

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD TÓXICA DE LOS EXTRACTOS  
DE LA TORTA DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.) EN  
TERMITAS (*Coptotermes formosanus*)”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CARLOS ENRIQUE RUIZ ARÉVALO**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**Facultad de Ingeniería Agroindustrial**

**Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial**



**TESIS:**

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD TÓXICA DE LOS  
EXTRACTOS DE LA TORTA DE PIÑON BLANCO  
(*Jatropha curcas* L.) EN TERMITAS (*Coptotermes  
formosanus*)”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CARLOS ENRIQUE RUIZ ARÉVALO.**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial**

**Tarapoto – Perú**

**2014**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**Facultad de Ingeniería Agroindustrial**



**TESIS:**

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD TÓXICA DE LOS EXTRACTOS DE  
LA TORTA DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.) EN TERMITAS  
(*Coptotermes formosanus*)”**

PRESENTADO POR:


**Bach. CARLOS ENRIQUE RUIZ ARÉVALO.**



---

**Mg. Juan José Salazar Díaz**


**Presidente**



---

**M. Sc. Alejandro Cruz Rengifo**

**Miembro**



---

**Ing. Luis Luna Davila**

**Secretario**



---

**M. Sc. Jaime Guillermo Guerrero Marina**

**Asesor**

## DEDICATORIA

A mi madre, Doña **Nelly Arévalo**, a mis abuelos, **Israel Arévalo y Antonia Ruiz**, a mi hermano **Erick Ruiz**, a mis **Tíos, Primos y Sobrinos** por haberme brindado su incondicional apoyo para poder realizar con total satisfacción y éxitos mis objetivos.

A mis amigos **Juan Chomg, Sandra Sánchez, Roxana Arrelucea, Gwendoline Chicoma, Isabel Saavedra, Fiorella García, Ricardo Vásquez, Gustavo Pereda** y todos aquellos que me brindaron su amistad sin condición, nombrarlos a cada uno de ustedes me tomaría hojas enteras, gracias por su apoyo y solidaridad durante los años de mi vida.

Al M. Sc. **Jaime Guerrero**, por la asesoría y el apoyo incondicional brindada durante el tiempo de la tesis.

Al Ing. **Richer Garay**, Ing. **Jorge Fasanando** y a mis colegas, **Cesar Campos, Viviana Macedo, Marlon Guevara y Alan Moreno**, por el apoyo desinteresado durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

**Carlos Ruiz**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme como persona y darme la fortaleza para superar los obstáculos.

A mis profesores y compañeros en especial a **Kenneth Valles** y **Dr. Oscar Mendieta** de la Universidad Nacional de San Martín por todo el conocimiento y amistad brindada durante el tiempo de mis estudios universitarios.

A todas las personas que pusieron un granito de arena en la realización de mi investigación ya que sin ustedes no hubiera podido terminar con éxito el presente trabajo de tesis.

A los miembros del jurado, por la asesoría brindada durante el tiempo de la tesis.

**El Autor**

## INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Taxonomía.....	4
3.2 Descripción Botánica.....	5
3.3 Aspectos Agronómicos.....	9
3.4 Aspectos Agroindustriales.....	10
3.5 Aplicaciones Agroindustriales.....	11
3.6 Composición de la Torta de Piñón.....	17
3.7 Toxicidad de la Torta de Piñón.....	18
3.8 Curcina.....	22
3.9 Ester de Forbol.....	23
3.10 Investigaciones Anteriores.....	26
3.10.1. Estudios de la Curcina En Jatropha Curcas.....	26
3.10.2. Estudios del Ester de Forbol en Jatropha Curcas.....	27
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31

4.1	Materiales.....	31
4.1.1	Ubicación del Campo Experimental.....	31
4.1.2	Materiales.....	31
4.1.3	Equipos.....	32
4.1.4	Reactivos y Solventes.....	32
4.2	Metodología.....	33
4.2.1	Diseño Experimental.....	34
4.2.2	Evaluación De Los Extractos de la Torta de Piñón Blanco.....	35
4.2.2.1	Marcha Fitoquímica Preliminar de Terpenos.....	35
4.2.2.1.1	Prueba de Colorimetría para Terpenos.....	37
4.2.2.1.2	Prueba de Cromatografía de Capa Delgada para Terpenos.....	37
4.2.2.1.3	Formulación y Ensayo de la Actividad Tóxica de los Concentrados.....	38
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
5.1	Obtención de los Extractos Tóxicos.....	39
5.2	Rendimiento de la Extracción.....	41
5.3	Prueba de Colorimetría para Terpenos.....	43
5.3.1	Prueba de Colorimetría del Extracto N° 01.....	43
5.3.2	Prueba de Colorimetría del Extracto N° 02.....	44
5.3.3	Prueba de Colorimetría de los Extractos Tóxicos.....	45
5.4	Prueba de Cromatografía de Capa Delgada de la Torta de Piñón Blanco.....	46
5.4.1	Prueba de Cromatografía de Capa Delgada del Extracto N° 01.....	46
5.4.2	Prueba de Cromatografía de Capa Delgada del Extracto N° 02.....	48
5.5	Prueba de la Toxicidad en Termitas (Coptotermes Formosanus).....	50
5.6	Aplicación del Diseño Experimental.....	52

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
6.1 Conclusiones.....	55
6.2 Recomendaciones.....	56
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	57
VIII. ANEXOS .....	63



