**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR POR EL GRADO DE QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**

**TEMA:**

# ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA *Jatropha curcas* (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA

**AUTORAS:**

**CARRIEL LOOR ANGIE NICOLE**

**REYES SOSA YAJAIRA CRISTINA**

**TUTORA:**

**Q.F. SOLEDISPA CAÑARTE PILAR, MSc.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2020**

**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS**

**CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA**

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **REPOSITORIONACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA** | | | |
| **ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN** | | | |
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: | **ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA *Jatropha curcas* (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA** | | |
| | | | |
| **AUTOR(ES)** (apellidos/nombres): | YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA<br>ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres): | Q.F. PILAR SOLEDISPA CAÑARTE M.Sc. (TUTOR)<br>Q.F. ZORAIDA DEL CARMEN BURBANO GÓMEZ M.Sc. (REVISOR) | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad de Guayaquil | | |
| UNIDAD/FACULTAD: | Ciencias Químicas | | |
| MAESTRÍA/ESPECIALIDAD: | Química y Farmacia | | |
| GRADO OBTENIDO: | Tercer Nivel – Químico Farmacéutico | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 2020 | No. DE PÁGINAS: | 71 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Gestión Ambiental | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | SEMILLA, MÉTODOS DE EXTRACCIÓN, ESTERES DE FORBOL, INSECTICIDA, PORCENTAJE. | | |

**RESUMEN/ABSTRACT** (150-250 palabras): La población del sector agrícola utiliza insecticidas químicos para proteger sus cultivos sin saber la toxicidad que estos puedan ocasionar, existen los insecticidas de origen vegetal que son fiables para el manejo de plagas; tales como la especie *Jatropha curcas*, es una planta de diversas propiedades tales como insecticidas fungicidas, molusquicidas que son de gran importancia en el sector industrial y agrícola para la obtención de biodiesel. El aceite de piñón contiene cantidades de esteres de forbol, por lo que proporciona diferentes aplicaciones en la industria actual, estos son diterpenos que abarcan 20 átomos de carbono constituido por cuatro unidades de isopreno, se encuentran en la extracción de partes de la planta (semilla, hojas tallo y corteza). Para el desarrollo de esta investigación se evaluaron 5 métodos de extracción reflejando los siguientes porcentajes de rendimiento: Prensado 60°C (28%); Prensado 25°C (26%); Hexano (95%); Acetona (32,42%); Benceno (41,85%); Tolueno (29,44%); Etanol (32,59%); Éter de petróleo (32,94%); Particionamiento trifásico (54%); Extracción por ultrasonido (29,79%). Se ha evidenciado el 95% de rendimiento por medio del hexano, por lo que existe relación indirectamente proporcional, tiempo - respuesta; a menor tiempo mayor rendimiento; siendo este un proceso eficaz y prometedor para la obtención de un buen aceite de la semilla de piñón.

| | | |
|---|---|---|
| ADJUNTO PDF: | ✓**SI** | NO |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono:<br>0990291393<br>0967320511 | E-mail:<br>yaja_rap@hotmail.com<br>angie.carriell@gmail.com |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: | Nombre: SEDE CIENCIAS QUIMICAS | |
| | Teléfono: 04229360 | |
| | E-mail: www.fcq.ug.edu.ec | |

FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN

## ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**Guayaquil, 02 de Octubre del 2020.**

Q.F. Zoila Luna Estrella Mgs
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA *Jatropha curcas* (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA"** de las estudiantes: ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR Y YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

**Q.F SOLEDISPA CAÑARTE PILAR ASUNCIÓN**
**C.I. 0909244352**
**2 Octubre 2020**

FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA

UNIDAD DE TITULACIÓN

## ANEXO VIII.- INFORME DEL TUTOR REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Guayaquil, 14 de octubre del 2020

**Sra. Dra. ZOILA LUNA ESTRELLA Mg.**
**VICEDECANA**
**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

De mis consideraciones:
Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA *Jatropha curcas* (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA** de las estudiante **YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA** y **ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR**, Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 20 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son del 50% máximo 6 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Zoraida Burbano G.

**Dra. Zoraida Burbano G. MSc**
**DOCENTE TUTOR REVISOR**
C.I. 0909393274

FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS

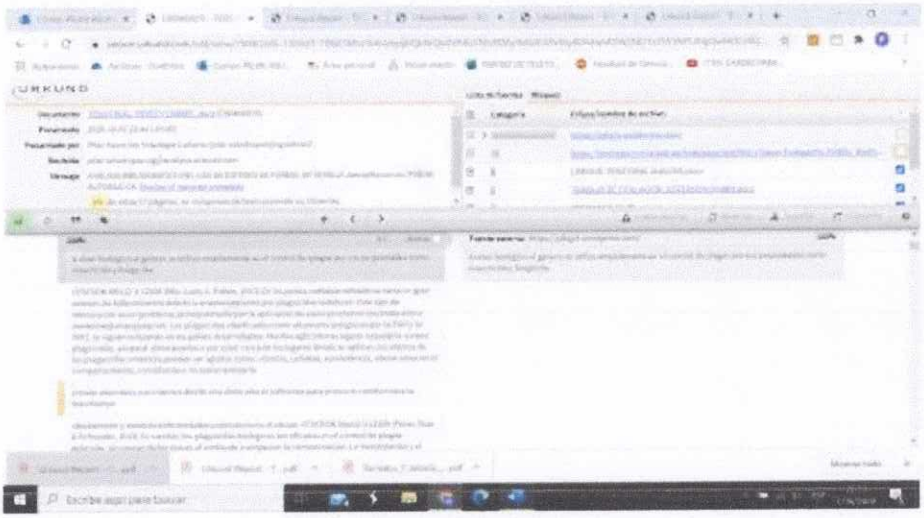
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA

UNIDAD DE TITULACIÓN

## ANEXO VII. - CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrada **Q.F SOLEDISPA CAÑARTE PILAR ASUNCIÓN MsC**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR C.I. 1208039634** Y **YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA C.I. 0951775972**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicas y Farmacéuticas.

Se informa que el trabajo de titulación **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA Jatropha curcas (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA"** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 1% de coincidencia.



https://secure.urkund.com/old/view/76981265-135937-756474#q1bKLVayIjbQMdQxItVRKs5Mz8tMy0xOzEtOVbIy0DMwMDW2NDYxtTA1N7U0sjQwNDCtBQ

Atentamente,

**Q.F SOLEDISPA CAÑARTE PILAR ASUNCIÓN**
**C.I. 0909244352**
**2 de octubre 2020**

URKUND

## Document Information

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | TESIS FINAL- REYES Y CARRIEL.docx (D80460070) |
| **Submitted** | 10/2/2020 5:44:00 AM |
| **Submitted by** | Pilar Asunción Soledispa Cañarte |
| **Submitter email** | pilar.soledispac@ug.edu.ec |
| **Similarity** | 1% |
| **Analysis address** | pilar.soledispac.ug@analysis.urkund.com |

## Sources included in the report

| | | |
|---|---|---|
| SA | **17621040-8-1.pdf**<br>Document 17621040-8-1.pdf (D57235039) | 1 |
| W | URL: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/866/1/Garay-Evaluaci%C3%B3n_Biol%C3 ...<br>Fetched: 2/13/2020 11:50:35 PM | 2 |
| SA | **UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL / TRABAJO DE TITULACION JEFFERSON QUIMIS.docx**<br>Document TRABAJO DE TITULACION JEFFERSON QUIMIS.docx (D65050004)<br>Submitted by: luis.zalameam@ug.edu.ec<br>Receiver: luis.zalameam.ug@analysis.urkund.com | 1 |

**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS**
**CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA**
**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**Guayaquil, 02 de Octubre del 2020.**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico: Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es: **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA Jatropha curcas (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA"** presentado por **ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR C.I. 1208039634** y **YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA C.I. 0951775972** y previo a la obtención Del título de Químicas y Farmacéuticas.

Este trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Antiplagio del programa URKUND, quedando el 1% de coincidencia. Lo Certifico:

Atentamente,

**Q.F SOLEDISPA CAÑARTE PILAR ASUNCIÓN**
**C.I. 0909244352**
**2 Octubre 2020**

FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN

**Guayaquil, 14 de Octubre del 2020.**

## CERTIFICACION DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrada **Dra. Zoraida Burbano G. MSc**, tutora revisora del trabajo de titulación: "**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA Jatropha curcas (PIÑON) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA**" certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por de los estudiantes: **ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR C.I. 1208039634** y **YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA C.I. 0951775972**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial obtención del título Químicas y Farmacéuticas en la carrera de Química y Farmacia, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

**Dra. Zoraida Burbano G. MSc**
**DOCENTE TUTOR REVISOR**
C.I. 0909393274

**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS**

**CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA**

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

Guayaquil, 26 de octubre del 2020

## CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

El tribunal de sustentación del trabajo de titulación de las Srtas. **ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR C.I. 1208039634 y YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA C.I. 0951775972,** después de ser examinados en su presentación, memoria científica y defensa oral da por aprobado el trabajo de titulación.

**Dra Burbano Gomez Zoraida del Carmen, MsC.**

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**Q. F Marianita de Jesús Rendón Mariscal M.Sc.**

DOCENTE MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL

**Q.F PATRICIA JIMÉNEZ GRANIZO Mg.**

DOCENTE MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL

**Ab. Francisco Palomeque Romero, Mg.**

SECRETARIO GENERAL

FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN

## ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros, **Yajaira Cristina Reyes Sosa**, con C.I. No: **0951775972** y **Angie Nicole Carriel Loor**, con C.I. No: **1208039634**, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DEL USO DE ESTERES DE FORBOL DE SEMILLA *Jatropha curcas* (PIÑÓN) PARA CONTROL DE PLAGAS DEL SECTOR AGRÍCOLA**" son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo/amo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Yajaira Reyes Sosa
**YAJAIRA CRISTINA REYES SOSA**
**C.I. No.: 0951775972**

Angie Carriel Loor
**ANGIE NICOLE CARRIEL LOOR**
**C.I. No.: 1208039634**

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

## DEDICATORIA

Este logro se lo dedico con mucho amor:

A mis padres Milton Carriel y Erika Loor que han sido mi fuerza, inspiración, motivación, mi ejemplo, mi orgullo, los cuales me enseñaron que con esfuerzo, perseverancia todas las metas y sueños que nos propongamos lo podemos llegar a cumplir.

Y a mis hermanos Damaris Carriel y Hamilton Carriel que han estado conmigo apoyándome incondicionalmente y a mi familia en general.

Angie Carríel Loor

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a:

De manera especial y como mucho amor a mis padres Jimmy Reyes Juanazo y María Sosa Figueroa, por ser el pilar fundamental y motivación en mi vida, por sembrar en mí bases de responsabilidad y perseverancia, por creer siempre en mí y sobre todo por ayudarme a enfrentar cada obstáculo que se presentó en el camino.

A mis hermanos Madelen y Gary que siempre están dándome ánimos para no rendirme. A mis sobrinos que por medio de su alegría me han incentivado a seguir adelante y a mi familia en general.

A la memoria de mi hermano Eder Ortiz Sosa, quien en vida siempre me decía que yo podía lograrlo y hoy que ya no está solo me basta cerrar mis ojos e imaginarme lo feliz y orgulloso que se siente al yo culminar esta etapa de mi vida.

Yajaira Reyes Sosa

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi más grande agradecimiento a Dios por darme la fuerza, sabiduría para seguir adelante y permitirme cumplir esta meta de obtener mi título de tercer nivel.

A mis padres por ser los pilares fundamentales en mi vida.

Gracias a mi tutora de tesis, la Dra. Pilar Soledispa Cañarte, por su orientación, paciencia, atención en las tutorías y apoyo que ha brindado en este trabajo.

A mi compañera de tesis, amiga Yajaira Cristina Reyes Sosa por la constante ayuda y apoyo, por aquellos momentos y experiencias que vivimos juntas en el transcurso de la carrera universitaria.

Angie Carríel Loor

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y por sostenerme en el transcurso de mi vida brindándome paciencia, sabiduría y salud para poder culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco infinitamente a mis padres por su apoyo incondicional, su esfuerzo y por cada palabra de aliento que me brindaban con el fin de alcanzar cada una de mis metas propuestas.

Agradezco a mis dos mejores amigas Lissette Valverde y Marvy Murillo por estar en los mejores y peores momentos de mi vida estudiantil y personal, por cada palabra de motivación que me brindaban, las quiero mucho.

Agradezco a mi amiga y compañera de tesis Angie Carriel Loor, por la paciencia y la ayuda recíproca para poder culminar con esta investigación. Gracias por compartir conmigo estos cinco años, por cada experiencia vivida en el transcurso de esta etapa universitaria.

Mi inmensa gratitud a mi tutora de tesis Q.F. Pilar Soledispa Cañarte Msc, por sus sugerencias, supervisión y orientación para la culminación de este estudio.

