

- Ética ambiental. Es responsabilidad de todos practicar el conjunto de normas que rigen la conducta humana en pro del ambiente. Junto con el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación y de disfrutar de los beneficios del patrimonio natural, todos los guatemaltecos tienen la responsabilidad de asegurar el uso sustentable y de promover la conservación del patrimonio natural.

#### **7.3.2.3.2. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición**

Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

#### **7.3.2.4. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**

Decreto 68-86 del Congreso de la República, en su Artículo 13 regula: “Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

### **7.3.2.5. Ley de Fomento de la Educación Ambiental**

Decreto número 74-96, del Congreso de la Republica. La presente Ley tiene por objeto:

- a) Promover la educación ambiental en los diferentes niveles y ciclos de enseñanza del sistema educativo nacional.
- b) Promover la educación ambiental en el sector público y privado a nivel nacional.
- c) Coadyuvar a que las políticas ambientales sean bien recibidas y aceptadas por la población.

### **7.3.2.6. Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental**

Decreto número 116-96 del Congreso de la República. La presente ley tiene como objetivos generales entre otros:

- a) Promover la difusión de la educación y conciencia ambiental, en forma permanente, a través de los medios de comunicación del país;
- b) Coadyuvar a que la población guatemalteca tome conciencia de la necesidad de proteger, conservar y utilizar de manera sustentable los recursos naturales del país;
- c) Motivar e incentivar a todos los sectores del país a difundir programas de educación y de conciencia ambiental.

### **7.3.2.7. Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental**

Decreto número 64-96.

Artículo 1. Declaración. Se declara de interés y urgencia nacional, el rescate resguardo del Lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias.

Artículo 2. Creación. Se crea como organismo al más alto nivel, la autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y el Lago de Amatitlán, con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para recuperar el ecosistema del Lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias.

### **7.3.2.8. Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno**

Decreto número 133-96.

Artículo 2. Se crea la autoridad para el manejo sustentable del Lago de Atitlán y su entorno, la cual podrá denominarse AMSCLAE, con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutara las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para conservar, preservar y resguardar el ecosistema del Lago de Atitlán y sus áreas circunvecinas.

### **7.3.2.9. Código penal**

Decreto 17-73.

Artículo 347a. Contaminación: Será sancionado con prisión de uno a dos años de Q. 300,00 a Q. 5 000,00 el que contaminare el aire, el suelo por las aguas mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones.

Artículo 347b. Contaminación Industrial. Se impondrá prisión de dos a diez años y multa de Q. 3 000,00 a Q. 10 000,00 quetzales, al director, administrador, gerente o titular o beneficiario de una explotación industrial o actividad comercial que permitiere o autorizare el ejercicio de la actividad comercial o industrial, la contaminación del aire, el suelo o las aguas , mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones.

### **7.3.3. Acuerdos gubernativos**

Acuerdo Gubernativo No. 23-2003

Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental. Norma los procedimientos para el proceso de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental y compete al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales su aplicación.

Acuerdo Gubernativo número 186-99

Reglamento de la autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.

Artículo 1. Objeto. El presente reglamento tiene por objeto regular la organización administrativa, funcionamiento y régimen financiero, así como la función de los sectores que intervienen en el control de uso de los recursos de las Cuenca y el Lago de Amatitlán y el Comité de Vigilancia de la autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, que en el presente reglamento se denominara AMSA.

#### **7.4. Acuerdos internacionales en los cuales Guatemala es signataria.**

- Convenio para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los países de América. Washington 5 enero 1942.
- Convención de RAMSAR (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas). Solicita de todos los países firmantes, que conserven sus zonas húmedas, promuevan la utilización sostenible de las mismas y que destinen áreas especiales a reservas de vida silvestre acuática. 1971.
- Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimientos desechos y otras materias Objetivo: prevenir la contaminación del mar por vertimientos internacionales de desechos y controlar las fuentes de contaminación. ONU 1972.

- Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural. UNESCO, 16 enero 1979.

## **7.5. Criterios ambientales de la industria guatemalteca**

En Guatemala, la mayoría de industrias locales poseen una reglamentación interna específica sobre cuestiones ambientales, sin embargo se encuentra que toman como referencia las normas de la Organización Mundial para la Estandarización (Normas ISO). Estas normas son aplicadas por las empresas de manera voluntaria.

### **7.5.1. Normas ISO 14 000**

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO), es un organismo con sede en Ginebra, que nace luego de la Segunda Guerra Mundial y constituido por más de 100 agrupaciones o países miembros. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional. Las normas desarrolladas por ISO son voluntarias, comprendiendo que ISO es un organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional, por lo tanto, no tiene autoridad para imponer sus normas a ningún país.

En la década de los 90, en consideración a la problemática ambiental, muchos países comienzan a implementar sus propias normas ambientales las que variaban mucho de un país a otro. De esta manera se hacía necesario tener un indicador universal que evaluara los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada.

En este contexto, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar a la Cumbre para la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 en Río de Janeiro -Brasil-. Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales, después denominadas, ISO 14 000.

Se debe tener presente que las normas estipuladas por ISO 14 000 no fijan metas ambientales para la prevención de la contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, sino que, establecen herramientas y sistemas enfocadas a los procesos de producción al interior de una empresa u organización, y de los efectos o externalidades que de estos deriven al medio ambiente.

#### **7.5.2. Normas ISO 14 001**

El documento ISO 14 001 llamado Sistema de Administración Ambiental Especificación con Guía para su uso A es el de mayor importancia en la serie ISO 14 000, dado que esta norma establece los elementos del SGA (Sistema de Gestión Ambiental) exigido para que las organizaciones cumplan a fin de lograr su registro o certificación después de pasar una auditoría de un tercero independiente debidamente registrado. En otras palabras, si una organización desea certificar o registrarse bajo la norma ISO 14 000, es indispensable que de cumplimiento a lo estipulado en ISO 14 001.

Para ello se debe de tener en cuenta que el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) forma parte de la Administración General de una organización (empresa), en este sentido, el SGA debe incluir: planificación, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos que le permitan

desarrollarse, alcanzar, revisar y poner en práctica la Política Ambiental.  
(Montenegro, 2004).



## 8. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Formular un producto desengrasante de uso doméstico a partir de materias primas biodegradables, que posea la misma función, propiedades y costos que los productos existentes en el mercado nacional.

### Variable Independiente

Concentración de ácido cítrico (ppm = masa de sustancia dividida por masa de solución)

### Indicadores

Concentración de ácido cítrico presente en la formulación (ppm = masa de sustancia dividida por masa de solución)

Tiempo de acción sobre la superficie a tratar (segundos, minutos, horas)

### Variable Dependiente

Concentración de grasas o aceites (ppm = masa de sustancia dividida por masa de solución)

### Indicadores

Regulación de pH (escala de 1 a 14)

Tiempo de oxidación (segundos, minutos, horas)

Reducción de tiempo de acción desengrasante (segundos, minutos, horas)



## **9. CONTENIDO PROPUESTO DEL INFORME FINAL**

1. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES
2. GLOSARIO
3. INTRODUCCIÓN
4. ANTECEDENTES
5. OBJETIVOS
6. JUSTIFICACIÓN
7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
8. ALCANCES
  
9. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL
  - 9.1. Generalidades
    - 9.1.1. Medio ambiente
    - 9.1.2. El impacto ambiental
      - 9.1.2.1. Impacto ambiental del nonil fenol etoxilado
      - 9.1.2.2. Presencia y evolución del nonil fenol y sus derivados etoxilados en el medio ambiente
    - 9.1.3. Biodegradable
    - 9.1.4. Impacto ambiental de los productos desengrasantes no biodegradables
    - 9.1.5. Grasas o lípidos
  - 9.2. Conceptos básicos de materias primas
    - 9.2.1. Materias primas no biodegradables
      - 9.2.1.1. Nonil fenol etoxilado