## INDICE DE CUADROS

Tabla N° 01. Rendimientos de cosecha del piñón con irrigación y sin irrigación, (semillas secas en ton/ha/año) .....	11
Tabla N° 02. Característica de la torta piñón blanco .....	18
Tabla N° 03. Metabolitos aislados y estudiados de diferentes estructuras de <i>Jatropha curcas</i> .....	20
Tabla N° 04. Especificaciones de los procesos utilizados para la obtención de los extractos tóxicos. ....	40
Tabla N° 05. Obtención del promedio porcentual de las relaciones (materia prima/solvente) con diferentes solventes de los extractos tóxicos. ....	41
Tabla N° 06. Prueba de la Actividad Toxicológica en Termitas ( <i>Coptotermes formosanus</i> ).....	50
Tabla N° 07. Cuadro de Análisis de Varianza (ANVA) en el programa SPSS.....	52
Tabla N° 08. Cuadro de Prueba de Duncan para Solvente en el programa SPSS.....	53
Tabla N° 09. Cuadro de Prueba de Duncan para Concentración en el programa SPSS .....	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Raíces del piñón blanco .....	5
Figura N° 02: Tallo del piñón blanco .....	6
Figura N° 03: Hojas del piñón blanco .....	6
Figura N° 04: Flores del piñón blanco .....	7
Figura N° 05: Frutos del piñón blanco .....	8
Figura N° 06: Semillas del piñón blanco.....	8
Figura N° 07: a) Numeración de la estructura básica del forbol.	
b) Estructura del forbol (Goel, et al, 2007).....	24
Figura N° 08: Estructura del 12-desoxi-16-hidrosiforbol, Trabi, et al, (1997).....	24
Figura N° 09: Estructura de un éster de forbol (4'-[12',14'-butadienilo]-6'- [16',18',20'-nonatrienilo]-biciclo-[3.1.0]-hexano-2'-[ácido carboxílico]-3'-[8'- ácido butanoico-10']diester de 12-desoxi- 16-hidrosiforbol, aislado de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L., Trabi, et al (1997).....	25
Figura N° 10: Resultados de Eco-Toxicidad para formulaciones relevantes. *EC50-24h: Concentración Efectiva en el 50% de organismos en 24 horas.....	28
Figura N° 11: Flujograma del proceso planteado .....	33
Figura N° 12: Marcha Fitoquímica, Fuente: Palomino y Calderón (2008) .....	35
Figura N° 13: Marcha Fitoquímica, Fuente: Makkar et al (2010).....	36
Figura N° 14: Extracción en diferentes relaciones.....	42
Figura N° 15: Colorimetría del Extracto N°01 .....	43
Figura N° 16: Colorimetría del Extracto N°02.....	44

Figura N° 17: Prueba de Colorimetría Extractos Tóxicos .....	45
Figura N° 18: Cromatografía del Extracto N°01 revelado con Vainillina – Sulfúrica en un Sistema de Benceno (P.A.) .....	46
Figura N° 19: Cromatografía del Extracto N° 01 revelado con Reactivo de Lieberman – Burchard en un Sistema de Benceno (P.A.).....	47
Figura N° 20: Cromatografía del Extracto N° 02 revelado con Reactivo de Lieberman – Burchard en un Sistema Benceno : Acetato de Etilo (95:5).....	48
Figura N° 21: Cromatografía del Extracto N° 02 revelado con Vainillina – Sulfúrica en un Sistema Benceno : Acetato de etilo (85:15). .....	49
Figura N° 22: Prueba de Actividad Toxicológica en Termitas ( <i>Coptotermes formosanus</i> ).....	51

## INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01: Torta Semisólida de Piñón Blanco .....	63
Anexo N° 02: Extracto de la Torta de Piñón Blanco .....	63
Anexo N° 03: Preparando la muestra .....	64
Anexo N° 04: Aplicando los extractos .....	64

## RESUMEN

La actividad toxicológica natural como es el caso de la torta de piñón es para reducir impactos socioeconómicos y medioambientales en la salud humana, en comparación con los sintéticos. En cuanto a la aplicación de los tóxicos naturales es importante conocer e identificar correctamente todos los insectos presentes 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.

Los pesticidas naturales no son de gran interés para la agroindustria debido a que su producción en masa no siempre es estandarizada. Las diferentes pruebas de mezclas que se realizan varían en su proporción toxicológica por lo cual se necesitan muchos exámenes de toxicología para determinar sus elementos y la formulación adecuada que se le puede dar, lo que hace que esta industria no siempre sea rentable. En términos de rentabilidad es importante conocer el proceso productivo sabiendo que “un toxico puede ser extraído de varias maneras, para el caso de esta investigación se usó la técnica de maceración dinámica para lo cual primero se obtuvo la torta a partir de la molienda de la semillas, posteriormente se dejó en solventes con distintas polaridades y a diferentes concentraciones; luego se obtuvo el extracto mediante filtración simple.

Se tomó como muestra la torta semisólida de piñón blanco perteneciente al Ecotipo Totorillaico, extraído de la decantación del aceite a 36 rpm y 80°C. Según la metodología propuesta, se utilizaron 3 distintos tipos de solventes (metanol, etanol y tetracloruro de carbono), en diferentes relaciones (1/5, 1/10 y 1/15), en condiciones ambientales, las pruebas tanto toxicológicas como aplicativas, resultaron positivas para los extractos, se obtuvo buenos resultados con una concentración del 100% de metanol a los 2 días de su aplicación en termitas (*Coptotermes formosanus*).

**Palabras claves:** Plaguicida, extractos alcohólicos, toxicidad.

## ABSTRACT

Natural toxicological activity such as pinion cake is to reduce environmental and socio-economic impact on human health, compared with synthetic. As to the application of natural toxic is important to understand and correctly identify all the insects on a plantation because they are not all bad for farming, but instead many work as a biological control against harmful insect.