Yajaira Reyes Sosa

## TABLA DE CONTENIDO

**RESUMEN** ..... xxi

**ABSTRACT** ..... xxii

**INTRODUCCIÓN**..... 1

**CAPÍTULO I: PROBLEMA ..... 2**

I.1 Planteamiento del problema ..... 2

I.2 Formulación del problema ..... 2

I.3 Justificación e importancia..... 3

I.4 Hipótesis ..... 4

I.5 OBJETIVOS ..... 5

I.5.1 Objetivo general ..... 5

I.5.2 Objetivos específicos..... 5

I.6 Operacionalización de las variables ..... 6

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO ..... 7**

II.1 Antecedentes ..... 7

II.1.1 Familia *Euphorbiaceae* y Género *Jatropha*..... 8

II.1.1.1 Familia *Euphorbiaceae*..... 8

II.1.1.2 Morfología de la familia *Euphorbiaceae* ..... 8

II.1.2 Género *Jatropha* ..... 9

II.1.3 *Jatropha curcas*..... 9

II.1.3.1 Centro de origen y distribución..... 9

II.1.3.2 División Taxonómica ..... 10

II.1.3.3 Denominaciones o sinonimias nombres comunes ..... 11

II.1.3.4 Ecología y Adaptación..... 11

II.1.3.5 Utilidad medicinal..... 12

II.1.4 Descripción botánica ..... 12

II.1.4.1 Hábito y forma de vida ..... 12

II.1.4.2 Raíz..... 13

II.1.4.3 Tallo ..... 13

II.1.4.4 Hojas..... 14

II.1.4.5 Frutos y semillas..... 14

II.1.5 Composición química ..... 15

II.1.6 Esteres de forbol ..... 17
II.2 Insecticidas ..... 19
II.2.1 Tipos de Insecticidas ..... 20
II.2.1.1 Insecticidas Organoclorados ..... 20
II.2.1.2 Insecticidas Organofosforados ..... 22
II.2.1.3 Carbamatos ..... 23
II.2.1.4 Insecticidas Piretroides ..... 23
II.2.2 CONTROL DE PLAGAS ..... 24
II.2.2.1 Insecticidas Sintéticos ..... 24
II.2.2.2 Insecticidas de Origen Vegetal ..... 25
II.2.3 Usos del Aceite ..... 26
II.3 Métodos de extracción del aceite ..... 28
II.3.1 Extracción mecánica ..... 28
II.3.2 Extracción por Solventes ..... 28
II.3.3 Extracción Particionamiento trifásico ..... 29
II.3.4 Extracción por ultrasonido ..... 30
CAPITULO III MATERIALES Y METODOS ..... **32**
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES ..... **33**
IV.1 Propiedades del piñón (*Jatropha curcas*): Actividad insecticida ..... 33
IV.2 Insecticidas vegetales frente a los sintéticos ..... 35
IV. 3 Métodos de extracción ..... 36
CONCLUSIONES ..... **43**
RECOMENDACIONES ..... **44**
BIBLIOGRAFÍA ..... **45**
GLOSARIO ..... **53**

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla I** Taxonomía de Jatropha curcas ..... 11
**Tabla II** Compuestos químicos obtenidos a partir de diferentes partes de la planta de Jatropha curcas ..... 16
**Tabla III** Ventajas y Desventajas de insecticidas ..... 25
**Tabla IV** Propiedades pertenecientes a la especie Jatropha curcas ..... 33
**Tabla V** Ejemplos de insecticidas de origen vegetal y sintético ..... 35
**Tabla VI** Porcentaje de rendimiento del método de extracción mecánica: Por prensado mediante temperaturas diferentes ..... 36
**Tabla VII** Porcentaje de rendimiento del método de extracción química mediante el uso de diferentes solventes ..... 38
**Tabla VIII** Porcentaje de rendimiento del método de extracción por particionamiento trifásico ..... 39
**Tabla IX** Porcentaje de rendimiento del método de extracción por ultrasonido 40
**Tabla X** Métodos de extracción para la obtención del aceite de la semilla (Jatropha curcas) y sus respectivos porcentajes ..... 42

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Distribución global de Jatropha curcas. Las áreas marcadas muestran la presencia de esta especie y el círculo azul corresponde al posible centro de origen ..... 10
**Figura 2** Representación de la planta Jatropha curcas ..... 13
**Figura 3** Tallo de la planta de Jatropha curcas ..... 13
**Figura 4** Tallo y rama de la planta Jatropha curcas ..... 14
**Figura 5** Morfología y disposición de las hojas de Jatropha curcas: a) Disposición de las hojas en una sola rama; b) Nervadura de una hoja ..... 14
**Figura 6** Fruto y Semilla de Jatropha curcas ..... 15
**Figura 7** Estructura de ésteres de forbol presente en Jatropha curcas (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002) ..... 18
**Figura 8** Uso de Insecticidas ..... 19
**Figura 9** Estructuras de Insecticidas Organoclorados ..... 21
**Figura 10** Estructura de un Insecticida Organofosforado: Paratión ..... 22
**Figura 11** Carbamato ..... 23
**Figura 12** Estructura de Piretroides ..... 24
**Figura 13** Extracción por Particionamiento trifásico ..... 30
**Figura 1**4 Extracción asistida por Ultrasonido ..... 31

# ABREVIATURAS

**DDE:** Diclorodifenildicloroetileno

**DDT:** Diclorodifenil tricloroetano.

**HCH:** comúnmente llamado lindano.

**O-C:** Organoclorados

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**O-P:** Organofosforados.

**RMN**: Resonancia magnética nuclear.

# RESUMEN

La población del sector agrícola utiliza insecticidas químicos para proteger sus cultivos sin saber la toxicidad que estos puedan ocasionar, existen los insecticidas de origen vegetal que son fiables para el manejo de plagas; tales como la especie *Jatropha curcas*, es una planta de diversas propiedades tales como insecticidas fungicidas, molusquicidas que son de gran importancia en el sector industrial y agrícola para la obtención de biodiesel. El aceite de piñón contiene cantidades de esteres de forbol, por lo que proporciona diferentes aplicaciones en la industria actual, estos son diterpenos que abarcan 20 átomos de carbono constituido por cuatro unidades de isopreno, se encuentran en la extracción de partes de la planta (semilla, hojas tallo y corteza). Para el desarrollo de esta investigación se evaluaron 5 métodos de extracción reflejando los siguientes porcentajes de rendimiento: Prensado 60°C (28%); Prensado 25°C (26%); Hexano (95%); Acetona (32,42%); Benceno (41,85%); Tolueno (29,44%); Etanol (32,59%); Éter de petróleo (32,94%); Particionamiento trifásico (54%); Extracción por ultrasonido (29,79%). Se ha evidenciado el 95% de rendimiento por medio del hexano, por lo que existe relación indirectamente proporcional, tiempo - respuesta; a menor tiempo mayor rendimiento; siendo este un proceso eficaz y prometedor para la obtención de un buen aceite de la semilla de piñón.

**Palabras claves:** Semilla, Métodos de extracción, Esteres de forbol, Insecticida, Porcentaje

## ABSTRACT

The population of the agricultural sector uses chemical insecticides to protect their crops without knowing the toxicity that these can cause, there are insecticides of vegetable origin that are reliable for the management of pests; such as the *Jatropha curcas* species, it is a plant with various properties such as fungicidal insecticides, molluscicides that are of great importance in the industrial and agricultural sector for obtaining biodiesel. Pine nut oil contains amounts of phorbol esters, so it provides different applications in today's industry, these are diterpenes that cover 20 carbon atoms made up of four isoprene units, and they are found in the extraction of parts of the plant (seed, leaves, stem and bark). For the development of this research, 5 extraction methods were evaluated reflecting the following yield percentages: Pressing 60 ° C (28%); Pressing 25 ° C (26%); Hexane (95%); Acetone (32.42%); Benzene (41.85%); Toluene (29.44%); Ethanol (32.59%); Petroleum ether (32.94%); Three-phase partitioning (54%); Ultrasound extraction (29.79%). 95% yield has been evidenced by hexane, so there is a directly proportional relationship, time - response; the longer the time, the higher the performance; This being an effective and promising process for obtaining a good oil from the pine nut seed.


**Keywords**: Seed, Extraction methods, Phorbol esters, Insecticide, Percentage

# INTRODUCCIÓN

*Jatropha curcas* se considera como el género más primitivo y grande de la familia Euphorbiaceae, que agrupa más de 165 especies. Es un arbusto de tamaño mediano, nativo de casi todas las regiones tropicales y subtropicales, que ha tomado importancia en la última década, debido a la gran cantidad de aceite que contiene en la semilla. A nivel biológico el género se utiliza ampliamente en el control de plagas por sus propiedades como insecticida y fungicida. (MSc. Ludy C. Pabón, 2012)

En los países subdesarrollados se tiene un gran número de fallecimientos debido a envenenamiento por plaguicidas sintéticos. Este tipo de intoxicación es un problema, principalmente por la aplicación de estos productos sin protección e inadecuada manipulación. Los plaguicidas clasificados como altamente peligrosos por la FAO y la OMS, se siguen utilizando en los países desarrollados. Muchos agricultores siguen expuestos a estos plaguicidas, ya sea al almacenarlos o por estar cerca de los lugares donde se aplican, los efectos de los plaguicidas sintéticos pueden ser agudos como: vómitos, cefaleas, somnolencia, alteraciones en el comportamiento, convulsione e inclusive la muerte y están asociados a accidentes donde una dosis alta es suficiente para provocar cambios que se manifiestan rápidamente y también enfermedades crónicas como el cáncer. (Pérez, Ruiz, & Schneider, 2013)

En cambio, los plaguicidas biológicos son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura. El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos. (Nava-Pérez, García-Gutiérrez, & Elva, 2012)

En este análisis bibliográfico se tiene como objetivo investigar acerca del uso insecticida de los esteres de forbol a partir del extracto de aceite contenido en la semilla de piñón (*Jatropha curcas)*.

# CAPÍTULO I: PROBLEMA

## I.1 Planteamiento del problema

En la actualidad el método de control de plagas que utilizan los agricultores son los plaguicidas sintéticos como el DDT entre otros, lo cual estos son altamente tóxicos cuando entran en contacto con el hombre a través de todas las vías de exposición posibles: respiratoria, digestiva y dérmica, tienen efectos agudos y crónicos en la salud tales como dolor de cabeza, malestar en el pecho, mareo, fiebre, diarrea, sudor, secreciones por la boca y nariz provocando una intoxicación estos síntomas varían en su severidad basados en el tipo, cantidad y duración de la exposición del insecticida al cual se fue expuesto, así mismo es perjudicial para el medio ambiente pues estos se filtran en el suelo y contaminan el agua, estos podrían ser reemplazados por sustancias vegetales como una alternativa viable debido a que son económicos, se descomponen rápidamente y a pesar de ser tóxicos no tienen un efecto residual prolongado, *Jatropha curcas* es una planta ampliamente investigada, su semilla ha sido objeto del mayor número de estudios es en el aceite contienen diferentes cantidades de ésteres de forbol y tienen diversas aplicaciones en la industria actual.

## I.2 Formulación del problema

¿Qué uso tiene los esteres de forbol de la semilla de *Jatropha curcas* para el control de plagas?

## I.3 Justificación e importancia

*Jatropha curcas* es una planta de diversos beneficios, la mayoría de sus partes como la semilla, hojas y corteza pueden ser de gran utilidad en el sector industrial y agrícola para la obtención de biodiesel, jabones, insecticidas y lubricantes. Es una especie vegetal con beneficios para el control de insectos-plagas y patógenos mediante el uso de sus principios activos que son obtenidos de distintas partes de la planta, lo cual estos pueden controlar de manera eficiente hongos, parásitos y otros organismos que perjudica el desarrollo y la producción de cultivos que son de importancia económica para los agricultores que forman parte del sector agrícola (Pavón & Hernandez, 2012).

Los esteres de forbol son diterpenos que contienen 20 átomos de carbono formados por cuatro unidades de isopreno que están presente en la semilla del piñón y a la vez existen estudios científicos que indican que dicha molécula representa una alternativa viable para el control de las plagas mediante el uso de una mínima concentración (Abdo & Salimon, 2009).

Saetae y Worapot, reportaron que extractos obtenidos de las semillas, las hojas y el aceite de semilla de *Jatropha curcas* tienen propiedades molusquicidas, insecticidas y fungicidas lo cual son capaces de inhibir el crecimiento micelial de Colletotrichum musae causante de la enfermedad antracnosis que afecta el cultivo de plátano. Extractos obtenidos de la hoja fueron eficaces en el control del hongo patógeno Sclerotium sp., que causa enfermedad en Azolla, helecho que realiza simbiosis con cianobacterias y que es utilizado de forma eficaz para abastecer de nutrientes a los cultivos y mejorar los sustratos.

Los insecticidas químicos provocan riesgos de intoxicación en el ser humano y se caracterizan por una lenta degradación por lo cual altera el balance de la naturaleza. A diferencia de los insecticidas orgánicos por sustancias vegetales tienen la capacidad de reducir o prevenir la aparición de agentes dañinos para las plantas tales como hongos y bacterias, debido a sus características pueden eliminar distintas plagas e inclusive presentan un efecto residual muy bajo que evita la contaminación del medio ambiente y gracias a su composición natural se degrada más rápido que otros productos sin causar efectos secundarios sobre

los cultivos, sim embargo es necesario utilizarlos con la misma precaución que los insecticidas químicos (Abdo & Salimon, 2009).

## I.4 Hipótesis

El aceite de la semilla de *Jatropha curcas* presentara esteres de forbol para el control de plagas.

## I.5 OBJETIVOS

### I.5.1 Objetivo general

- Analizar el uso de esteres de forbol a través del aceite de la semilla de piñón (*Jatropha curcas*) para el control de las plagas en el sector agrícola.

### I.5.2 Objetivos específicos

- Fundamentar las propiedades del piñón (*Jatropha curcas*) y relacionarlo con la actividad insecticida.
- Establecer la importancia del uso de insecticidas vegetales frente a los sintéticos
- Evaluar cuál de los métodos de extracción tiene mayor porcentaje de rendimiento en la semilla del piñón.

## I.6 Operacionalización de las variables

**Independiente:** Aceite de Jatropha curcas

**Dependiente:** Porcentaje de rendimiento del aceite de la semilla de Jatropha curcas.

# CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## II.1 Antecedentes

El piñón cuyo nombre científico es *Jatropha curcas* proviene del griego (iatrós= médico y trophe= alimentos), se lo ha utilizado desde la antigüedad para aliviar enfermedades de la piel, tales como la lepra e inclusive contra el cáncer debido a que esta planta produce una proteína anti tumoral llamada curcina y a la vez es considerada una especie potencial para la fabricación de diferentes productos (Openshaw, 2000). Aproximadamente existen 900 000 hectáreas sembradas con J. *curcas* lo cual el 85% de los cultivos se encuentran en Asia. En África existe alrededor de 120 000 hectáreas y en América Latina existen 20 000 hectáreas con piñón (King, y otros, 2009)

En el Ecuador, no existen registros de la suma de sembríos totales de J. curcas L., sin embargo, el Consejo Provincial de Manabí asegura que existen 18 mil hectáreas sembradas con piñón en esta provincia y se estima plantar otras 23 mil hectáreas en 60 meses (King, y otros, 2009).