- 9.2.1.2. Soda cáustica o hidróxido de sodio (NaOH)
- 9.2.1.3. EDTA
- 9.2.1.4. Formaldehído
- 9.2.2. Materias primas biodegradables
  - 9.2.2.1. Ácido cítrico
  - 9.2.2.2. Terpenos o d-limonenos
  - 9.2.2.3. Alcoholes
    - 9.2.2.3.1. Alcohol butílico (Butanol)
    - 9.2.2.3.2. Alcohol iso propílico (Isopropanol)
    - 9.2.2.3.3. Alcohol etílico
  - 9.2.2.4. Propilenglicol
  - 9.2.2.5. Glicerina
  - 9.2.2.6. Amonio cuaternario
  - 9.2.2.7. Aloe vera o sábila
- 9.3. Legislación ambiental en la industria de limpieza guatemalteca
  - 9.3.1. Constitución Política de la República de Guatemala
  - 9.3.2. Decretos emitidos por el Congreso de la República de Guatemala
    - 9.3.2.1. Código de Salud
    - 9.3.2.2. Código Municipal
      - 9.3.2.2.1. Reglamento de drenajes para la ciudad de Guatemala. Sancionado por el Concejo Municipal el 9 de marzo de 1964
    - 9.3.2.3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales República de Guatemala

- 9.3.2.3.1. Política Marco de Gestión Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
    - 9.3.2.3.2. Reglamento de descargas de aguas residuales cuerpos receptores
    - 9.3.2.4. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
    - 9.3.2.5. Ley de Fomento de la Educación Ambiental
    - 9.3.2.6. Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental.
    - 9.3.2.7. Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán
    - 9.3.2.8. Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de Atitlán y su Entorno
    - 9.3.2.9. Código Penal
  - 9.3.3. Acuerdos Gubernativos
- 9.4. Acuerdos Internacionales en los cuales Guatemala es signataria
- 9.5. Criterios ambientales de la industria guatemalteca
  - 9.5.1. Normas ISO 14 000
  - 9.5.2. Normas ISO 14 001

10. HIPÓTESIS

11. CONTENIDO PROPUESTO DEL INFORME FINAL

12. MÉTODOS Y TÉCNICAS
13. RESULTADOS ESPERADOS
14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES
15. RECURSOS NECESARIOS
16. CONCLUSIONES
17. RECOMENDACIONES
18. BIBLIOGRAFÍA

## 10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### Tipo de investigación

El presente estudio es el tipo de diseño experimental ya que se tiene una formulación base en la cual se manipularan dos o más variables, entre las que estarán el encontrar la concentración de ácido cítrico y de los terpenos idónea, para poder encontrar los efectos deseados tales como que el producto sea desengrasante y biodegradable, buscando una validación de la formulación.

### Tipo de hipótesis

La hipótesis pertenece al grupo de investigación descriptiva, ya que se cuenta con el tipo de variables adecuadas para este tipo de hipótesis porque se manipularán para poder obtener los resultados deseados.

### Manipulación de variables.

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué las afectan. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio).

Cada una de las variables independientes se manipulará cuatro veces y se evaluará el efecto que tendrá cada manipulación sobre las variables dependientes. Dicho en otras palabras, se variará las concentraciones de las materias primas para evaluar los efectos desengrasantes así como los residuos que queden para verificar el tiempo que se degradan para validar que las materias primas utilizadas en la formulación sean biodegradables.

## Validez

Todo experimento debe cumplir con el control o validez interna de la situación experimental, es decir, si se observa que la manipulación de las variables independientes provoca una variación en las variables dependientes, la variación de estas últimas se debe a la manipulación de las independientes y no a otros factores. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio).