Natural pesticides are not of great interest for agribusiness because mass production is not always standardized. Different mixtures tests performed vary in proportion toxicological so many toxicology tests are needed to determine its entirety and proper formulation can be given, what makes this industry is not always profitable. In terms of profitability is important to know the production process knowing that "a toxic can be extracted in various ways, in the case of this research, the technique of dynamic maceration for which first one cake from the crushing of the seeds was obtained, then allowed to solvents different polarities and different concentrations; then the extract was obtained by simple filtration.

Was sampled semisolid white cake Totorillaico pinion belonging to Ecotipo extracted from the decantation oil to 36 rpm and 80 ° C. According to the proposed methodology, three different types of solvents (methanol, ethanol and carbon tetrachloride), in different ratios (1/5, 1/10 and 1/15), at ambient conditions, both toxicological tests were used as applicative, were positive for extracts, good results were obtained with a concentration of 100% methanol at 2 days of its application in termites (*Coptotermes formosanus*).

**Keywords:** Pesticide, alcoholic extracts, toxicity.

## I. INTRODUCCIÓN

A pesar de los efectos perjudiciales que ocasionan los plaguicidas principalmente al medio ambiente, su uso intensivo continúa elevándose dramáticamente en el Perú; esta problemática se observa con mayor injerencia en la Región de San Martín, debido a su economía que es mayormente agrícola.

En cultivo del piñón está siendo difundida en toda la región por ser un cultivo emergente gracias a los múltiples beneficios que ofrece para la obtención de biocombustibles de buena calidad, además por ser un cultivo que requiere una mano de obra mínima, garantizando un ingreso económico seguro.

Es una oleaginosa de la cual se obtiene uno de los mejores combustibles a partir del aceite extraído del mismo; además, la extracción del aceite de piñón, da lugar a la generación de un gran porcentaje de torta. Dicha torta presenta entre sus principales componentes la fibra, proteínas y toxinas; también se obtiene como subproducto el glicerol que es materia prima principal para elaborar jabones, entre otros. De la torta, se pueden elaborar abonos orgánicos o usar para el control de insectos o plagas dañinas para las plantas.

Los tóxicos químicos son el único método exitoso para el control de plagas hasta ahora. Pero los efectos nocivos de estos tóxicos sintéticos en el medio ambiente son también un motivo de preocupación. Por lo tanto, considerando todos estos aspectos, el trabajo se centra en la posible utilización de la torta de semillas *Jatropha curcas* como actividad toxicológica en *Coptotermes formosanus*; la extracción del principio activo, responsable de la toxicidad de la torta de semillas de piñón es principalmente mediante maceración dinámica y los resultados que se presenta en este trabajo son a nivel de laboratorio.

Esta es la razón por la cual se hizo necesario realizar un estudio preliminar, el cual fundamenta las bases para establecer una investigación intensiva que permita prevenir la degradación del potencial del suelo, aguas, la calidad de vida de los agricultores y consumidores de los productos.

Frente a este peligro, el cultivo del piñón (*Jatropha curcas* L.), es una alternativa para el productor de la región. Sus frutos son tóxicos para animales y humanos, pero posee más de 150 propiedades medicinales: como purgante, tratamientos curativos externos, entre otras.

La extracción del aceite de las semillas del piñón (*Jatropha curcas* L.), da lugar a la generación de una gran cantidad de torta parcialmente desengrasada. El contenido de toxinas de éste subproducto, es utilizado fundamentalmente para el control de plagas en forma natural, pudiendo incrementar su valor, aislando el principio activo. Por esta razón en la región San Martín, las pocas entidades interesadas en este cultivo; se han abocado en realizar estudios para mejorar los procesos de extracción, lo que permitirá contar con materia prima de alta calidad.

Como alternativa a los sub productos de la extracción del aceite, se propuso utilizar la torta como control biológico usando las toxinas presentes en la torta para termitas (*Coptotermes formosanus*).



## II. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Evaluar la toxicidad de los extractos obtenidos de la torta del Piñón blanco, como sub producto del proceso de extracción de aceite de (*Jatropha curcas* L).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Determinar el porcentaje en peso de los extractos de la torta de Piñón blanco (*Jatropha curcas* L), con tres diferentes solventes (metanol, etanol y tetracloruro de carbono).
- ✓ Determinar la presencia de terpenos en la torta de Piñón blanco (*Jatropha curcas* L), mediante pruebas cualitativas usando dos marchas fitoquímicas específicas preliminares.
- ✓ Determinar la toxicidad de los extractos obtenidos en termitas (*Coptotermes formosanus*),

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 TAXONOMIA.

La clasificación taxonómica del piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) según Cronquist (1988) es la siguiente:

Dominio	:	Eukaryota
Reino	:	Plantae
Sub Reino	:	Tracheobionta
Súper División	:	Embryophyta
División	:	Magnoliophyta
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Malpighiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Sub Familia	:	Crotonoidae
Género	:	<i>Jatropha</i>
Especie	:	<i>curcas</i> L.
Nombre científico	:	<i>Jatropha curcas</i> L.

**Nombre común en distintos países:** Coquito, Capate, Tempate, Piñón, Piñoncito, Piñol, Piñón Botija, Higos del duende, Torres (2007).

El nombre asignado al género *Jatropha* deriva de la palabra griega “iatrós (doctor) y trophé (comida) con registros nominales primitivos, que se han conservado desde la Civilización Griega A.C.”, Adolf et al. (1984); siendo usada popularmente para fines medicinales. Sin embargo se tiene referencia en cuanto

al nombre "curcas, asignado comúnmente a las distintas plantas que presiden dicho Género en la región de Malabar, India" Heller (1996).