Forbol se aisló por primera vez en 1934 como la hidrolisis del producto de aceite de crotón, que se deriva de las semillas de *Croton tiglium*, la estructura de forbol se determinó en 1967, es soluble en la mayoría de las polaridades de los disolventes orgánicos, así como en agua. Los esteres de forbol están ampliamente distribuidos en especies vegetales de las familias Euphorbiaceae y Thymelaeceae. (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002), informo seis ésteres de forbol de aceite de semilla de *Jatropha curcas*, donde todos los compuestos poseen el mismo diterpeno resto, a saber, 12-desoxi-16-hidroxifórbol.

Los aceites y extractos de origen vegetal han sido utilizados desde la antigüedad por los hindúes, griegos, chinos y romanos con fines insecticidas y conservación de víveres almacenados. Durante muchos años las formulaciones basadas en las plantas se utilizaron para combatir los insectos plaga. En el siglo XIX se utilizaban como fitosanitarios moléculas de origen vegetal como los alcaloides. A partir de la segunda guerra mundial esta primera generación de fitosanitarios fueron sustituidos por pesticidas de síntesis química como el DDT, organoclorados, carbamatos, organofosforados. En las últimas dos décadas se

han intensificado los estudios de productos de origen vegetal en su parte química para hacer énfasis en los metabolitos secundarios los cuales están implicados en el control biológico contra plagas o patógenos y en ciertos casos activando procesos de defensa en la planta y brindando una protección preventiva (Celis, Mendoza, & Pachón, 2009).

### II.1.1 Familia *Euphorbiaceae* y Género *Jatropha*

#### II.1.1.1 Familia *Euphorbiaceae*

La familia Euphorbiaceae es una de las más grandes y diversificadas de las Angiospermas, formada alrededor de 8000 especies en 300 géneros. Incluye especies predominantemente tropicales, pero también ampliamente distribuidas en zonas templadas. Los géneros más importantes son: Euphorbia (1000 especies), Crotón (500-600 especies) y Phyllanthus (400 especies). Todos los taxones tienen flores unisexuales y la polinización se realiza por medio de diversos agentes como el viento, insectos, pájaros, murciélagos y mamíferos no voladores (Martinez Gordillo, y otros, 2002).

#### II.1.1.2 Morfología de la familia *Euphorbiaceae*

Las características más comunes que presenta la familia Euphorbiaceae son: hojas palmeadas o simples estipuladas; inflorescencias cimosas, a veces muy modificadas, con forma de racimo o capitadas; flores unisexuales, radialmente simétricas o hipóginas con disco nectarífero receptacular (a veces ausente); pétalos generalmente ausentes; estambres desde uno a muchos y a menudo con nados; granos de polen con 2-3 núcleos y con distintos dibujos en la capa de exina; gineceo con 3-6 carpelos unidos, con estilos no divididos a multífidos;

óvulos solitarios o por pares en cada carpelo, anátropos y epítropos, crasinucelados con dos tegumentos; frutos generalmente capsulares y carpelos que se separan de una columnilla central en la dehiscencia; en cada carpelo una o dos semillas con tegumento externo, con o sin endospermo y a menudo carunculadas; embrión grande con amplios cotiledones (Martinez Gordillo, y otros, 2002).

Según estudios de (Campuzano, Ríos, & Cardeño López, 2016), revelan la presencia de alcaloides, glucósidos cianogénicos, ácidos grasos, glucosinolatos y terpenoides entre otros.

### II.1.2 Género *Jatropha*

*Jatropha* es un género de la familia Euphorbiaceae que cuenta con 175 especies, 45 de ellas se localizan en México, lo cual el 77% son endémicas. Generalmente son arbustos o árboles caracterizados por un exudado transparente o coloreado que presenta la planta cuando sufre algún daño, sus hojas son alternas y su fruto capsular posee de una a tres semillas ovoides o subglobosas (Rodriguez Acosta, Vega Flores, Gante Cabrera, & Jiménez Ramírez, 2009).

Entre las especies del género destaca *Jatropha curcas*, debido a que sus semillas poseen una gran cantidad de aceite que se utiliza para la elaboración de biodiesel, en ciertas poblaciones de México la usan para consumo humano mediante tostadas en comal o en combinación con otros ingredientes (Canales, y otros, 2005).

Algunas otras especies se están estudiando debido a que su empleo en medicina tradicional en diferentes partes de África, Asia y América, ha motivado una exploración química en busca de sustancias con actividad antibacterial, antimicótica, anticancerígena e insecticida (Canales, y otros, 2005).

### II.1.3 *Jatropha curcas*

#### II.1.3.1 Centro de origen y distribución

La especie *Jatropha curcas* se encuentra distribuida en América Central, América del Sur, el Caribe, África, India y Asia. Su traslado hacia África y Asia se dio debido a la migración de portugueses desde el Caribe (Ashwani & Satyawati , 2008).

De acuerdo a (Kumar & Sharma, 2008), el piñón existe en México, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá. En países del Caribe como Bahamas, Cuba, Dominica, República Dominicana, Haiti, Puerto Rico, Santa Lucía, Santo Domingo, St. Croix, Trinidad y Tobago. Aunque

en menor cantidad el piñón se localiza también en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y las islas Galápagos, Paraguay, Perú y Venezuela. Asimismo, se ha encontrado esta especie en Florida (Ashwani & Satyawati , 2008).

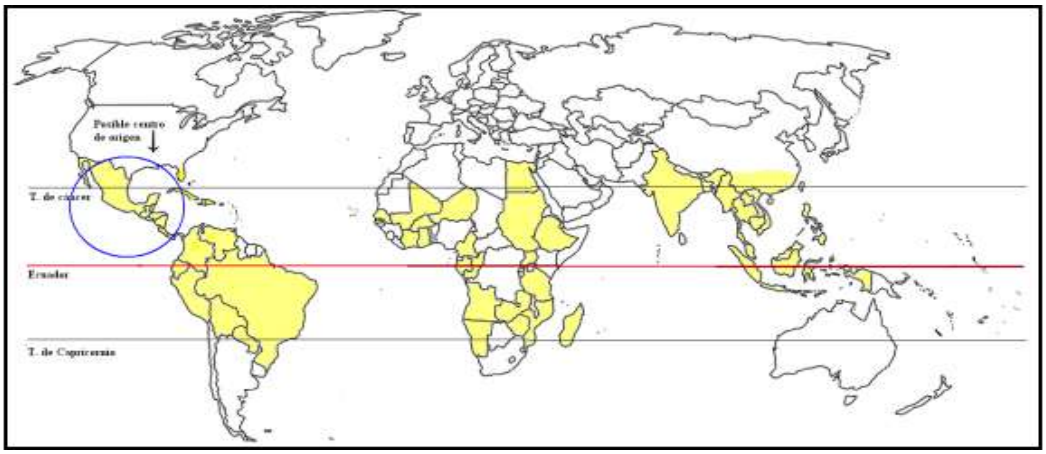



***Figura 1***. Distribución global de Jatropha curcas. Las áreas marcadas muestran la presencia de esta especie y el círculo azul corresponde al posible centro de origen

Fuente: (King, y otros, 2009).

De acuerdo (King et al., 2009), afirman que en la mayoría de territorio ecuatoriano existe J. curcas L. Así, esta especie ha sido identificada en las provincias de Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Pichincha, El Oro, Carchi, Imbabura, Loja y Manabí. De esta manera se confirma la flexibilidad de adaptación de esta especie a distintos ambientes y a diferentes tipos de suelo (King, y otros, 2009).

### II.1.3.2 División Taxonómica

Según (Toral, y otros, 2008), la clasificación taxonómica de la *Jatropha curcas* es la siguiente:

***Tabla I*** Taxonomía de *Jatropha curcas*

| | |
|---|---|
| **Reino:** | **Plantae** |
| **Subreino:** | Tracheobionta |
| **División:** | Magnoliophyta |
| **Clase:** | Magnoliopsida |
| **Subclase:** | Rosidae |
| **Orden:** | Euphorbiales |
| **Familia:** | Euphorbiaceae |
| **Género:** | Jatropha |
| **Especie:** | Curcas |

Fuente: (Toral, y otros, 2008).

### II.1.3.3 Denominaciones o sinonimias nombres comunes

Esta planta es conocida en diferentes países con los siguientes nombres: en México como nuez purgante, tempate, piñón o piñoncillo, en Inglaterra como purging nut, en Costa Rica como tempate, en India como Seemai Kattamanakku, en Portugal como Habel meluk y en otros 30 países como piñón blanco o piñón de leche. También se le conoce como piñón botija, yupur, barbasco, coquito en algunas regiones de América (Martinez Gordillo, y otros, 2002).

### II.1.3.4 Ecología y Adaptación

Jatropha curcas se desarrolla en suelos áridos y semiáridos e inclusive en las tierras cascajosas, arenosas y salinas, responde muy bien a suelos con pH no neutros (Campuzano Duque, Gualdrón Acosta, & Chávez Oliveros, 2020).
Climáticamente se encuentra en los trópicos y subtrópicos, resiste muy bien el calor aunque también soporta bajas temperaturas y puede resistir hasta una escarcha ligera. Su requerimiento de agua es sumamente bajo, prospera en con apenas 250 a 600 mm de lluvia al año y puede soportar períodos largos de sequedad. Habita en campos abiertos, como en parcelas nuevas. Resiste altas temperaturas y sequías. La planta nace en todo tipo de terreno y altitud, tanto en terrenos áridos como húmedos (Campuzano Duque, Gualdrón Acosta, & Chávez Oliveros, 2020).

### II.1.3.5 Utilidad medicinal

La especie *Jatropha curcas* posee muchas propiedades medicinales en sus estructuras. Así, el extracto del tallo y de la corteza de piñón resultan efectivos para la curación de la tos, el dolor de estómago, úlceras, inflamación, parásitos intestinales, golpes, cólicos menstruales, hemorrágea y parto (Warda Abdelgadir, Onsa, Ali, El Badwi, & Adam, 2003). Por otra parte (Upadhyay, Parveen , & Kumar, 2010), indica que se lo ha utilizado para elaborar cepillos de dientes con la finalidad de fortalecer las encías, reducir y prevenir la presencia de abscesos.

La raíz de piñón posee un efecto antiinflamatorio. El extracto de hojas se usa para el tratamiento de amebiasis, leishmaniosis y malaria, el látex se ha utilizado para promover la curación de heridas, úlceras y como astringente en cortes y contusiones (Osoniyi & Onajobi, 2003).

Se han identificado metabolitos con actividad antirretroviral; entre los compuestos más interesantes está la prostatina, un éster de forbol no tumorogénico. Este metabolito ha demostrado tener 2 actividades; en primer lugar, actúa como inhibidor de la replicación del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) internalizando los receptores que este utiliza para entrar en la célula hospedadora y en segundo lugar, activando la transcripción que promueve el paso de latencia a la reactivación. Estas 2 actividades hacen de la prostratina un candidato a agente reactivador con la finalidad de eliminar los reservorios celulares del virus (Matsuse, Lim, Hattori, Correa, & Gupta , 1998).

## II.1.4 Descripción botánica

### II.1.4.1 Hábito y forma de vida

Es una planta perenne, cuyo tiempo fructífero se extiende de 45 a 50 años. Es de crecimiento rápido y con una altura de 2 a 3 metros. El grosor del tronco es de 20 cm con desarrollo desde la base en distintas ramas. La corteza es blanco grisácea y exuda un látex translúcido (Achten, y otros, 2008).

***Figura 2*** Representación de la planta *Jatropha curcas*

Fuente: (Achten, y otros, 2008).

### II.1.4.2 Raíz

La planta de piñón posee raíces cortas y poco ramificadas, normalmente cuando las plántulas proceden de semilla se forman cinco raíces, una central y cuatro periféricas (dos secundarias y dos terciarias). En el caso de propagación por material vegetativo (asexual) la nueva planta no posee raíz pivotante y las raíces que se forman se insertan superficialmente (Achten, y otros, 2008).

***Figura 3*** Tallo de la planta de *Jatropha curcas*

Fuente: (Achten, y otros, 2008).

### II.1.4.3 Tallo

Los tallos crecen con discontinuidad morfológica en cada incremento. La corteza es de color verde amarillenta, pálido y casi lisa, delgada como papel, con desprendimientos en tiras horizontales. Corteza interna blanca con rayas rojas, exuda una savia amarillenta y sabor astringente (Liu, Kirchoff , Wu , & Liao, 2007).

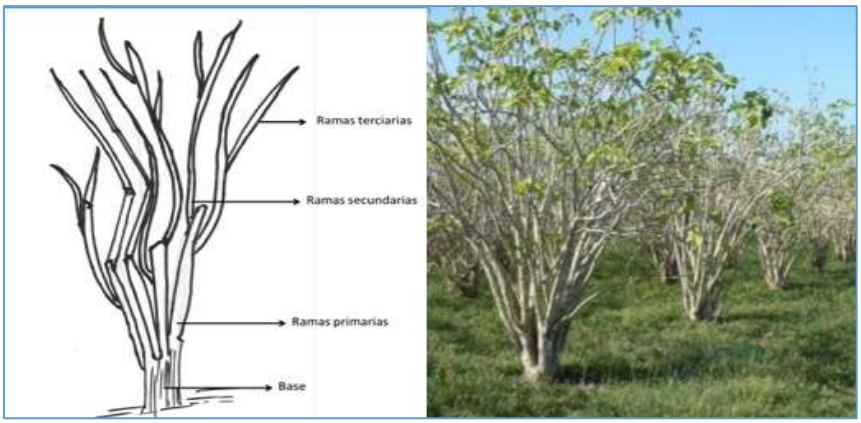



***Figura 4*** Tallo y rama de la planta *Jatropha curcas*

Fuente: (Liu, Kirchoff , Wu , & Liao, 2007).

### II.1.4.4 Hojas

Las hojas del piñón son verdes, amplias y brillantes, largas y alternas, en forma de palmas pecioladas, por lo general son de 7-16 cm de largo y ancho, forman de 3 a 7 lóbulos acuminados, poco profundos y grandes con pecíolos largos de 10 a 15 cm e igual de ancho. El haz es verde, el envés verde claro, glabro o este último con pelillos finos (Liu, Kirchoff , Wu , & Liao, 2007).