Validez interna: para validar el experimento, se realizarán cuatro repeticiones donde se harán variaciones en la concentración de los reactivos de cada una de las formulaciones biodegradables propuestas verificando que los residuos se degraden de forma natural luego de finalizadas las pruebas de limpieza. Es decir midiendo los tiempos que se requiere para que los residuos formados se degraden y poder realizar las evaluaciones dentro de los parámetros de tiempo permisibles para que un producto sea considerado biodegradable.

Validez externa: para validar externamente el experimento, se realizarán análisis cromatográficos en laboratorio certificado, de la mejor formulación resultante así como de los residuos obtenidos, para evaluar que el producto esté libre de los contaminantes no biodegradables y de esta manera poder reducir la contaminación de las aguas residuales provenientes de las aguas residuales domiciliarias.

## Metodología

### Fase I:

Se estudiará información teórica sobre materias primas que cumplan con los requisitos biodegradables, para poder realizar cuatro formulaciones, variando las concentraciones de las variables, para luego observar los campos

de acción del producto. Los principales enfoques son: el que remueva la grasa de las superficies afectadas y que sea un producto biodegradable.

Se utilizará el ácido cítrico, que es la variable independiente, dentro del rango de 0-10 %, que será la referencia en las formulaciones.

Fase II:

Se procederá a realizar ejercicios de limpieza con equipo de laboratorio, para poder realizar las comprobaciones respectivas de la funcionalidad de la formulación.

Procedimiento y evaluaciones:

- A. Se le aplicará una cantidad medida de grasa a la superficie de vidrio y se dejará reposar por 5 minutos para que se quede impregnada.
- B. Luego se procederá a aplicar el desengrasante biodegradable y se enjuagará con agua.
- C. Después con el paño de algodón se deslizará sobre la superficie de vidrio para absorber el líquido remanente de la superficie.
- D. Se le agregará una solución de cloroformo con acetonitrilo y se colocará en baño María a baja temperatura.
- E. Se le agregará a la solución, una solución a base de hexano.
- F. Luego se procederá a introducir el líquido obtenido en el cromatógrafo de gases.
- G. Se obtendrán las lecturas para determinar si existen o no trazas de grasa.

El agua utilizada para enjuagar la superficie, se llevará a un laboratorio para realizar análisis físico químico y microbiológico, para confirmar que el desengrasante sea biodegradable. Entre las pruebas a realizar se solicitarán la

medición de pH, así como ppm (masa de sustancia dividida por masa de solución) de materia.

Se sabe que las aguas de desechos de los drenajes domésticos contienen alrededor de 100 a 300 mg/lit de carbono orgánico, de 10 a 30 mg/lit de nitrógeno orgánico, y a 1 a 2 mg/lit de fósforo enlazado a compuestos orgánicos. Por comparación las concentraciones en el agua superficial de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo, son aproximadamente de 1 a 5, < 1, y < 0,5 mg/lit, respectivamente. El impacto de estos materiales orgánicos de los drenajes sobre la calidad del agua natural tiene muy diversas formas. Los compuestos orgánicos biodegradables pueden eliminarse en una planta de tratamiento de desechos o ser degradados por la flora y la fauna natural del agua. (Snoeyink & Jenkins, 1995).

Los resultados que entregue el laboratorio serán analizados para determinar los resultados del producto formulado.

Instrumentación (material y equipos):

- Superficie de vidrio de 25 cm x 25 cm
- Grasas varias
- Desengrasante biodegradable
- Cloroformo
- Acetonitrilo
- Hexano
- Rotoevaporador
- Fuente de calor
- Equipo para baño María
- Cromatografía de gases

- Paño de algodón

Se realizarán cuatro formulaciones variando la concentración del ácido cítrico para observar su acción como agente desengrasante. A cada formulación se le hará cuatro evaluaciones para recopilación de la información necesaria para realizar las evaluaciones respectivas.