### 3.2 DESCRIPCIÓN BOTANICA.

La especie *Jatropha curcas* L. es un arbusto o árbol pequeño de 2 a 6 m de altura con corteza blanco-grisácea, con crecimiento simpodial discontinuo debido a que la yema terminal se bifurca generando yemas laterales, las cuales, pueden ser dos o más, dependiendo del material, exuda látex translúcido y en el endospermo de sus semillas sintetiza gran cantidad de ácidos grasos insaturados entre los que figura con gran importancia el ácido linoleico, ya que debido a la incidencia de este aceite posee unas condiciones óptimas como materia prima para la producción de biodiesel con fines aeronáuticos al no solidificarse con gran facilidad durante el incremento de la altura en comparación al aceite de palma.

**Raíz:** Normalmente se forman 5 raíces de cada arbusto, 1 central y 4 periféricas.



**Figura N° 01: Raíces del piñón blanco.**

**Tallo:** Los tallos crecen de manera simpodial con una discontinuidad morfológica en cada incremento, es un cilindro verde robusto que produce ramas con savia color ámbar o rojiza viscosa



**Figura N° 02: Tallo del piñón blanco.**

**Hoja:** Las hojas se forman normalmente con 5 a 7 lóbulos acuminados pocos profundos y grandes. Tienen pecíolos largos con una longitud de 10 a 15 centímetros; anchura de 9 a 15 centímetro, ovadas y se colocan de forma alterna a subalterno opuesto con una filotaxis espiral y se caen durante la época seca. "Son hojas anchamente ovadas, levemente 3 a 5 lobadas, abiertamente cordadas en la base con 5 nervaduras y pubescentes en las nervaduras del envés" Aponte (1978).

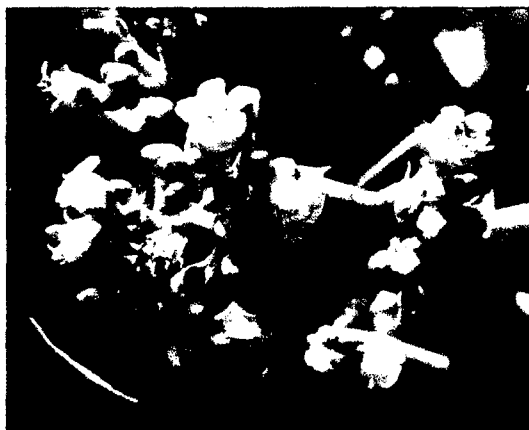


**Figura N° 03: Hojas del piñón blanco.**

**Flor:** Las inflorescencias se forman terminalmente en el axial de las hojas en las ramas, formando una inflorescencia compuesta a manera de

panícula, en la cual, el eje principal se ramifica una o más veces y puede sostener las umbelas.

En flores hermafroditas se colocan diez estambres en dos espirales distintas de 5 cada uno en una sola columna en el androceo. En el gineceo, 3 estilos delgados son conatos en aproximadamente dos tercios de su longitud, dilatando al estigma bifurcado macizo. Ambas flores, masculinas y femeninas, son pequeñas (6-8 mm), verdoso-amarillas en su diámetro y pubescente. "Los pétalos son 6-7 mm largo. La longitud del pedicelo va entre 6-23 mm. Son flores verdosas o blanco-amarillas de 10 a 25 centímetro de largo y con un pedúnculo de 4 a 10 centímetro del largo. Las flores femeninas presentan brácteas acuminadas y las masculinas presentan brácteas aovadas y pedicelos pubescentes.



**Figura N° 04: Flores del piñón blanco.**

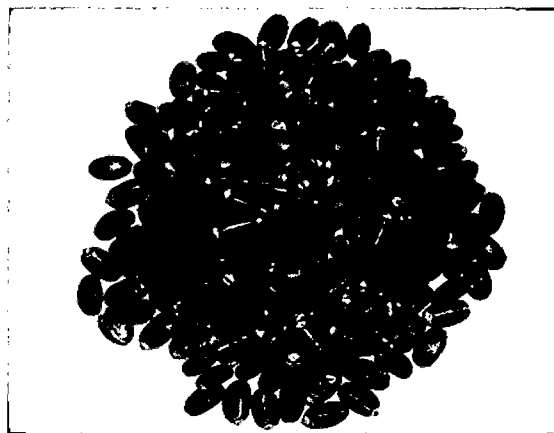
**Fruto:** Son cápsulas drupáceas y ovoides; después de la polinización, se forma una fruta trilocular de forma elipsoidal. Las frutas son cápsulas inicialmente verdes pero volviéndose a café oscuro o negro en el futuro. Las cápsulas de los frutos son de 2.5 a 4 centímetros de largo por 2 centímetro de ancho, elipsoidales y lisas que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas pero dehiscentes cuando son secas. Se producen los frutos en invierno cuando el arbusto bota sus hojas, puede producir varias cosechas durante el año si la humedad de la tierra es buena y las temperaturas son suficientemente altas. Cada inflorescencia rinde un manojo de aproximadamente 10 frutos ovoides o más. El

desarrollo del fruto necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla.



**Figura N° 05: Frutos del piñón blanco.**

**Semilla:** La fruta produce tres almendras negras por lo general, cada una aproximadamente de 2 centímetro de largo y 1 centímetro de diámetro. La semilla es cosechada cuando la cápsula está madura y esta cambia del verde a amarillo, ocurre después de dos a cuatro meses de la fertilización. Las semillas descascaradas negruzcas, delgadas se parecen a las semillas del ricino pequeño. El volumen de aceite es 35-48% en las semillas y 50-60% en el grano.