***Figura 5*** Morfología y disposición de las hojas de *Jatropha curcas: a)* Disposición de las hojas en una sola rama; b) Nervadura de una hoja

Fuente: (Liu, Kirchoff , Wu , & Liao, 2007).

### II.1.4.5 Frutos y semillas

El crecimiento del fruto requiere 90 días desde su floración hasta que la semilla madure, se la conoce como una capsula drupácea verdosa-amarillenta y carnosa pero cuando son secas presentan un color oscuro o negro y dehiscente. A partir

de la fruta se obtiene tres almendras negras con un tamaño de 2 cm de largo y 1 cm de diámetro (Kaur, Dhillon , & Gill, 2011).

Las semillas contienen un aceite no comestible que se puede emplear como combustible de lámparas y motores de combustión o ya sea para transformar en biodiesel. Además se usa para elaborar jabones, por lo general es cosechada de dos a cuatro meses después de la fertilización (Kaur, Dhillon , & Gill, 2011).

***Figura 6*** Fruto y Semilla de *Jatropha curcas*

Fuente: (Kaur, Dhillon , & Gill, 2011).

### II.1.5 Composición química

A partir de investigaciones realizadas se ha determinado la composición química del piñón. En la siguiente tabla se muestra los compuestos encontrados en distintas partes de la planta con fines aplicaciones industriales.

***Tabla II*** Compuestos químicos obtenidos a partir de diferentes partes de la planta de *Jatropha curcas*

| PARTES DE LA PLANTA | COMPUESTOS QUÍMICOS |
|---|---|
| **Hojas** | ✓ **Flavonoides:** apigenina, vitexina, isovitexina |
| | ✓ **Diterpenos:** heudolotinona |
| | ✓ **Esteroles:** estigmasterol, estigmast-5-en-3β,7β-diol, estigmast-5-en-3β,7α-diol,colest-5-en-3β,7β-diol, colest-5-en-3β,7α-diol, campesterol, ß-sitosterol,7-ceto-ß-sitosterol, β-D-glucósido |
| | ✓ **Triterpenos:** α-amirina, 1-triacontanol y el dímero |
| | ✓ **Aminas:** mezcla de 5-hidroxipirrolidina-2-ona y pirimidina-2,4-diona |
| **Tallos** | ✓ **Triterpenos:** β-amirina, β-sitoesterol, Taraxerol, *epi*-friedelinol, friedelina, jatrocurina |
| | ✓ **Cumarinas:** éster metílico escopoletina |
| | ✓ **Diterpenos:** palmarumicina CP1, palmarumicina JC1, palmarumicina JC2 |
| **Parte aérea** | ✓ **Ácidos:** *o*-cumárico, *p*-cumárico, *p*-metilbenzoico, *p*-hidroxibenzoico, protocatéquico, resorsíilico |
| | ✓ **Diterpenos:** 15-*O*-acetil-15-*epi*-(4*E*)-jatrogrossidentadiona, isojatrogrossidentadiona 3-*β*-acetoxi-12-metoxi-13-metil-podocarpa-8,11,13-trieno-7-ona, 3*β*,12-hidroxi-13-metil-podocarpa-8,10,13-trieno |
| **Raíces** | ✓ **Esteroles:** ß-sitosterol y su β-D-glucósido, daucosterol |
| | ✓ **Triterpenos:** taraxerol |
| | ✓ **Cumarina:** tomentina, marmesina, propazina, jatrofina, 5-hidroxi-6,7-dimetoxicumarina, 6-metoxi-7-hidroxicoumarina |
| | ✓ **Diterpenos:** curculatirano A y B, curcusona A-D, jatrofolona A y B, jatrofolol, jatrofalactama, caniojana |
| | ✓ **Flavonoides:** nobiletina |
| **Látex** | ✓ **Péptidos:** curcaciclina A y B |
| | ✓ **Enzimas:** curcaína |

| | |
|---|---|
| | ✓ **Alcaloides:** jatrofina, jatrofano |
| **Semillas** | ✓ **Esteroles:** ß-sitosterol y su β-D-glucósido |
| | ✓ **Diterpenos:** forbol ésteres |
| | ✓ **Azucares:** dulcitol y sacarosa |
| | ✓ **Proteínas:** esterasa JEA, JEB, lipasa JL, curcina |

Fuente: (Ashwani & Satyawati , 2008)

### II.1.6 Esteres de forbol

El aceite de *Jatropha curcas* contiene diferentes cantidades de ésteres de forbol, los cuales son aplicados en la industria actual. Los ésteres son derivados de los ácidos carboxílicos, compuestos orgánicos con uno o más grupos carboxilos, estos provienen de los hidrocarburos. Dentro de la amplia gama de los ésteres, se encuentran los ésteres de forbol, los cuales son diterpenos que contienen 20 átomos de carbono formados por cuatro unidades de isopreno (Saetae & Suntornsuk, 2010). Estos compuestos son de alta toxicidad en los cotiledones, el embrión, el tegumento y la testa, son resistentes a altas temperaturas (aproximadamente 160°C), son causantes de la activación de la proteína quinasa C y son promotores del cáncer (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002).

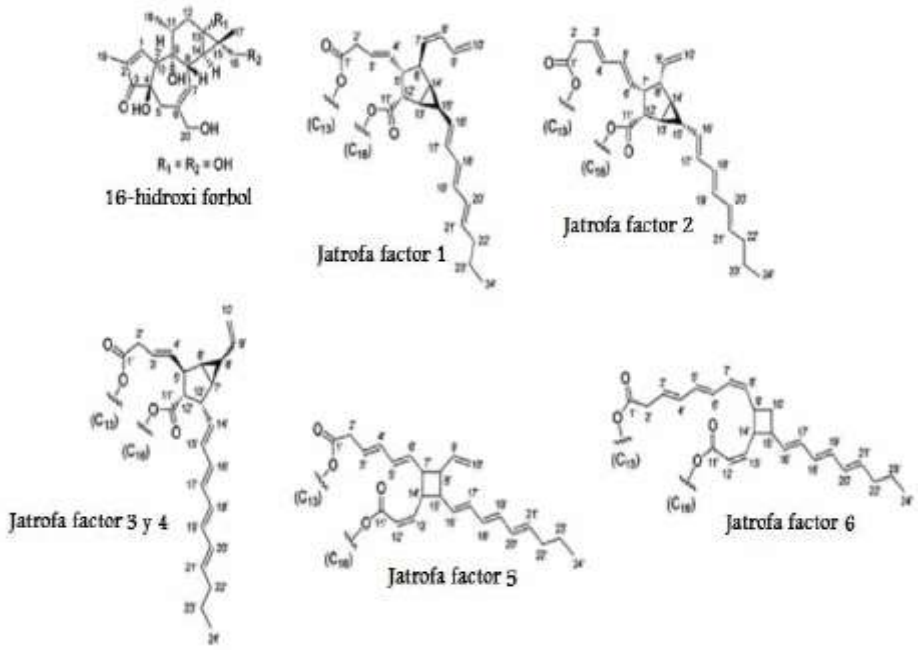



***Figura 7*** Estructura de ésteres de forbol presente en *Jatropha curcas (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002)*

Fuente: (Fujiki, y otros, 2017)

La frecuente exposición a los ésteres de forbol puede estimular la formación de tumores cancerígenos, debido a que estos activan la proteína quinasa (PKC), la cual juega un papel importante en el proceso de la transducción de señales, la diferenciación y el control del crecimiento celular (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002).

Según investigadores como (Fujiki, y otros, 2017), durante un proceso normal de transducción de señales la PKC es activada por diacilglicerol el cual es rápidamente hidrolizado. Sin embargo, los ésteres de forbol actúan como análogos del diacilglicerol y son activadores más fuertes de la PKC, que es difícilmente metabolizada por las células. Esto desencadena la proliferación de células amorfas o hiperplasia, que es comúnmente conocido como tumores cancerígenos.

A pesar del contenido de ésteres de forbol y del daño que estos pueden ocasionar a las personas, la semilla de *Jatropha curcas* es rica en ácidos grasos, lo que hace que el aceite extraído, sea apto para la producción de biodiesel (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002).

## II.2 Insecticidas

"Por definición, un insecticida es aquella sustancia o mezcla de sustancias que ejercen su acción biocida utilizada en la prevención y el control de especies" (Chirinos & Castro, 2019).

Incluye sustancias como defoliantes, desecantes y reguladores del crecimiento. Desde el punto de vista natural y ecológico, el insecticida es una substancia tóxica que el hombre introduce al ecosistema agrícola afectando a todos los organismos vivos en particular, a los animales. La intensidad del efecto varía según las características del insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies fitófagas, la formulación y dosis del producto, y las condiciones climáticas prevalecientes durante las aplicaciones (Gonzalez, 2015).

***Figura 8*** Uso de Insecticidas

Fuente: (Chirinos & Castro, 2019).

Los insecticidas se encuentran incluidos en la clasificación de los plaguicidas, son sustancias químicas de origen natural o sintético utilizados para controlar o matar insectos y variedades de plagas (Rodríguez & Suárez, 2015).

Los primeros insecticidas disponibles en el mercado eran fulminantes. Se les cataloga como sustancias "fuertes" o persistente porque se mantienen en el ambiente por mucho tiempo sin descomponerse a sustancias inertes (Kourí, 2002).

Actualmente existe una gran cantidad de diferentes compuestos con ingredientes activos. Esta sustancia es el insecticida químicamente puro, por ejemplo, en el caso del DDT, el ingrediente principal es el dicloro difenil tricloroetano (Chirinos & Castro, 2019).

### II.2.1 Tipos de Insecticidas

Se clasifican de varias maneras, ya sea por su composición química, acción toxicológica o su método de penetración. Los dos tipos principales de insecticidas son orgánicos e inorgánicos (Sparks & Nauen, 2015).

"Los insecticidas vienen en una amplia gama de fórmulas y se utilizan para mitigar una gran variedad de plagas" (Kourí, 2002).

En la actualidad las principales clases de insecticidas utilizados para el control de vectores son: organoclorados (OCs), ciclodienos, organofosforados (OFs), carbamatos y piretroides, aunque comienzan a usarse en gran escala los insecticidas microbianos y los que son reguladores del crecimiento, al poder reducir sus costos de producción y mejorar sus formulaciones. (Kourí, 2002). Estos insecticidas pueden penetrar en el insecto mediante e las siguientes vías:

- ✓ **Envenenamiento por contacto:** el insecticida penetra a través de la cutícula del insecto hasta alcanzar el sitio activo, ejemplo: OPs (malation), OCs (DDT), piretroides (permetrina) o carbamatos (propoxur), o análogos de las hormonas juveniles (metropreno) e inhibidores del crecimiento de la quitina (diflubenzurón).
- ✓ **Envenenamiento oral**: el insecticida es ingerido y absorbido a través del intestino, ejemplo: insecticidas bacteriológicos.
- ✓ **Fumigaciones:** el insecticida penetra al cuerpo del insecto a través de los espiráculos del sistema respiratorio.

#### II.2.1.1 Insecticidas Organoclorados

Son compuestos aryl, carbocíclicos o heterocíclicos de peso molecular entre 291 y 545 que actúan como insecticidas de ingestión y de contacto.

Se clasifican en 4 grupos:

- ✓ Derivados de cloro benceno: DDT y metoxicloro.
- ✓ Derivados de ciclohexano: HCH, lindano.
- ✓ Derivados de indano y ciclodienos: aldrín, dieldrín, clordano, heptaclor.

- ✓ Canfenos clorados: clordecona, toxafén.

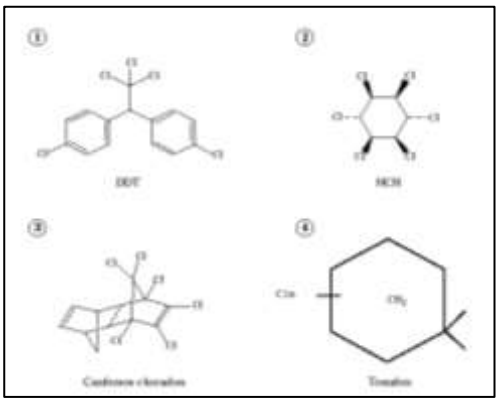


***Figura 9*** Estructuras de Insecticidas Organoclorados

Fuente: (Ferrer, 2003).

Fueron los primeros insecticidas sintéticos orgánicos utilizados de forma masiva a gran escala internacional demostrándose altamente eficaces y económicos. Sin embargo, su uso se ha visto restringido en los países desarrollados tras comprobarse su capacidad de bioacumulación y persistencia en el medio ambiente (Rinsky, Kreiss, & French, 2019).

Los problemas ocasionados son la presencia de residuos en alimentos y tejidos tanto en humanos como animales y su potencialidad cancerogénica y mutagénica. Algunos de ellos se han considerado disruptores endocrinos.

Las intoxicaciones agudas son cada vez más extrañas a medida que se van desplazando del mercado. En España todavía se comercializan algunos como:

- ✓ **Metoxiclor:** como insecticida por ingestión y contacto para 78 tipos de cosechas, ganados. En España hay presentaciones al 25% y se utiliza como insecticida de aplicación foliar (Kourí, 2002).
- ✓ **HCH/lindano:** es un insecticida organoclorado por inhalación, contacto e ingestión, agrícola y doméstico. En ciertos lugares como España se recomienda en formulaciones que van de un rango del 2 al 90% como insecticida de aplicación foliar con frecuencia asociado a O-P y carbamatos. Para aplicaciones directas sobre humanos hay un producto comercial con una concentración al 1% (gel, loción y champú). Su cinética está condicionada por su alta liposolubilidad y por la ineficacia de las vías

metabólicas de varios de ellos que condicionan su bioacumulación (Kourí, 2002).

Las dosis tóxicas humanas son variables: DDT 5 g; metoxiclor 5 g; clordano 40 mg; aldrin > 15 mg; HCH 20 g. En disoluciones con disolventes orgánicos que favorecen su absorción pueden producirse accidentes graves con cantidades inferiores de 1 g (Ferrer, 2003).