Tabla I. **Análisis de la concentración de ácido cítrico**

Materia Prima	Concentración %	Repetición	PPM sólidos	% grasa	Tiempo	Concentración Remanente
Ácido cítrico	1	1				
		2				
		3				
		4				
Ácido cítrico	2.5	1				
		2				
		3				
		4				
Ácido cítrico	5	1				
		2				
		3				
		4				
Ácido cítrico	7.5	1				
		2				
		3				
		4				

Fuente: elaboración propia.

Se utilizarán cuatro productos variando la concentración de nonil fenol etoxilado, para observar su acción como agente desengrasante. A cada formulación se le hará cuatro evaluaciones para recopilación de la información necesaria para realizar las evaluaciones respectivas.

Tabla II. **Análisis de la concentración de nonil fenol etoxilado**

<b>Materia Prima</b>	<b>Concentración %</b>	<b>Repetición</b>	<b>PPM sólidos</b>	<b>% grasa</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Concentración Remanente</b>
Nonil Fenol Etoxilado	1	1				
		2				
		3				
		4				
Nonil Fenol Etoxilado	2.5	1				
		2				
		3				
		4				
Nonil Fenol Etoxilado	5	1				
		2				
		3				
		4				
Nonil Fenol Etoxilado	7.5	1				
		2				
		3				
		4				

Fuente: elaboración propia.

También se realizarán análisis por cromatografía, para cuantificar la cantidad de grasa removida o que aún quede remanente de la superficie donde se realizarán las pruebas.

Con estos análisis se prevé obtener información que permita cumplir con los objetivos propuestos. El poder encontrar la formulación ideal que reúna todos los requisitos necesarios para que sea un desengrasante eficiente y que sea biodegradable para poder mitigar la contaminación del agua a través de las aguas residuales domiciliarias. También se obtendrá la información necesaria para poder realizar la evaluación de los efectos biodegradables que posee el producto además de poder evaluar el costo del mismo.

A partir de los resultados obtenidos de los desechos de las formulaciones con base de nonil fenol etoxilado se calcula un estimado de la concentración remanente en los residuos. Con estos datos se realizarán proyecciones para determinar la cantidad de materia prima no biodegradable que se vierte a las aguas domiciliarias.

De los datos obtenidos de las formulaciones con ácido cítrico se obtendrá la información necesaria para poder elaborar el costo del producto biodegradable para así poder comparar contra el costo de la formulación de un producto no biodegradable, para poder cumplir con uno de los objetivos propuestos.

#### Fase III:

Considerando el tipo de variables que se utilizaran, el método de Regresión Lineal es el que más se ajusta a las necesidades, ya que se realizarán variaciones en las concentraciones de los compuestos. La cuantificación de los resultados que se obtendrán con el cromatógrafo se aplicará a una recta, para obtener una correlación entre la concentración de los compuestos que conforman el desengrasante y las trazas de grasa remanentes. Además, se obtendrá otra recta para relacionarla con los resultados de los análisis del agua respectivos.

Con los datos obtenidos de las pruebas de limpieza con el nonil fenol etoxilado, se correlacionan para obtener un modelo matemático. Con esta ecuación se calculan los valores de la formulación con ácido cítrico, ajustando el producto hacia los rangos que arrojen las pruebas que contienen nonil fenol etoxilado. Si los valores otorgados inicialmente no están en los parámetros de acción del producto tradicional, se experimentará con otros valores, hasta encontrar una formulación óptima.

También se realizará un análisis de varianza con el fin de obtener una mayor certeza de los datos obtenidos de las pruebas realizadas con la ayuda de programas de análisis de datos tales como Excel, SPSS entre otros. El costo de ejecución de las actividades de esta investigación, se detalla en la sección posterior de recursos necesarios.

## 11. RESULTADOS ESPERADOS

- a) Con base en la información técnica que se consultó en la bibliografía, se espera encontrar la formulación idónea, que cumpla con los requisitos de limpieza y que sea biodegradable en función de la concentración de ácido cítrico. Además, que esté acorde al modelo matemático obtenido, a la experimentación y a la evaluación de los resultados de las pruebas.
- b) Encontrar la relación entre las propiedades de limpieza y la biodegradabilidad del producto.
- c) Con base en la relación del inciso b), que el producto se encuentre en un rango económico permisible para su producción.