**Figura N° 06: Semillas del piñón blanco.**

### **3.3 ASPECTOS AGRONOMICOS.**

Existe poca información científica y estadística sobre los rendimientos del piñón, manejo del cultivo y el proceso agroindustrial.

Tradicionalmente se ha cultivado en regiones de Asia y África para la producción artesanal de jabón y aceite para lámparas o estufas. En América Latina se han tenido algunas experiencias con el cultivo en países como Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, entre otros.

**Tipos de suelo:** Los más aptos son suelos franco arenosos o arcillo arenosos, livianos, ventilados y bien drenados. El piñón, también conocido como tempate, no tolera suelos inundables o pesados. El rendimiento del cultivo responde bien al uso de fertilizantes orgánicos o químicos cuando las condiciones del suelo son pobres.

Puede crecer en suelos con un pH entre 4.5 y 6.5; sin embargo, algunas fuentes no recomiendan suelos ácidos (pH < 4.5 – 5.55) ni alcalinos > (pH > 8.5) **FACT (2007).**

**Requerimientos de agua:** El piñón puede crecer con una precipitación anual entre 250 mm y 2000 mm. Sin embargo, se considera necesario un mínimo de 600 mm para la producción de frutos y un rango mínimo de 800-1000 mm y un máximo de 1200-1500 mm, bien distribuidos durante el año, para la producción en condiciones ideales. En condiciones de poca precipitación se puede utilizar irrigación.

**Clima:** El piñón crece desde regiones tropicales muy secas hasta bosques lluviosos y en la mayoría de subtrópicos. Muchos estudios establecen que la temperatura adecuada para el cultivo es entre 18 y 28.5 grados centígrados.

**Arquitectura del cultivo:** Se propaga por semilla o estaca, pero se recomienda la primera pues las plantas resultantes bajo el método por estaca tienen una vida más corta y menor fuerza ya que sólo se generan raíces laterales.

En algunos casos se recomienda el cultivo en asocio con maíz, tomate, pimiento, etc. Este sistema se recomienda cuando las plantaciones se establecen en laderas y se aplica únicamente en parcelas pequeñas o familiares. Pero, en grandes extensiones comerciales, es necesario plantarlo como monocultivo; especialmente por las implicaciones en las labores agronómicas, **Torres (2007)**.

### **3.4 ASPECTOS AGROINDUSTRIALES.**

La información existente, mucha de ella sin sustento científico, muestra grandes variaciones en el rendimiento del cultivo, lo que hace difícil contar con una estimación confiable. Lo anterior puede llevar a hacer extrapolaciones peligrosas del rendimiento, sin considerar las condiciones de suelo, agua, fertilizaciones y distanciamientos.

**Cosecha:** El fruto se recolecta cuando está verde amarillento y, generalmente, contiene 3 semillas. El Piñón empieza a producir después de los 6 meses de sembrado y llega a su grado óptimo de producción a los 4-6 años.

Se han comenzado experimentaciones para la mecanización parcial de la cosecha a través de métodos de sacudir la planta, las que por el momento, se encuentran en fase de desarrollo. La fragilidad de la planta y el florecimiento continuo dificulta este proceso ya que en una misma rama existen frutos maduros en la base, frutos verdes en medio y flores en el tope.

A continuación se presentan rendimientos incluidos en un estudio que goza de mayor confiabilidad, **FACT (2007)**.



**Tabla N° 01. Rendimientos de cosecha del piñón con irrigación y sin irrigación, (semillas secas en ton/ha/año).**

Años	Sin irrigación			Con irrigación		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Año 1	0.10	0.25	0.40	0.75	1.25	2.50
Año 2	0.50	1.00	1.50	1.00	1.50	3.00
Año 3	0.75	1.25	1.75	4.25	5.00	5.00
Año 4	0.90	1.75	2.25	5.25	6.25	8.00
Año 5	1.10	2.00	2.75	5.25	8.00	12.50

Fuente: Centre for Jatropha Promotion & Biodiesel (2012).

### **3.5 APLICACIONES AGROINDUSTRIALES.**

El piñón tiene muchas aplicaciones agroindustriales potenciales pero hasta ahora, muy pocas se han realizado a mediana o gran escala. El piñón se cultiva principalmente para el aprovechamiento de su aceite. No obstante, este aceite no es el único producto ni subproducto utilizable de la planta, ya que la planta también es aprovechable. **Putten et al. (2009).**

✓ **Aplicaciones de la planta del Piñón Blanco.-** Cada uno de las partes de la planta puede ser usado de diferentes maneras; por ejemplo:

**Reforestación agrícola.-** Es una especie de uso potencial en áreas deforestadas, constituyendo una excelente alternativa en suelos marginales, ociosos y agotados, con una vida útil de 30 a 50 años. En los trópicos se cultiva ampliamente como cercas vivas, puesto que las hojas, ni los tallos, ni los frutos son consumidos por el ganado. Crece sin necesidad de protección y puede usarse como seto para proteger los cultivos. Ampliamente usada como sombra y ornato en parques y jardines.

En México y Guatemala se ha usado durante largo tiempo como planta hospedera de un insecto que produce una laca muy apreciada, que se utiliza como barniz para pulir guitarras y otros artículos de madera. En Madagascar la

planta se usa como tutor para soporte de vainilla. En Cabo Verde y Bolivia se ha plantado en zonas áridas en altas densidades para control de la erosión del suelo.