Estos provocan una una serie de síntomas diversos asociados a la exposición a largo plazo en población laboral: como dermatitis, alteraciones digestivas (náuseas y vómitos), astenia, irritación de las mucosas respiratorias y conjuntivales, síntomas neurológicos (cefaleas, pérdida de equilibrio). Se pueden cualificar y cuantificar estas sustancias mediante técnicas cromatográficas en laboratorios especializados (Sparks & Nauen, 2015).

### II.2.1.2 Insecticidas Organofosforados

Los insecticidas organofosforados (OP) son muy tóxicos y liposolubles y su fórmula general deriva del ácido fosfórico. Pertenecen a diferentes familias: fosfatos, fosforoamidotioatos, fosforodiamidatos, varias de ellas azufradas. Desde 1942 se han sintetizado más de 50.000 productos de este tipo (Sharma & Shukla, 2020).

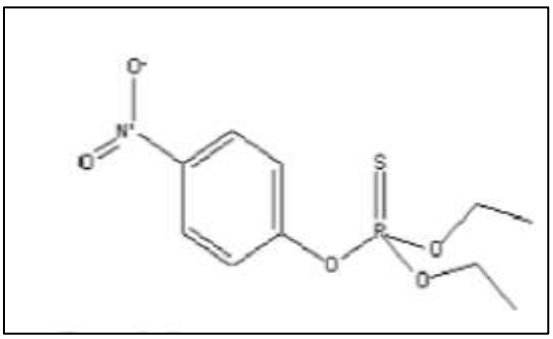



***Figura 10*** Estructura de un Insecticida Organofosforado: Paratión
Fuente: (Ferrer, 2003).

Se estima que el 40% de las cosechas son tratadas con este tipo de insecticida.

También han sido utilizados como antiparasitarios sistémicos y en medicina humana se usa para el tratamiento del glaucoma y la miastenia gravis.

Su liposolubilidad y elevada tensión de vapor a temperaturas ordinarias son las que van a permitir su penetración rápida por todas las vías (Ferrer, 2003).

El tratamiento en la intoxicación por insecticidas O-P tiene un importante componente sintomático junto al antidótico. El tratamiento sintomático debe ser intensivo, por la frecuencia de aparición de un compromiso respiratorio grave que suele requerir intubación (Sparks & Nauen, 2015).

### II.2.1.3 Carbamatos

Son productos derivados del ácido carbámico, Los carbamatos simples en los que los radicales R1 y R2 son grupos H o metilo inhiben las colinesterasas y son utilizadas como insecticidas. Otros carecen de esta acción y se emplean como herbicidas o fungicidas. Se han sintetizado y comercializado a lo largo de la mitad del siglo XX (Sparks & Nauen, 2015).

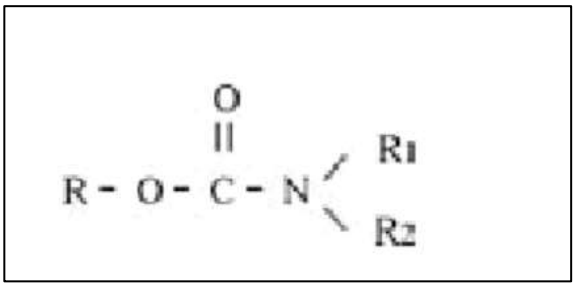



***Figura 11*** Carbamato

Fuente: (Ferrer, 2003)

Se absorben por todas las vías, aunque el grado de absorción cutánea varía de un producto a otro. Pasan rápidamente a sangre y se distribuyen a todos los tejidos (Ferrer, 2003).

Los carbamatos empleados como herbicidas tienen una toxicidad muy baja (DL 50 4.000-10.000 mg/kg), habiéndose descrito afectaciones de tipo ocupacional en forma de dermatitis o síntomas digestivos inespecíficos (Ferrer, 2003).

### II.2.1.4 Insecticidas Piretroides

En la actualidad se encuentran en más de 2.000 preparaciones comerciales. Los piretroides se clasifican en dos grupos: los de tipo 1 como la permetrina no

contiene grupo ciano; los de tipo 2 (cipermetrina, deltametrina, fenvalerato) contienen ese grupo (Bisset & Rodríguez, 2017).

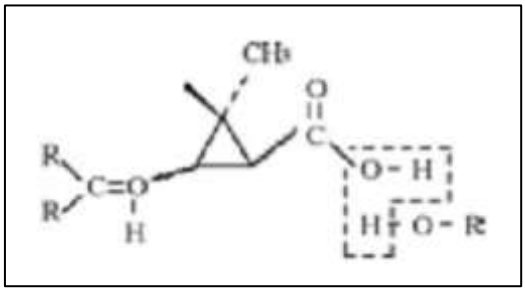



***Figura 12*** Estructura de Piretroides

Fuente: (Gonzalez, 2015).

Se han descrito alteraciones cutáneas en las personas expuestas a estas sustancias como los trabajadores y pueden producir reacciones alérgicas sistémicas y dermatitis de contacto. (Ferrer, 2003)

### II.2.2 CONTROL DE PLAGAS

#### II.2.2.1 Insecticidas Sintéticos

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los insecticidas sintéticos se consideran una clase especial o un apartado de compuestos químicos utilizados para matar una amplia gama de plagas de cultivos que incluyen insectos, malezas y roedores. Estos productos químicos se utilizan para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos. Los plaguicidas se consideran productos químicos potencialmente peligrosos debido a su toxicidad para los seres humanos (Ferrer, 2003).

La salud y su consumo deben ser monitoreados cuidadosamente. En todo el mundo, el aumento múltiple de la demanda de plaguicidas se debe principalmente al ataque continuo de plagas como las larvas de insectos, responsables de la destrucción de cultivos y a las enormes pérdidas monetarias para las comunidades de agricultores (Verdezoto, 2016). Además se utilizan para prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por vectores en el medio ambiente. Plaguicidas como diclorodifenil tricloroetano (DDT) y su producto metabólico diclorodifenildicloroetileno (DDE) se utilizan para la fumigación residual en interiores (IRS) para controlar enfermedades transmitidas

por vectores como la malaria, el dengue, no solo debe usarse y almacenarse con cuidado, sino que también debe eliminarse de manera adecuada. A principios de 1986, Pimental y Lavitan encontraron que solo el 0,1% de los plaguicidas alcanzan el objetivo, mientras que una gran parte de ellos causa contaminación del medio ambiente (Ferrer, 2003).

***Tabla III*** Ventajas y Desventajas de insecticidas

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| ✓ Acción o efecto rápido.<br>✓ Alta eficacia.<br>✓ Acción independiente.<br>✓ Fácil aplicación<br>✓ Amplia disponibilidad<br>✓ Buena rentabilidad B/C | ✓ Desequilibrio biológico (resurgencia y desarrollo de nuevas plagas).<br>✓ Desarrollo de resistencia.<br>✓ Contaminación ambiental.<br>✓ Presencia de residuos tóxicos. |

Fuente: Autoras

### II.2.2.2 Insecticidas de Origen Vegetal

Son agentes biológicos, sustancias activas o mezclas de sustancias de origen biológico utilizados para disminuir, prevenir, combatir, controlar, regular, o repeler la acción de organismos que son plagas en cultivos de importancia agrícola. (Leal, 2016) Los productos naturales extraídos de ciertas plantas, como la semilla de piñón (*Jatropha curcas*), tienen como ventaja ser biodegradables y no producir desequilibrio en el ambiente, al ser de origen vegetal. Estos bioinsecticidas provocan un impacto mínimo sobre la fauna; son efectivos contra las plagas agrícolas y no tienen restricciones toxicológicas (Sharma & Shukla, 2020).

Los bioplaguicidas en general como en el caso del Neem son una vía útil para reducir impactos económicos y en la salud humana. Con los bioplaguicidas se logran controlar plagas de manera eficiente con bajo nivel residual y sin causar inmunidad por parte de los insectos dañinos (Verdezoto, 2016). En cuanto a la

aplicación de los bioplaguicidas es importante conocer e identificar correctamente todos los insectos que están presente en una plantación debido a que no todos son perjudiciales para el cultivo, sino que por el contrario muchos trabajan como controladores biológicos contra el insecto dañino (Sharma & Shukla, 2020).

### II.2.3 Usos del Aceite

Las semillas constituyen 61 % de los frutos, son una de las partes más utilizadas al obtenerse medicamentos antiinflamatorios, laxantes e insecticidas y un aceite con múltiples usos: que van desde su utilización en la fabricación de jabón, en la industria de cosméticos hasta su uso como un sustituto del diésel (Lafarguen & Díaz, 2012).

"El aceite de esta semilla fue usado en motores en África en la Segunda Guerra Mundial, en Tailandia fue utilizada en motores con rendimientos satisfactorios y también se usó en la iluminación de algunas calles cerca de Río de Janeiro" (Lizarde & Alcaraz, 2017).

(Saetae & Suntornsuk, 2010), reportaron que extractos que eran obtenidos de las semillas de *J. curcas* presentan propiedades molusquicidas, insecticidas y fungicidas lo cual son capaces de inhibir el crecimiento micelial de *Colletotrichum musae* causante de la enfermedad antracnosis que afecta el cultivo de plátano.

La mayoría de las variedades del piñón contienen compuestos tóxicos para humanos y animales como la curcina y forbol ésteres. Por su parte (Haas, Sterk, & Mittelbach, 2002), determinaron mediante resonancia magnética nuclear (RMN) la estructura de seis ésteres de forbol.

Este aceite es una alternativa potencial para la obtención de energía renovable de manera rentable, al obtenerse un alto rendimiento que varía entre 43 y 59 %, en dependencia de la variedad de las semillas que se utilice (Toral & Montes, 2008). Posterior a la extracción del aceite, se obtiene una torta con alto contenido de proteínas (50-62 %) y de aminoácidos esenciales, que constituye un buen alimento; sin embargo, por la presencia de compuestos altamente tóxicos, se ha impedido su aprovechamiento y se ha restringido su uso con fines nutricionales. Entre los beneficios que se le han dado a esta torta se encuentra su utilidad como fertilizante, también de materia prima para producir adhesivos, revestimientos,

surfactantes y biogás; convirtiéndose en una alternativa en el sector industrial y en el abastecimiento energético (Lafarguen & Díaz, 2012).

De acuerdo a (Ashwani & Satyawati , 2008), las semillas de piñón contienen aproximadamente 24.6% de proteína, 47.25% de grasa, 5.54% de humedad y menos del 6% de almidón y azúcares totales. La grasa que contiene la semilla está compuesta de ácidos grasos saturados como ácido palmítico (14.1%) y ácido esteárico (6.7%) y de ácidos insaturados como ácido oleico (47%) y ácido linoleico (31.6%). A pesar de que este aceite tiene una composición similar a la de muchos aceites comestibles no se ha comercializado por sus efectos tóxicos atribuidos a los ésteres de forbol; estos metabolitos han sido encontrados en diferentes partes de la planta (Devappa, Makkar, & Becker, 2011).

Las semillas han sido objeto del mayor número de estudios para esta especie, contienen entre 30 y 32 % de proteína y de 60 a 66 % de lípidos, lo cual indica su potencial como fuente de energía renovable y ha conllevado al desarrollo de investigaciones que permiten la caracterización química (Martínez Herrera, Siddhuraju, Francis, Dávila Ortıíz, & Becker, 2006).

Además, alrededor de esta planta existen muchas otras ventajas que la hacen aún más interesante, siendo así, una prometedora alternativa de cultivo bioenergético (Basha, Francis, Makkar, Becker, & Sujatha, 2009). El aceite de piñón constituye una importante fuente de materia prima para obtener biodiesel (Devappa, Makkar, & Becker, 2011).

El aceite de *Jatropha curcas* a más de ser utilizado en la producción de biodiesel, es también materia prima para producir jabones suaves y duraderos, el glicerol que se obtiene como subproducto en la transesterificación del aceite puede ser utilizado para elaborar productos cosméticos naturales (Achten, y otros, 2008).

Según investigadores (Rahuman, Gopalakrishnan , Venkatesan , & Geetha, 2007), el efecto como insecticida de plantas Euphorbiaceae también se ha demostrado frente a estadios larvarios de *Aedes aegypti*; por lo que presentó que la mayor mortalidad de las larvas se encuentran en el extracto de éter de petróleo. Los extractos de éter de petróleo de *Jatropha curcas* y *E. tirucalli* mostraron cierta efectividad; por lo tanto, los extractos de estas especies

pueden ser aplicados como un larvicida ideal contra *A. aegypti*. Su utilización además de representar un método de control contra vectores del dengue y la filariasis linfática es un método inocuo con el medio ambiente.

### II.3 Métodos de extracción del aceite

El rendimiento del aceite de la semilla de piñón (*Jatropha curcas*) depende del método de extracción. Los principales métodos de extracción son mecánicos utilizando una prensa hidráulica o una prensa impulsada por motor y los métodos químicos utilizando solventes orgánicos como n-hexano (González & Kafarov, 2016).

### II.3.1 Extracción mecánica

En el proceso de extracción mecánica o por prensado la semilla se somete a presión en prensas operadas por lotes o en forma continua. Algunos de los equipos industriales son: tornillo sin fin de alta o de baja presión, extractor tipo expeller, extractor centrífugo, extractor tipo decanter y rodillos de prensa (Rodríguez & Támbara, 2016). En el proceso general de extracción, inicialmente se pela el fruto para obtener la semilla de piñón *(Jatropha curcas*) envuelta en una cubierta pergaminosa de color grisáceo, que es necesario eliminar. Posterior a la limpieza de las semillas, se llevan a la prensa que las comprimirá a altas presiones permitiendo la salida del aceite por medio de ranuras de drenaje y la torta por la boquilla de restricción de salida. En la extracción mecánica el control de la humedad es importante para mantener una temperatura adecuada. Si la humedad es muy alta la semilla será suave y el aceite extraído contendrá exceso de material sólido, y si la humedad es muy baja las semillas se sobrecalentarán (Rodríguez & Támbara, 2016).