## 12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

TAREAS	JULIO				AGOST				SEPT				OCT				NOV				DIC			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>FASE I</b>																								
Investigación de materias primas																								
Desarrollo Formulaciones																								
<b>FASE II</b>																								
Desarrollo de pruebas con <u>Nonil fenol etoxilado</u>																								
Desarrollo de pruebas con <u>Ácido Cítrico</u>																								
<b>FASE III</b>																								
Análisis Cromatografía																								
Análisis Agua en Laboratorios																								
<b>DESARROLLO INFORME FINAL</b>																								



### 13. RECURSOS NECESARIOS

Tabla III. Distribución financiera de los costos del producto

RECURSOS HUMANOS	COSTO POR HORA	TOTAL POR 8 MESES
Asesor	Q 200.00	Q 32,000.00
Estudiante	Q 100.00	Q 16,000.00
Imprevistos	5%	Q 2,400.00
	<b>TOTAL</b>	<b>Q 50,400.00</b>

MATERIALES/INSUMOS	COSTO UNIDAD	TOTALES
EDTA	Q 18.90	Q 567.00
Nonil Fenol	Q 45.00	Q 1,350.00
Alcoholes	Q 125.00	Q 3,750.00
Ácidos Fuertes	Q 45.00	Q 1,350.00
Terpenos	Q 67.00	Q 2,010.00
Formaldehido	Q 33.00	Q 990.00
Amonio Cuaternario	Q 36.00	Q 1,080.00
Glicerina	Q 11.00	Q 330.00
Propilenglicol	Q 17.00	Q 510.00
Aloe Vera	Q 21.00	Q 630.00
Soda Caustica	Q 29.00	Q 870.00
Imprevistos	5%	Q 671.85
	<b>TOTAL</b>	<b>Q 14,108.85</b>

Materiales e Insumos (financiado por el estudiante- investigador)

Continuación de la tabla III.

<b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTALES</b>
Exámenes de laboratorio	Q 350.00	Q 5,600.00
Examen cromatógrafo	Q 3,500.00	Q 35,000.00
Exámenes de agua	Q 125.00	Q 2,000.00
	<b>TOTAL</b>	<b>Q 42,600.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

1. 76/769/EEC, D. 2. (2003). *Restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (nonylphenol, nonylphenol ethoxylate and cement)*. Ginebra, Suiza: 26th time Council Directive.
2. Adone, D. J. (1988). *Patente n° 4772415*. Estados Unidos.
3. AGEXPORT. (2012). *Informe de las Exportaciones Acumuladas a Diciembre 2012*. Guatemala: AGEXPORT.
4. Ahel, M. (1994). *Water Research*. USA: Schaffner.
5. Alan S. Wingrove, R. L. (1999). *Quimica Organica*. Oxford: Oxford University Press.
6. Alderete, J. M. (2000). *Acido Citrico, el ingrediente que nos falta: un aditivo del primer mundo*. Buenos Aires, Argentina: Austral.
7. Befenati, E., D, johnson, I., Galassi, S., & Levsen, K. (2003). *Trends in Analytical Chemistry*. USA: Barcelo.
8. Bridgen, K., Santillo, D., & Johnston, P. (2012). *Nonylphenol Ethoxylates (NPEs) in Textile Products, and their relase through laundering*. Greenpeace.