**Comestible.-** Las semillas son purgantes, pero tostadas pierden parcialmente esa propiedad y suelen comerla en algunas regiones de México. Esta planta ha sido considerada tóxica pues se ha encontrado en la semilla la presencia de alcaloides conocidos como ésteres de forbol, que provocan el efecto purgante y algunos otros síntomas. Solamente en México, se han encontrado variedades con muy bajo contenido de toxinas, las cuales son consumidas después de tostar y en la preparación de platillos tradicionales por los pobladores de la región de Papantla en Veracruz, Othón P. Blanco en Querétaro, Pueblillo en Veracruz y Huitzilán en Puebla, **Schmook y Sánchez (2005)**.

**Medicinal.-** Se aplica localmente para tratamiento de algodoncillo, fuego labial y mal de boca, se le atribuyen propiedades abortivas. Las hojas maceradas en aceite de ricino se utilizan en medicina casera para apresurar la supuración de los granos infectados. El jugo que emana del tronco (la savia) se emplea como hemostático y para contener hemorragias en heridas no graves, por su propiedad de coagular la sangre de inmediato.

El látex tiene propiedades antibióticas contra algunas bacterias, además de efectos coagulantes y se aplica directamente en heridas y cortes como antiséptico, y para sarpullidos, quemaduras e infecciones de la piel.

**Industrial.-** También se usa para preparar barnices después de ser quemado con óxidos de hierro, o como un excelente sustituto para aceites industriales. En Europa se usa en el hilado de lana y manufacturas textiles. Se usa junto con cenizas de quemar plátano para hacer un duro jabón casero. El jugo de la hoja tiñe las telas de un color negro indeleble. La corteza tiene un 37% de taninos que dan un colorante azul oscuro. El látex también tiene un 10% de tanino y se puede usar como tinta.

**Captura de carbono.-** La captura de carbono en plantaciones de *Jatropha curcas* L., así como en otros tipos de plantaciones, ocurre únicamente durante el desarrollo de las plantas hasta llegar su estado de madurez.

Es en troncos y ramas donde el carbono queda almacenado. La cantidad de carbono (C) que el árbol captura, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la madera del árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Entre 40% y 50% de la biomasa de un árbol (madera: materia seca) es carbono. Es necesario conservar los árboles para evitar que el carbono (C) contenido en ellos se emita a la atmósfera, **Martínez (2006)**.

✓ **Aplicaciones del Aceite de Piñón Blanco:** El aceite de la semilla del piñón es el principal producto utilizado a nivel mundial ya que es, por naturaleza, no apto para el consumo humano o animal por los componentes tóxicos que contiene, **Berchmans e Hirata (2008)**.

El principal uso para dicho aceite es la producción de biodiesel. Desde hace muchos años, específicamente en épocas de la segunda guerra mundial, el aceite de piñón fue utilizado como sustituto del biodiesel, **Kumar y Sharma (2006)**.

En la última década el aceite ha ido ganando auge en la industria de biocombustibles por su gran factibilidad económica para la producción de biodiesel ya que no solamente se puede comercializar el biodiesel, sino también los subproductos del proceso de transformación de aceite en biodiesel, **Foidl y Eder (1997)**.

La calidad de un aceite puede ser medida según varios factores tanto químicos como físicos. Sin embargo, los factores químicos de medición de calidad del aceite son los más importantes a la hora de realizar una evaluación de aceites, **Nzikou et al. (2009)**.

Dichos análisis químicos incluyen al perfil de ácidos grasos. Este análisis determina el contenido de ácidos grasos saturados, mono-insaturados, poli-insaturados y trans de un aceite permitiéndonos determinar a groso modo que

clase de aceite tenemos. Existen otros análisis como el índice de yodo, el índice de peróxidos, índice de ácidos grasos libres, los cuales también juegan un papel importante a la hora de evaluar la calidad de un aceite.

Debido a sus características, el aceite vegetal puro tiene excelentes propiedades para su utilización como combustible en motores a diésel, también conocidos como motores de encendido por compresión, **Niels (2010)**.

En general, cualquier motor de diésel caliente funcionaría con aceite vegetal puro calentado. Sin embargo, los motores de diésel han sido diseñados y optimizados para su uso con diésel como combustible. Debido a que algunas propiedades del combustible de aceite vegetal puro se diferencian de las del combustible fósil (diésel), es necesario crear las condiciones a través de cambios (conversiones y modificaciones) en los motores para adaptarlos al uso de biocombustibles, **Jongschaap et al. (2007)**.

El contenido de aceite de piñón es de alrededor de 20-40% (w/w) en la semilla y esto depende de diferentes factores como la variedad de la semilla, precipitación anual del lugar donde se encuentre, tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes del suelo y el método de extracción del aceite.

Estudios realizados determinaron que el aceite de piñón tiene en su composición principalmente ácido oleico (44.7%) y linoléico (32.8%) en el perfil de ácidos grasos insaturados lo cual demuestra que es un aceite líquido a temperatura ambiente por su alto nivel de insaturación. Además se determinó que contiene en general un nivel de ácidos grasos mono insaturados de 45.5%, poli insaturados del 33% y saturados del 21.6% y tiene un perfil muy parecido al de otros productos agrícolas usados para alimentación humana y producción de biodiesel, **Akbar et al. (2009)**.

**Combustible.-** El aceite de la semilla es una fuente de energía renovable no convencional, de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para diésel, keroseno y otros combustibles. El aceite se usó en motores en África durante la segunda guerra mundial. Quema sin producir humo y

ha sido empleado para la iluminación de algunas calles cerca de Río de Janeiro. La cáscara del fruto y las semillas puede usarse como combustible. Las semillas secas, cubiertas de aceite de palma se usan como antorchas, que se mantienen encendidas incluso con fuerte viento.