### II.3.2 Extracción por Solventes

En la extracción por solventes el material debe ser laminado o molido, sin sufrir extracción, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. Los sistemas modernos de extracción por solventes parecen ser complejos, sin embargo, esta complejidad se debe en gran parte a los sistemas de control, automatización y recuperación de energía. La tecnología básica de extracción por solventes consta de cuatro funciones principales: extracción, remoción del

solvente del aceite, destilación y recuperación del solvente, siendo el n-hexano el más comúnmente empleado (González & Kafarov, 2016).

El proceso de extracción por solventes requiere movimiento continuo del solvente, en el caso de la extracción empleando extractor tipo Soxhlet se requiere reflujos constantes, para lograr mejor eficiencia en la operación. Los solventes se recuperan por destilación y equilibrio entre el solvente y la micela (mezcla de aceite y solvente) fuera del material oleaginoso. Entre los parámetros que afectan el desempeño de los extractores por solventes, se encuentran el tiempo de contacto, tamaño de partícula, temperatura del extractor y número de etapas. El tiempo total que pasa el material oleaginoso en el extractor es el tiempo de residencia. Este se subdivide en tiempo de lavado y el tiempo de drenaje, que corresponden al tiempo que dura el material bajo el inyector del extractor y el tiempo que dura el material drenando antes de la descarga, respectivamente. El tiempo de descarga puede distribuirse igualmente en dos, tiempo de contacto y latente. El tiempo de contacto es el tiempo que dura una partícula del material en la zona del lavado del extractor donde se encuentra en contacto con la micela. La extracción solo ocurre durante el tiempo de contacto (González & Kafarov, 2016).

El tiempo latente es el tiempo que dura una partícula de material oleaginoso en la zona de lavado donde no está en contacto con la micela. Un tiempo de contacto adecuado es crítico para maximizar la eficiencia de la extracción y minimizar la cantidad de aceite contenido en el residuo. En la extracción por solventes generalmente se realiza reducción del tamaño de partícula con el propósito de reducir la distancia que necesita la micela para difundirse en los cuerpos de aceite, así como incrementar el área de contacto. Así mismo, al aumentar la temperatura de la micela se incrementa la velocidad de transferencia a través de la pared celular. Al finalizar la extracción, el solvente se destila de la micela y se recupera para su recirculación (González & Kafarov, 2016).

### II.3.3 Extracción Particionamiento trifásico

La partición trifásica (TPP) es un proceso simple y eficiente para la separación, purificación y concentración de biomoléculas tales como enzimas, lípidos, polisacáridos, etc. a partir de mezclas complejas. El TPP se realiza mediante la

adición secuencial de una cantidad suficiente de sal (sulfato de amonio) y un solvente orgánico (t-butanol /tertulia-butanol). Las sales como el sulfato de amonio se usan con cierta saturación para precipitar la proteína. Un solvente orgánico tal como t-butanol se agrega para formar capas de tres fases y para eliminar compuestos de bajo peso molecular tales como lípidos, fenólicos y algunos detergentes, ya que tiene un alto punto de ebullición, pero menos inflamable que el etanol y el metanol, t-butanol es el disolvente preferido para TPP. Después del tratamiento del extracto crudo y la decantación, la mezcla se separa en tres fases distintas: el solvente superior contiene compuestos no polares, que se separan de la fase acuosa inferior (que contiene compuestos polares) mediante un precipitado proteico interfacial. Las proteínas deseadas se dividen selectivamente en una fase y otras proteínas contaminantes en la otra fase. Esto causa una purificación y concentración parcial de la proteína. El proceso de extracción es una amalgama de cosolvente kosmotrópico, salificante, isotónico y precipitación osmolítica de proteínas (KunYan & Wang, 2017).

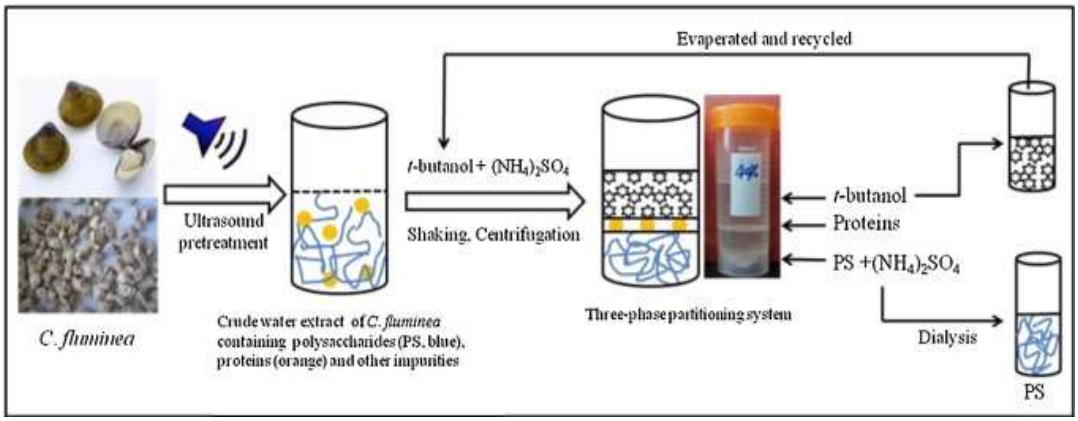



***Figura 13*** Extracción por Particionamiento trifásico

Fuente: *(KunYan & Wang, 2017)*

### II.3.4 Extracción por ultrasonido

Utiliza los sonidos de alta frecuencia con el fin de desprender el compuesto buscado del material vegetal. Las partículas sólidas, liquidas vibran y se aceleran ante la acción ultrasónica como resultado el soluto pasa rápidamente de la fase solida al solvente. Esta técnica es económica y tiene los requerimientos instrumentales más bajos entre las últimas técnicas de extracción desarrolladas. Los fenómenos físicos que afectan la extracción de sustancias se ven afectados

por la sonificación ya sea que las sustancias de interés se encuentren en células internas o externas del tejido. Al reducir el tamaño de las partículas del material vegetal se aumenta el área de exposición al solvente y a la cavitación producida (Azuola & Vargas, 2015).

***Figura 14*** Extracción asistida por Ultrasonido

Fuente: (Azuola & Vargas, 2015)

# CAPITULO III MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio bibliográfico empleando los métodos descriptivo, comparativo y explicativo referente al uso de esteres de forbol que se encuentra en el aceite de la semilla de la especie vegetal *Jatropha curcas* para el control de las plagas presentando actividad insecticida que ayudara en gran medida a las respectivas plantaciones realizadas por los campesinos en el sector agrícola.

El tipo de investigación que se empleó fue aplicada de manera documental y las herramientas utilizadas fueron libros, publicaciones periódicas (revistas) y sistema de información computarizada (redes e internet).

La información se realizó mediante la búsqueda de artículos científicos que se encuentran en las bases bibliográficas de Pubmed, Scopus, Science Direct, Scielo, Redalyc, entre otras. La recopilación de datos se encuentra en un intervalo que va desde el año 2012 hasta el 2020.

Las palabras claves para la ecuación de búsqueda fueron las siguientes: Esteres de forbol, métodos de extracción, semilla *Jatropha curcas* (origen, descripción botánica, división taxonómica, composición química), insecticidas sintéticos y de origen vegetal.

Finalmente se recolectó un total de 63 fuentes bibliográficas en idioma (español e inglés).

# CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

## IV.1 Propiedades del piñón (*Jatropha curcas*): Actividad insecticida

De acuerdo al objetivo 1 se fundamenta mediante la base de artículos citados acerca de las propiedades de *Jatropha curcas,* considerando su gran potencial con actividad.

***Tabla IV*** Propiedades pertenecientes a la especie *Jatropha curcas*

| **Propiedades** | **Extractos de partes de la planta:** | **Función** | **Referencia** |
|---|---|---|---|
| Molusquicidas, Insecticidas, Fungicidas | Semillas, Hojas | -Inhiben el crecimiento micelial de *Colletotrichum musae*<br>-Eficaz en el control del hongo patógeno *Sclerotium.* | Saetae & Suntornsuk, 2010 |
| Larvicida | Semillas, Hojas | -Control del vector de la filariasis linfática para protección ecológica frente al insecto. | Kovenda et al., 2011 |
| Medicinales | Semillas, Hojas, Corteza | -Purgante natural<br>-Actividad antinflamatoria<br>-Tratamiento del reumatismo | Abdelgadir et al., 2003 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Tallo | -Elaborar cepillo de diente con el propósito de fortalecer las encías, minimizar y prevenir la presencia de abscesos. | Upadhyay et al., 2010 |
| | Raíz | -Tratamiento de la neumonía, la sífilis y como abortivo purgante<br>-Desinflamatorio local | Upadhyay et al., 2010 |
| | Látex | -Promueve la curación de heridas, úlceras y como astringente en cortes y contusiones. | Akintayo, 2004 |

Fuente: Autoras

**Análisis**

De acuerda con la tabla IV, la especie *Jatropha curcas* presenta propiedades medicinales, insecticidas, molusquicidas, fungicidas y larvicidas; lo cual estas actividades han sido demostradas mediante estudios realizados por diferentes autores.

Mediante estudios realizados por (Saetae & Suntornsuk, 2010), indican que a partir de los extractos de la semilla y hojas de la planta, presentan propiedades insecticidas, molusquicidas y fungicidas por lo que son capaz de inhibir el desarrollo micelial de *Colletotrichum musae,* lo cual es un hongo que causa antracnosis (manchas negras y marrones) indicando la madurez en los cultivos especialmente en el plátano. Extractos de las hojas muestran efectividad en el control del hongo *Sclerotium* por lo que evitaría marchitamiento y muerte de las plantas que han sido cosechadas en el sector agrícola.

Dentro de las propiedades larvicidas mediante los extractos de semillas y hojas, los investigadores (Kovenda, Murugan, Vincent, & Kamalakannan, 2011) indican que muestran una gran capacidad contra larvas de dípteros que presenta

un problema fitosanitario de tal manera que afecta al cultivo causando perforación en el tallo de la planta.

*Jatropha curcas* presenta propiedades medicinales que se han venido investigando desde la antigüedad de tal manera que se la empezó a considerar como un purgante natural y a medida del tiempo se la conoce como una planta con efecto antiinflamatorio, tratamiento para enfermedades tales como infecciones de la piel, ictericia, fiebre, neumonía, entre otras.

### IV.2 Insecticidas vegetales frente a los sintéticos

De acuerdo al objetivo 2 se establece la importancia del uso de insecticidas vegetales frente a los sintéticos.

***Tabla V*** Ejemplos de insecticidas de origen vegetal y sintético

| Insecticidas de origen vegetal | Insecticidas sintéticos |
|---|---|
| Javelin, Able 50 WDG, Delta BT, Dipel DF/Biobit y NewBT-2X WP | DDT, organoclorados, ciclodienos, organofosforados , carbamatos y piretroides |

Fuente: Autoras

**Análisis**

Los insecticidas de origen vegetal tienen una baja toxicidad intrínseca y no afectan la biodiversidad por carecer de los efectos biocidas de los plaguicidas químicos, además no son contaminantes ambientales tiene una alta sustentabilidad de su reproducción a largo plazo ya que se basan en recursos naturales. El desarrollo y la investigación de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas sintéticos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura (Chirinos & Castro, 2019).

Comparando los insecticidas de origen natural con los sintéticos, estos no inducen la resurgencia de plagas ni la aparición de nuevas o secundarias como

resulta con la aplicación de insecticidas de amplio espectro que eliminan también los insectos benéficos que controlan de forma natural, tanto a las plagas como a poblaciones de plagas potenciales, mismas que sin sus reguladores naturales llegan a causar daños aún mayores que las plagas primarias (García & Mie, 2010).

### IV. 3 Métodos de extracción

Con respecto al objetivo 3, es necesario evaluar la factibilidad de métodos de extracción para la obtención del aceite de la semilla de *Jatropha curcas*, tomando en cuenta el porcentaje de rendimiento y los factores que intervienen en cada proceso. Existen diferentes métodos para la extracción del aceite de la semilla de *Jatropha curcas* (piñón). Dentro de los métodos empleados están los siguientes:

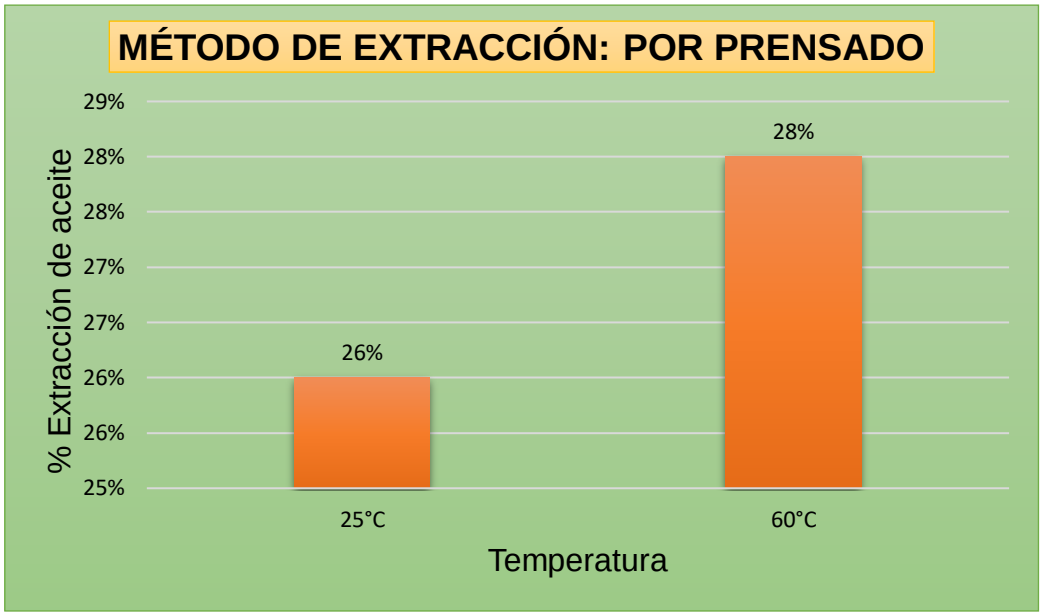
- ✓ Prensado de semilla a 60°C.
- ✓ Prensado de semilla a 25°C.
- ✓ Extracción química con n-hexano
- ✓ Particionamiento trifásico
- ✓ Extracción por ultrasonido

A continuación se detallan los gráficos estadísticos del porcentaje de rendimiento de cada uno de los métodos de extracción que son empleados para la obtención del aceite.