9. Bruchmann, E.-E. (1980). *Bioquímica técnica: Química alimentaria, de las fermentaciones y agrícola*. Zaragoza: Acribia, D.L.
10. Carreras García, J. (2008). *Gestión Racional y Sostenible de Sustancias Químicas*. Madrid, España: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
11. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia . (2008). *Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Sector Textil en Guatemala*. Guatemala: Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.
12. Chang, R. (2009). *Química General*. DF. Mexico: MacGraw-Hill.
13. Chavarría Pinzón, L. (20 de Marzo de 2013). Importancia de las pruebas de aplicación textil. (A. L. Sánchez Meyer, Entrevistador)
14. Chavarría Pinzón, L. (25 de febrero de 2013). Situación actual de las fábricas de auxiliares para textiles con respecto a las exigencias ambientales. (A. L. Sánchez Meyer, Entrevistador)
15. Dr. A. Falk Filipson, M. S. (1998). *Concise International Chemical Assessment Document 5*. Ginebra, Suiza: World Health Organization .
16. Dussán, J., Vives-Florez, M. J., Sarria, V. M., & Sánchez, O. (2010). Aproximaciones biológicas y fisicoquímicas en el tratamiento de contaminantes: un resumen del aporte de la Universidad de los Andes. *Revista de Ingeniería*, 100-111.

17. Erih, D. (2008). *Microbial Biodegradation: Genomics and Molecular Biology*. New York: Caister Academic Press.
18. Escobedo, R. D. (2008). *Estudio de las plantas medicinales conocidas por la poblacion de la comunidad de Primavera del municipio de Ixcan, Quiche, utilizando tecnicas etnobotanicas*. Guatemala: USAC, Facultad de Agronomia.
19. Esparza, D., & Flores, D. (2011). *Elaboración de una Guía Didáctica Virtual para los procesos de Hilatura de fibras largas*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
20. Garcia, H. O. (2002). *Cuantificacion de la calidad del agua del rio Villalobos en epoca seca y lluviosa en un periodo de 24 horas 2 veces al mes en un punto previo a la entrada al lago de Amatitlan*. Guatemala: Escuela Regional de Ingenieria Sanitaria y Recursos Hidraulicos - erispor.
21. Garcia-Cuerva, L. N. (2010). *Nuevas metodologias para la determinacion de nonilfenol, sus derivados etoxilados y parabenos en muestras medio ambientales*. Madrid: Facultad Ciencias Quimicas. Departamento Quimica Analitica, Universidad Complutense de Madrid.
22. Greenpeace. (2011). *Trapos Sucios 2: aireando la ropa - La contaminación tóxica desde las fábricas a los productos textiles*. Madrid, España: Greenpeace.
23. Greenpeace Internacional. (2012). *La Política de Adquisición de Textiles*. México D.F.: Greenpeace México.

24. Greenpeace International. (2011). *Dirty Laundry - Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China*. Amsterdam, The Netherlands: Greenpeace International.
25. Greenpeace México A.C. (2012). *Hilos Tóxicos: Al desnudo - Exponiendo el papel de la industria textil en la contaminación de los ríos de México*. México D.F.: Greenpeace México A.C.
26. Guevara, A. L. (2009). *Comparacion de la capacidad bactericida del alcohol etílico 95%, amonio cuaternario y pvp iodine como ingredientes activos de los desinfectantes por el metodo del coeficiente Fenolico*. Guatemala: USAC, Facultad de Ingenieria, Escuela de Ingenieria Quimica.
27. Hawley, G. G. (1992). *Diccionario de Quimica y de Productos*. España: Omega.
28. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (s.f.). *Metodología de la Investigación*. Monterrey: McGraw Hill.
29. Juarez, L. M. (2006). *Estandarizacion del pH en la manufactura de formulaciones de emulsiones cosmeticas con Hidroxido de Sodio*. Guatemala: USAC, Facultad de Ingenieria, Escuela de Ingenieria Quimica.
30. Kirk, R., & Othmer, D. (1965). *Enciclopedia de Tecnología Química* (2da Edición ed., Vol. 6). USA: Editorial Board.
31. Kirk-Othmer. (2005). *Encyclopedia of Chemical Technology 5th edition*. USA: John Wiley & Sons.