**Doméstico.-** El aceite de las semillas se utiliza para iluminación, como lubricante, para hacer jabones y pinturas.

✓ **Sub Aplicaciones del Piñón Blanco:** El piñón blanco tiene muchas aplicaciones potenciales. Sin embargo, hasta ahora, muy pocas se han realizado a mediana o gran escala. Se cultiva principalmente para el aprovechamiento de su aceite. Sin embargo, este aceite no es el único producto utilizable de la planta. Durante el proceso de extracción del aceite, se crean también otra serie de subproductos muy útiles. Se inicia con la discusión de la aplicación del aceite del piñón, seguida por las aplicaciones de sus subproductos.

**Jabones.-** Un gran ejemplo de dicho uso es en la industria de producción de jabones, ya que el glicerol, el cual es un subproducto de la producción de biodiesel es la principal materia prima para la producción de jabones. El jabón obtenido a partir de la glicerina del aceite de piñón es un jabón suave y duradero el cual se ha podido adaptar con gran facilidad tanto en casas como a nivel industrial, según sea su aplicación requerida, **Kumar et al., (2006)**.

**Bioplaguicida.-** En comparación con los plaguicidas sintéticos, 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. Además, es importante señalar que debido a un más controlado nivel toxicológico, los bioplaguicidas pueden ser considerados como específicos y no dañaran otros insectos beneficios. En cuanto a la aplicación de los bioplaguicidas es importante conocer e identificar correctamente todos los insectos presentes 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, **Osuna (2005)**.

Los pesticidas naturales no son de gran interés para la agroindustria debido a que su producción en masa no siempre es estandarizada. Las diferentes pruebas de mezclas que se realizan, varían en su proporción toxicológica por lo cual se necesitan muchos exámenes de toxicología para determinar sus elementos y la formulación adecuada que se le puede dar, lo que hace que esta industria no siempre sea rentable. En términos de rentabilidad es importante conocer el proceso productivo sabiendo que “un bioplaguicida puede ser extraído de tres maneras; la primera mediante la pulverización, molienda o inclusive las partes enteras de semillas, raíces u hojas las cuales posteriormente se dejan en reposo o movimiento en una solución acuosa y posteriormente se obtiene el extracto mediante filtración. La segunda, extractos purificados como Rotenona o Margosano y por último como ingredientes activos para la generación de químicos a nivel industrial”, **Berger (1994)**.

**Kusi y Boateng (2008)**, realizaron experimentos con aceite de *J. curcas* para el control del escarabajo de la semilla *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera) y, su parasitoide, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera) en reservorios de granos de Caupí.

**Adebowale y Adedire (2006)**, obtuvieron resultados positivos con un alto nivel de toxicidad por parte del aceite que logró controlar a la plaga con función de repelencia y a la vez de plaguicida, especialmente en ambos adultos (*C. maculatus* y *D. basalis*). Refuerzan lo anterior ya que usaron un proceso experimental parecido donde utilizaban distintas dosificaciones de aceite de *J. curcas* (entre 0-2% con intervalos de 0.5%) y encontraron efectos antiovoposición por parte de la plaga. Encontrando además, que los componentes responsables del efecto tóxico del Piñón eran esteres y alcoholes terpénicos.

### **3.6 COMPOSICIÓN DE LA TORTA DE PIÑÓN.**

La Torta de semillas de *Jatropha* contiene Curcina, una proteína altamente tóxica similar a la ricina en el ricino, por lo que es inadecuado para la alimentación animal. Sin embargo, sí tiene potencial como un fertilizante o producción de biogás, **Staubmann et al. (1997); Gubitz et al. (1999).**

Los principales compuestos tóxicos presentes en la torta son curcina y ésteres de forbol, **Adolf et al. (1984)**, ellos han demostrado la presencia de mezclas complejas de ésteres tetracíclicos de forboles diterpénicos, los cuales se han encontrado que tienen propiedades que promueven los tumores.

En la comida desgrasada se ha encontrado que contienen una alta cantidad de proteína en la gama de 50 -62%, y el nivel de aminoácidos esenciales excepto lisina es mayor que la proteína de referencia de la FAO, **Makkar et al. (1998).**

Al ser rica en nitrógeno, la torta de semillas es una excelente fuente de nutrientes para las plantas. En un ensayo de abono verde con arroz en Nepal, la aplicación de 10 toneladas de biomasa fresca de piñón dio lugar a aumentar el rendimiento de muchos cultivos, **Sherchan et al., (1989).**

Las características y la composición de las tortas de semillas de aceite comestible se muestran en la Tabla N° 02.

**Tabla N° 02. Característica de la torta piñón blanco.**

Características		Torta de <i>Jatropha curcas</i> L.
Proteína Cruda		60.3%
Fibra Cruda		4.0%
Cenizas		9.0%
Material Orgánico		1.0%
Extracto de Éter		0.1%
Componentes Químicos	Ester de Forbol	2.2%
	Curcina, Lectina	102 mg/ml
	Fitatos	9.7%
	Saponina (equivalente de Diosgenina)	2.2%
	Inhibidor de tripsina	21.2 mg/ gr de tripsina inhibida
Fósforo		1.4 – 2.09%
Calcio		< 1%
Potasio		1.2 – 1.68%
Azufre		< 3 000 ppm
Magnesio		3.2 – 4.44%
Carbohidratos		26.1%

Fuente: Varma & Singh (1977), Makkar & Becker (1997), Rakshit et al. (2008).