***Tabla VI*** Porcentaje de rendimiento del método de extracción mecánica: Por prensado mediante temperaturas diferentes

| Método | Temperatura | Condición de la muestra (semilla) | Equipo | Tiempo (min) | Rendimiento (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Extracción mecánica: Por prensado | 60°C | Molida - Descascarillada | prensa MPE 40 | 7.18 | 28 |
| | 25°C | Molida - Descascarillada | prensa MPE 40 | 42.33 | 26 |

Fuente: Autoras




En la **tabla VI** el prensado de semilla a la temperatura de 25 °C tuvo como resultado un % de rendimiento de aceite de 26% el cual genera un mayor contenido de peróxidos y ácidos grasos libres. Estos generan auto oxidación en el aceite e incrementan la cantidad de hidroperóxidos, reduciendo así la cantidad de ésteres y su bioactividad.

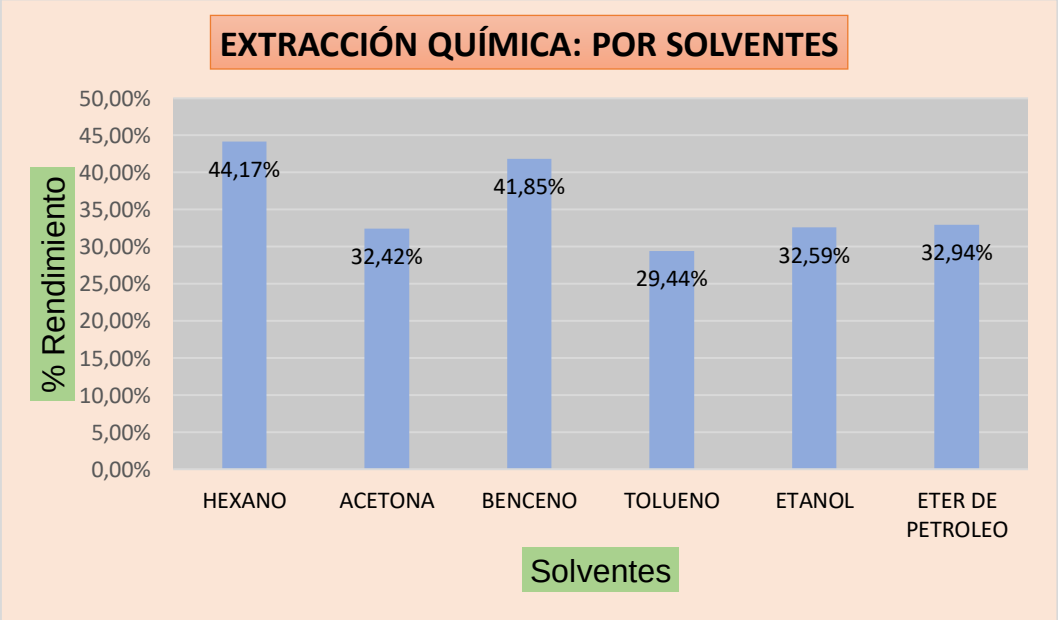
En el prensado a 60 °C se sometió la semilla a un tratamiento térmico con un % de rendimiento de 28% que es de mejor calidad el cual limita la formación de peróxidos, ácidos grasos libres y extracción de compuestos que contienen fosforo pues presenta un mayor contenido de ésteres.

.

***Tabla VII*** Porcentaje de rendimiento del método de extracción química mediante el uso de diferentes solventes

| Método | Solventes | T° de destilación (°C) | Peso de la muestra (semilla) | Equipo | Tiempo | Rendimiento (%) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Extracción química: Por solvente | Hexano | 70 | 5 g / 80ml Solvente | Equipo de Soxhlet | 70 min | 95 | Sayyar et al., 2009 |
| | Acetona | 52 | Aproximadamente 30 g / 250ml Solvente | | 10 Horas | 32,42 | Giraldo et al., 2010 |
| | Benceno | 74 | | | | 41,85 | |
| | Tolueno | 104 | | | | 29,44 | |
| | Etanol | 74 | | | | 32,59 | |
| | Éter de petróleo | 54 | | | | 32,94 | |

Fuente: Autoras



En la **tabla VII** se obtuvieron los porcentajes de extracción mediante el uso de diferentes solventes Hexano (95%), Acetona (32,42%), Benceno (41,85%), Tolueno (29,44%), Etanol (32,59%) Eter etílico (32,94%). Dando como resultado que el solvente óptimo para la extracción es el hexano que tiene 95% de rendimiento por un tiempo de 70 minutos. Este tiene una alta volatilidad y por ello puede separarse fácilmente, se puede destilar cerca de los 75 ºC, el solvente es económico comparado con el benceno que también alcanza un alto nivel de extracción, pero es altamente toxico. El hexano como solvente presenta buenas características fisicoquímicas del aceite, se obtiene un aceite claro, de baja viscosidad y sin formación de gomas como es el caso de la extracción empleando tolueno como solvente. El daño que puede ocasionar al ambiente es mínimo ya que el proceso de extracción no presenta fugas y su implementación puede ser reutilizable.

***Tabla VIII*** Porcentaje de rendimiento del método de extracción por particionamiento trifásico

| Método | Temperatura | Condición de la muestra (semilla) | Tiempo (min) | Rendimiento (%) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|
| Extracción por Particionamiento trifásico | 50°C | Molida - Descascarillada | 76.83 | 54 | Shah et al., 2004 |

Fuente: Autoras

En la **tabla VIII** se muestran los resultados del porcentaje de rendimiento empleando el método de extracción por particionamiento trifásico, lo cual es un proceso de separación, purificación y concentración de biomoléculas.

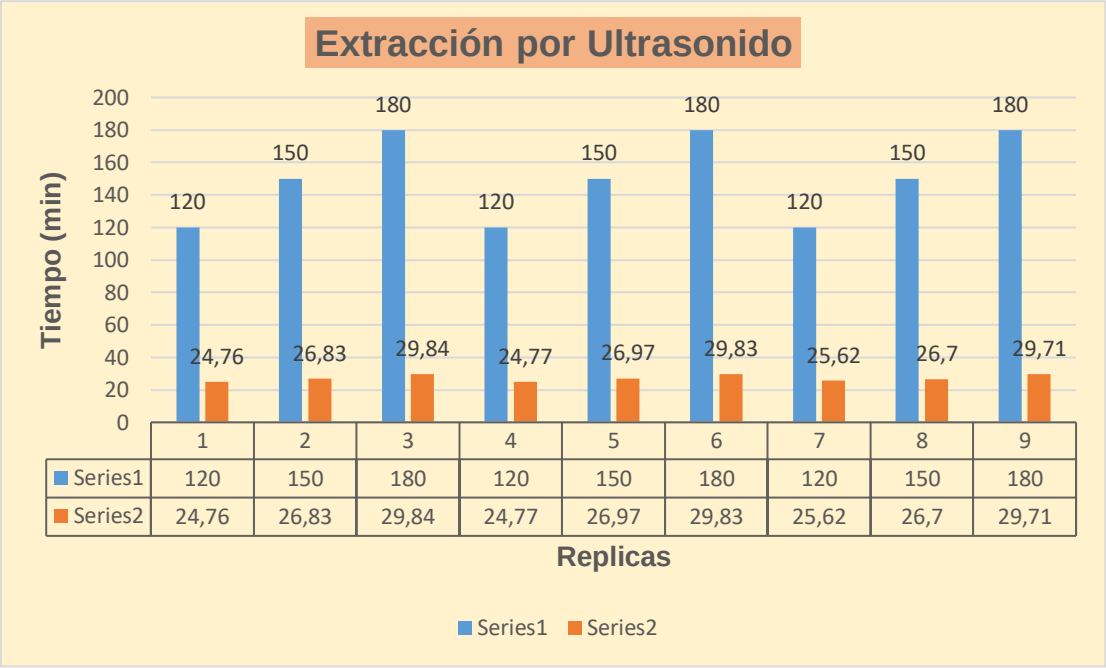
Para este método se necesita que la muestra sea descascarillada con un tamaño de partícula de <1 mm, por lo que se dará la formación de tres fases de

solvente orgánico, agua y torta. Estudios realizados por (Shah, Sharma, & Gupta, 2004), indica que este método difiere el 82% de rendimiento, sin embargo se obtuvo un 54% de aceite, cabe recalcar que el porcentaje bajo debido a que este procedimiento fue planteado para extracción y purificación de enzimas por medio del uso de t-butanol.

***Tabla IX*** Porcentaje de rendimiento del método de extracción por ultrasonido

| **Método** | **Peso de la muestra (semilla)** | **Solvente** | **Tiempo (min)** | **Rendimiento (%)** | **Referencia** |
|---|---|---|---|---|---|
| Extracción por Ultrasonido | 30g /150ml Solvente | Hexano | **Replica 1** | | Saavedra Rincón et al., 2018 |
| | | | 120 | 24,76 | |
| | | | 150 | 26,83 | |
| | | | 180 | 29,84 | |
| | | | **Replica 2** | | |
| | | | 120 | 24,77 | |
| | | | 150 | 26,97 | |
| | | | 180 | 29,83 | |
| | | | **Replica 3** | | |
| | | | 120 | 25,62 | |
| | | | 150 | 26,70 | |
| | | | 180 | 29,71 | |

Fuente: Autoras




En la **tabla VIII** se muestran resultados del porcentaje de rendimiento utilizando el método de extracción por ultrasonido, la cual esta es una técnica de separación con la finalidad de aislar y concentrar componentes por medio del uso de un disolvente orgánico. Este estudio lo realizaron por replicas en varios tiempos de exposición mostrando diferencias significativas en sus porcentajes obtenidos, mediante la media se llegó a un porcentaje de 29.79%, por lo que indica que a mayor tiempo mayor será el porcentaje de aceite.

***Tabla X*** Métodos de extracción para la obtención del aceite de la semilla (Jatropha curcas) y sus respectivos porcentajes

| Método de extracción | % de rendimiento | |
|---|---|---|
| Prensado de semilla a 60°C. | | 28% |
| Prensado de semilla a 25°C. | | 26% |
| Extracción química: Por solventes | Hexano | 95% |
| | Acetona | 32,42% |
| | Benceno | 41,85% |
| | Tolueno | 29,44% |
| | Etanol | 32,59% |
| | Éter de petróleo | 32,94% |
| Particionamiento trifásico | | 54% |
| Extracción por ultrasonido | | 29,79% |

Fuente: Autoras

En la **tabla X** se muestran los respectivos porcentajes de rendimiento que fueron obtenidos por cada método. Existen factores tales como la condición de la muestra, temperatura y el tiempo que van a influir para la obtención del aceite, por lo que indica que la extracción química mediante el uso del hexano alcanzo un mayor porcentaje para la obtención de la misma.

## CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo permitieron arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se fundamentó las propiedades de *Jatropha curcas,* teniendo en cuenta que su cultivo permite la obtención de extractos por medio de partes de la planta (semilla, hojas, raíz, tallo) alcanzando productos comercializables en el área agrícola por lo que a nivel biológico se lo puede emplear para el control de plagas debido a las propiedades que presentan como insecticida, fungicida, larvicida y molusquicidas.
2. Se estableció la importancia del uso de insecticidas de origen vegetal para el control de plagas agrícolas frente a los sintéticos comparando su eficacia y el daño de causan al medio ambiente.
3. Mediante la búsqueda científica respectiva, se indica que el mejor método evaluado para la obtención del aceite de la semilla de *Jatropha curcas* fue la extracción química que involucra el uso de solventes tales como el hexano lo cual alcanzo un impacto positivo en rendimiento del 95% de aceite, este valor fue determinado mediante la relación del tiempo considerándose como una opción que permite extraer mayor cantidad de aceite, por lo que confirma lo reportado en las investigaciones.

## RECOMENDACIONES

1. Fomentar el uso de productos de origen vegetal los cuales proporcionan mejores resultados, son amigables con el medio ambiente y no tóxicos para la salud humana.
2. De acuerdo a las investigaciones no se han establecido los límites de temperatura para la extracción, por lo que se recomienda llevar un registro acerca de las temperaturas empleadas para verificar si se obtiene mayores tasas de rendimiento.

## BIBLIOGRAFÍA


1. Abdo, W., & Salimon, J. (2009). Phorbol Ester as Toxic Constituents of Tropical Jatropha Curcas Seed Oil. *31*(3), 429-436. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30887211/TOXICCONSTITUENTS.pdf?1362674141=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPhorbol_Ester_as_Toxic_Constituents_of_T.pdf&Expires=1593832512&Signature=c0PW7xrE9nQfO2oOG7sAiTxLsmzvahJXutxq6TxBksm-vqGqMg

2. Achten, W., Verchot, L., Franken, Y. J., Mathijs, E., Singh, V. P., Aerts, R., & Muys, B. (2008). Jatropha bio-diesel production and use. *Achten, W. M. J., Verchot, L., Franken, Y. J., Mathijs, E., Singh, V. P., Aerts, R., & Muys, B. (2008). Jatropha bio-diesel Biomass and Bioenergy, 32*(12), 1063-1084. doi:10.1016/j.biombioe.2008.03.003

3. Akintayo, E. T. (2004). Characteristics and composition of Parkia biglobbossa and Jatropha curcas oils and cakes. *Bioresource Technology, 92*(3), 307-10. doi:10.1016/S0960-8524(03)00197-4

4. Ashwani , K., & Satyawati , S. (2008). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (Jatropha curcas L.): A review. *Industrial Crops and Products, 28*(1), 1-10. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.01.001

5. Azuola, R., & Vargas, P. (2015). Extraccion de sustancias asistidas por ultrasonidos (EUA). *tecnologia en marcha* , 4-20.