32. Kogg, B. (2004). *Greening a Cotton-Textile Supply Chain*. Suecia: Lund University.
33. Laursen, S., Hansen, J., Drojdahl, A., Ole, H., Pommer, K., Pedersen, E., y otros. (2003). *Survey of Chemical compounds in textile fabrics*. Dinamarca: Danish Environmental Protection Agency.
34. Leon, C. R. (2004). *Determinacion del Antioxidante sintetico mas estable contra la oxidacion, en el estudio comparativo sobre la degradacion de diferentes aceites vegetales utilizados como medio de transferencia de calor y de masa*. Guatemala: USAC, Facultad de Ingenieria, Escuela de Ingenieria Quimica.
35. Linden, C. A. (1990). *Manual de Bioquimica de los alimentos*. Barcelona: Masson.
36. Luzier. (1992). *Materials Derived form Biomass/Biodegradable Materials*. Washington DC: Proceedings of the National Academy of Sciences.
37. Montenegro, A. G. (2004). *Manual para la realizacion de auditorias ambientales en la industria guatemalteca*. Guatemala: USAC, Facultad de Ingenieria, Escuela de Mecanica Industrial.
38. Morales Sánchez, J. C., Comelles Folch, F., & Parra Juez, J. L. (2011). *Patente nº PCT/ES2010/070857*. España.
39. Morrison, R. T. (1998). *Quimica Organica*. Mexico: Pearson Edicion.

40. Muñoz, O. F. (2004). *Actualizacion de normas y reglamentos de drenajes para la ciudad de Guatemala*. Guatemala: USAC-Ingenieria Civil.
41. Petrovic, M., & Eljarrat, E. (2004). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. USA: De Alda.
42. Polar, F. (2000). *La gestion ambiental. Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental*. Caracas, Venezuela: Burros Castillo.
43. Prado, P., Hernández, V., Coj, M., Pineda, I., & Ventura, E. (2010). *El sector textil y confección, y el desarrollo sostenible en Guatemala*. Geneva, Switzerland: International Centre for Trade and Sustainable Development.
44. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2011). *El PNUD y la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP)*. Estocolmo: Grupo de Medio Ambiente y Energía. PNUD.
45. Ramazzini, A. M. (2005). *Efecto de cuatro productos desinfectantes aplicados en el material nido de aves reproductoras pesadas*. Guatemala: USAC, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
46. Rodriguez, D. R. (2008). *Reutilizacion de Aguas Grises*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Tecnologica Nacional.
47. Romero, I. M. (2009). Proceso de Eutrofizacion de Afluentes y Prevencion por Medio de Tratamiento de Efluentes. *Revista Electronica Ingenieria*, 2076-3166.

48. Salem, V., De Marchi, A., & Goncalves de Menezes, F. (2005). *O Beneficiamento Têxtil Na Prática*. Sao Paulo: Golden Química do Brasil Ltda.
49. Sasvin, E. (2011). *Agua del Río Motagua no es apta para consumo humano y agrícola*. El Progreso, Guatemala: Cerigua.
50. Simon, A., & David, L. (2006). *Earth Science: An illustrated guide to science*. New York: Chelsea House.
51. Smyth, T. A. (1998). *Patente nº 5965512*. Estados Unidos.
52. Snoeyink, V. L., & Jenkins, D. (1995). *Química del Agua*. Mexico: Limusa S.A. de C.V.
53. Sullivan, C. J. (2005). *Propanediols*. USA: Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry.
54. Torre, S. L. (2007). *Utilizacion de Acido Citrico en limpieza de Pintura*. España: Universidad Policlínica de Valencia.
55. U.S. Environmental Protection Agency. (2007). *Profile of the Textile Industry*. Washington, USA: U.S. Environmental Protection Agency.
56. Vasquez-Duhalt. (2005). *Applied Ecology and Environmental Research*. USA: Marquez Rocha.
57. VESTEX. (2010). *Análisis de la Situación Actual de la Industria de Vestuario y Textiles*. Guatemala.