6. Basha, S. D., Francis, G., Makkar, H., Becker, K., & Sujatha, M. (2009). A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between Jatropha curcas L. germplasm from different countries. *Plant Science, 176*(6), 812-823. doi:10.1016/j.plantsci.2009.03.008

7. Bisset, J., & Rodríguez, M. (2017). Caracterización de la resistencia a insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides . *scielo*, 1561.

8. Caballero, R., & Cyman, S. (2013). Susceptibilidad basal del biotipo B de Bemisia tabaci (Genn.) En el sur de Florida al ciantraniliprol. *Protección de cultivos*, 104-108. doi:https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.10.013

9. Campuzano Duque, L. F., Gualdrón Acosta, R., & Chávez Oliveros, L. F. (2020). Desempeño productivo y adaptación de Jatropha curcas L. en tres ecorregiones en Colombia. *Agronomía Mesoamericana, 31*(2), 277-290. doi:doi:10.15517/am.v31i2.39213

10. Campuzano, L. F., Ríos, L. A., & Cardeño López, F. (2016). Compositional Fruit Characterization of 15 Varieties of Jatropha curcas L. in the Department of Tolima, Colombia. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria, 17*(3), 379-390. doi:https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:514

11. Canales, M., Hernández, T., Caballero, J., Romo de Vivar, A., Ávila Acevedo , J., Durán , Á., & Lira Saade, R. (2005). Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlán, Puebla, México. *Journal of Ethnopharmacology, 97*(3), 429-439. doi:https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.11.013

12. Carapia, V., & Castillo, A. (2013). Estudio comparativo sobre la morfología de Trialeurodes vaporariorum (Westwood) y Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Scielo*, 178-193.

13. Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. (2009). Plant extracts used as biocontrol in management of plagues, diseases and weeds. *Temas Agrarios* , 5-16.

14. Chirinos, D., & Castro, R. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas. *Sanidad vegetal y protección de cultivos*, 1276.

15. Devappa, R. K., Makkar, H. P., & Becker, K. (2011). Jatropha Diterpenes: a Review. *Journal of the American Oil Chemists Society, 88*(3), 301--322. doi:https://doi.org/10.1007/s11746-010-1720-9

16. Devappa, R., & Angulo, M. (2012). Potential of using phorbol esters as an insecticide against Spodoptera frugiperda. *Industrial Crops and Products, 38*, 50–53. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.009

17. Devappaa, R., & Angulo, M. (2012). Potential of using phorbol esters as an insecticide against Spodoptera frugiperda. *Industrial Crops and Products, 38*, 50–53. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.009

18. Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Scielo*, 1137-6627.

19. Fujiki, H., Suttajit, M., Rawangkan, A., Iida, K., Limtrakul, P., Umsumarng, S., & Suganuma, M. (2017). Phorbol esters in seed oil of Jatropha curcas L. (saboodam in Thai) and their association with cancer prevention: from the initial investigation to the present topics. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 143*(8), 1359-1369. doi:10.1007/s00432-017-2341-6

20. García, S., & Mie, T. (2010). Visión general de la producción y aplicación. *SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE*, 10-20.

21. Georges, K., Jayaprakasam, B., Dalavoy, S. S., & Nair, M. G. (2008). Pest-managing activities of plant extracts and anthraquinones from Cassia nigricans from Burkina Faso. *Bioresource Technology, 99*(6), 2037-2045. doi:10.1016/j.biortech.2007.02.049

22. González, A., & Kafarov, V. (2016). Development of methods of extraction of oil in the production line of biodiesel from microalgae. *Centro de Investigaciones para el Desarrollo sostenible en Industria y Energía.*, 53-60.

23. Gonzalez, W. (2015). The pesticide Book. *Thomson Publications*, 356 .

24. Haas, W., Sterk, H., & Mittelbach, M. (2002). Novel 12-Deoxy-16-hydroxyphorbol Diesters Isolated from the Seed Oil of Jatropha curcas. *Journal of Natural Products, 65*(10), 1434-1440. doi:https://doi.org/10.1021/np020060d

25. Kaur, K., Dhillon , G., & Gill, R. (2011). FLORAL BIOLOGY AND BREEDING SYSTEM OF JATROPHA CURCAS IN NORTH-WESTERN INDIA. *Journal of Tropical Forest Science, 23*(1), 4-9. doi:10.2307/23616874

26. King, A., He, W., Cuevas , J., Freudenberger, M., Ramiaramanana, D., & Graham, I. (Julio de 2009). Potential of Jatropha curcas as a source of renewable oil and animal feed. *Journal of Experimental Botany, 60*(10), 2897-2905. doi:https://doi.org/10.1093/jxb/erp025

27. Kourí, P. (2002). Uso correcto de insecticidas. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 1561-3054.

28. Kovenda, K., Murugan, K., Vincent, S., & Kamalakannan, S. (2011). Larvicidal efficacy of Jatropha curcas and bacterial insecticide, Bacillus thuringiensis, against lymphatic filarial vector, Culex quinquefasciatus Say (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research, 109*(5), 1251-1257. doi:10.1007/s00436-011-2368-6

29. KunYan, J., & Wang, Y. (2017). Three-phase partitioning for efficient extraction and separation of polysaccharides from Corbicula fluminea. *Scientdirect*, 10-19.

30. Lafarguen, F., & Díaz, M. (2012). Caracterización físico-química del aceite vegetal de Jatropha curcas L. *Scielo*, 2224-6185.

31. Leal, E. O. (2016). Uso del Neem para la elaboración Artesanal de Bioplaguicidas. *Eco-toxicidad*, 69-120.

32. Liu, H. F., Kirchoff , B. K., Wu , G. J., & Liao, J. P. (2007). Microsporogenesis and male gametogenesis in Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae). *Journal of the Torrey Botanical Society, 134*(3), 335-343. doi:10.2307 / 20063924

33. Lizarde, N., & Alcaraz, L. (2017). Propiedades fisicoquímicas del aceite de semillas de. *Scielo*, 1853-8665.

34. Makkar, H. S., Aderibigbe, A. O., & Becker, K. (1998). Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of Jatropha curcas for

chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chemistry, 62*(2), 207-215. doi:https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00183-0

35. Martinez Gordillo, M., Jimenéz Ramírez , J., Cruz Durán, R., Juárez Arriega, E., García, R., Cervantes, A., & Mejía Hernandéz, R. (2002). Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México (parte A). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica, 73*(2), 155-196. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40073205

36. Martínez Herrera, J., Siddhuraju, P., Francis, G., Dávila Ortıíz, G., & Becker, K. (2006). Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of Jatropha curcas L. from Mexico. *Food Chemistry, 96*(1), 80-89. doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.059

37. Matsuse, I. T., Lim, Y. A., Hattori, M., Correa, M., & Gupta , M. P. (1998). A search for anti-viral properties in Panamanian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology, 64*(1), 15-22. doi:10.1016/s0378-8741(98)00099-3

38. MSc. Ludy C. Pabón, M. P.-R. (2012). Importancia química de Jatropha curcas y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1028-4796.

39. Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., & Elva, J. R.-B. (2012). BIOPLAGUICIDAS: UNA OPCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*, 17-29.

40. Openshaw, K. (2000). A review of Jatropha curcas: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy, 19*(1), 1-15. doi:https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00019-2

41. Osoniyi, O., & Onajobi, F. (2003). Coagulant and anticoagulant activities in Jatropha curcas latex. *Journal of Ethnopharmacology, 89*(1), 101-105. doi:10.1016/s0378-8741(03)00263-0

42. Pavón, L., & Hernandez, P. (2012). Importancia química de Jatropha curcas y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales, 2*, 194-209. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962012000200008&script=sci_arttext&tlng=en

43. Pérez, M. E., Ruiz, D. M., & Schneider, M. (2013). La química verde como fuente de nuevos compuestos. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 83-91.

44. Rahuman, A. A., Gopalakrishnan , G., Venkatesan , P., & Geetha, K. (2007). Larvicidal activity of some Euphorbiaceae plant extracts against Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research , 102*(5), 867-873. doi:10.1007/s00436-007-0839-6

45. Rinsky, D., Kreiss, K., & French, N. (2019). Uso de insecticidas y síntomas y diagnósticos autonotificados de EPOC, incluida la bronquitis crónica, en el Estudio de salud agrícola. *Sciencedirect*, 764-772.

46. Rodriguez Acosta, M., Vega Flores, K., Gante Cabrera, V. H., & Jiménez Ramírez, J. (2009). DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO JATROPHA L. (EUPHORBIACEAE) EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO. *Polibotánica*(28), 37-48. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62112485003

47. Rodríguez, A., & Suárez, S. (2015). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Scielo*, 105-180.

48. Rodríguez, R., & Támbara, Y. (2016). Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de Jatropha curcas. *Scielo*, 2078-8452.

49. Saavedra Rincon, S., Ramón Valencia, J. A., & Palacios Gonzalez, J. R. (2018). Análisis del rendimiento en la extraccion de aceite de jatropha curcas l. Por los métodos de extracciónquímica y ultrasonido. *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, 4171-179. doi:https://doi.org/10.18041/avances.v15i1

50. Saetae, D., & Suntornsuk, W. (2010). Antifungal activities of ethanolic extract from Jatropha curcas seed cake. *J Microbiol Biotechnol, 20*(10), 319-324.

51. Sayyar, S., Abidin, Z. Z., Yunus, R., & Muhammad, A. (2009). Extraction of Oil from Jatropha Seeds-Optimization and Kinetics. *American Journal of Applied Sciences, 6*(7), 1390-1395. doi:https://doi.org/10.3844/ajassp.2009.1390.1395

52. Shah, S., Sharma, A., & Gupta, M. N. (2004). Extraction of oil from Jatropha curcas L. seed kernels by enzyme assisted three phase partitioning. *Industrial Crops and Products, 20*(3), 275-279. doi:10.1016/j.indcrop.2003.10.010

53. Sharma, A., & Shukla, A. (2020). Tendencias mundiales en plaguicidas: una amenaza inminente y alternativas viables. *Ecotoxicología y seguridad ambiental*, 110-180.

54. Sparks, T., & Nauen, R. (2015). IRAC: clasificación del modo de acción y gestión de la resistencia a los insecticidas. *Pubmed*, 122-128.

55. Toral, O. C., Iglesias, J. M., Montes de Oca, S., Sotolongo, J. A., García , S., & Torsti, M. (2008). Jatropha curcas L., a tree species with energetic potential. *Pastos y Forrajes, 31*(3), 191-207. Recuperado el 4 de Septiembre de 2020, de https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119697001.pdf

56. Toral, O., & Montes, S. (2008). Jatropha curcas L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Scielo*, 864.

57. Upadhyay, B., Parveen , D. A., & Kumar, A. (2010). Ethnomedicinal and ethnopharmaco-statistical studies of Eastern Rajasthan, India. *Journal of Ethnopharmacology, 129*(1), 64-86. doi:10.1016/j.jep.2010.02.026

58. Verdezoto, R. C. (2016). Evaluación de dos insecticidas naturales y un químico en el control de plagas en el cultivo de frejol. *Scielo*, 27-35. doi:10.4067/S0718-34292016005000025

59. Villacres, D. E. (15 de Noviembre de 2015). *Efecto insecticida de ésteres de forbol de la semilla de piñón (Jatropha curcas) para el control de mosca blanca (Bemisia tabaci) en tomate (Solanum lycopersicum).* Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60350308/INSECTICIDA_PINON20190820-29842-1v9p7bo.pdf?1566365515=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEfecto_insecticida_de_esteres_de_forbol.pdf&Expires=1599318706&Signature=W8gd~1R0wBt1ItmXAQglh7JpqmZc9

60. Warda Abdelgadir, W. S., Onsa, T. O., Ali, W. E., El Badwi, S. M., & Adam, S. E. (2003). Comparative toxicity of Croton macrostachys, Jatropha curcas and Piper abyssinica seeds in Nubian goats. *Small Ruminant Research, 48*(1), 61-67. doi:10.1016/S0921-4488(02)00181-5

61. Wu, Q., Patocka, J., Nepovimova, E., & Kuca, K. (2019). Jatropha gossypiifolia L. and its biologically active metabolites: A mini review. *Journal of Ethnopharmacology, 234*, 197-203. doi:https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.01.022

62. Yate Segura, A. (2013). *Evaluación del proceso de extracción del aceite de Jatropha curcas L. para la producción de biodiésel.* Obtenido de Tesis de Maestría en Ingeniería Químicas. Universidad Nacional de Colombia: https://core.ac.uk/download/pdf/77274127.pdf

63. Yate, A., Narváez, P., & A. O. (2020). A systematic evaluation of the mechanical extraction of Jatropha curcas L. oil for biofuels production. *Food and Bioproducts Processing*, 50.

## GLOSARIO

1. **Antracnosis:** síntoma de enfermedad de las plantas de zonas calurosas y húmedas, causada por un hongo que puede ser generalmente de los géneros Colletotrichum, Gloeosporium, o la especie Coniothyrium fuckelii.
2. **Crasinucelados:** primordio seminal con saco embrionario separado de la epidermis por el casquete nucelar; opuesto a tenuinucelado.
3. **Defoliantes:** es todo producto químico que es fumigado o espolvoreado sobre las plantas de manera de inducir a que se desprendan sus hojas.
4. **Exuvia:** es la cutícula o cubierta exterior (exoesqueleto), abandonada por los artrópodos (insectos, crustáceos o arácnidos) tras la muda.
5. **Metabólico:** Relacionado con el metabolismo (el conjunto de todos los cambios químicos que ocurren en una célula o un organismo para producir la energía y los materiales básicos necesarios para importantes procesos vitales).
6. **Micela:** conjunto de moléculas que constituye una de las fases de los coloides.
7. **Monitoreados:** controlar el desarrollo de una acción o un suceso a través de uno o varios monitores.
8. **Multífidos:** Dividido en varias lacinias o lóbulos.
9. **Oleaginoso:** Que tiene la textura u otra característica propia del aceite.
10. **Persistente:** Que sigue durando o se mantiene constante por largo tiempo.
11. **Pivotante:** Que se hunde verticalmente en la tierra, como una prolongación del tronco.
12. **Sintético:** es un elemento químico que no aparece de forma natural en la Tierra, y solo puede ser creado artificialmente.