### 3.7 TOXICIDAD DE LA TORTA DE PIÑÓN.

Las plantas y en general los seres vivos sintetizan diversos compuestos para su funcionamiento (metabolitos primarios) como los aminoácidos, carbohidratos, lípidos, glicéridos, ácidos nucleicos, y compuestos que intervienen en sus interacciones ecológicas con el ambiente (metabolitos secundarios) como terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides. Estos metabolitos cumplen con funciones de defensa contra predadores y patógenos, como agentes alelopáticos (que son liberados para ejercer efectos sobre otras plantas), para encantar a los polinizadores con sus bellos colores o atrayendo a los animales que van a utilizar los frutos como fuente de alimento y que contribuyen a la dispersión de las semillas. El conocimiento, estudio y utilidad de estos metabolitos ha propiciado el desarrollo de la fitoquímica a través de la incorporación de nuevas técnicas de extracción, purificación e identificación de moléculas



biológicamente activas, como materia prima para la fabricación de productos farmacéuticos, cosméticos, nutracéuticos y agropecuarios.

En el siglo pasado antes de la segunda guerra mundial ya eran conocidas la actividad biológica elaborada a base de extractos de plantas con contenido de piretrinas, nicotina y rotenon. Este tipo de actividades naturales perdieron su auge según el aumento de la producción de plaguicidas químico sintéticos. Debido al efecto fulminante de los plaguicidas sintéticos y sus bajos precios **Berger (1994)**.

Estos estudios han permitido considerar que la naturaleza produce compuestos con una gran diversidad en términos de estructura química, propiedades físicas, químicas y biológicas. *Jatropha curcas* es un ejemplo de esta gran diversidad tal como se reporta en el gran número de estudios dirigidos a conocer la composición química en cada una de las partes de esta planta. Se han identificado flavonoides, diterpenos, esteroides, triterpenos, saponinas, cumarinas, deoxipreussomerinas, ácidos orgánicos, iridioides, saponinas y taninos. En la tabla se muestra los compuestos aislados en cada una de las estructuras de esta planta.

**Tabla N° 03. Metabolitos aislados y estudiados de diferentes estructuras de *Jatropha curcas*.**

Estructuras	Compuestos	Autores
Hojas	Flavonoides: apigenina, vitexina, isovitexina.	Gubitz G et al., Staubmann R. et al., Ncube I. et al., Villegas L et al.
	Diterpenos: heudolotina.	Ravindranath N. et al., Rakshit K. et al.
	Esteroles: estigmasterol, estigmast-5-en-3 $\beta$ ,7 $\beta$ -diol, estigmast-5-en-3 $\beta$ ,7 $\alpha$ -diol, colest-5-en-3 $\beta$ ,7 $\beta$ -diol, colest-5-en-3 $\beta$ ,7 $\alpha$ - diol, campesterol, $\beta$ -sitosterol, 7-ceto- $\beta$ -sitosterol, $\beta$ -D-glucósido.	Staubmann R. et al., Ncube I. et al., Villegas L. et al.
	Triterpenos: $\alpha$ -amirina, 1- riacontanol y el dímero.	Gubitz G. et al., Staubmann R. et al., Ncube I. et al.
	Aminas: mezcla de 5-hidroxipirrolidina-2-onay pirimidina-2,4-diona.	Ncube I. et al.
	Cumarinas: éster metílico escopoletina.	Gubitz G. et al., Villegas L. et al.
	Diterpenos: palmarumicina CP1, palmarumicina JC1, palmarumicina JC2.	Ravindranath N. et al., Rakshit K. et al.
	Triterpenos: taraxerol.	Staubmann R. et al.
	Cumarina: tomentina, marmesina, propazina, jatrofina, 5-hidroxi-6,7-dimetoxicumarina, 6-metoxi-7- hidroxicoumarina.	Gubitz G. et al., Sabandar C. et al.
	Diterpenos: curculatirano A y B, curcusona AD, jatrofolona A y B, jatrofolol, jatrofalactama, caniojana.	Gubitz G. et al., Villegas L. et al., Rakshit K et al., Sabandar C. et al.
Flavonoides: nobiletina.	Sabandar C. et al.	
Látex	Peptidos: curcaciclina A y B. Alcaloides: jatrofina, jatrofano, Enzimas: curcaína.	Gubitz G. et al., Berg A. et al., Villegas L. et al.
Semillas	Esteroles: $\beta$ -sitosterol y su $\beta$ -D-glucósido	Gubitz G et al.
	Diterpenos: factores C1-C6 (diésteres núcleo tiglano 12-deoxi-16-hidroxiforbol)	Haas W et al.
	Azúcares: dulcitol y sacarosa.	Gubitz G. et al.
	Proteínas: esterasa JEA, JEB, lipasa JL, curcina.	Staubmann R. et al.

Fuente: Ludy C. y Patricia H. (2012).

*Jatropha curcas* es una especie vegetal promisorio, con utilidad en el control de plagas a partir del uso de principios activos obtenidos de diferentes partes de la planta que pueden controlar de manera eficiente hongos, parásitos y otros organismos que afectan el crecimiento y la producción de cultivos de importancia económica. Reemplazar plaguicidas sintéticos por sustancias vegetales representa una alternativa viable porque son económicos, se descomponen rápidamente y a pesar de ser tóxicos no tienen un efecto residual prolongado; sin embargo, es necesario utilizarlos con la misma precaución que los plaguicidas químicos. Las reacciones de planta a hongo se fundamentan en la presencia de una sustancia antifúngica con un mecanismo de defensa que induce la lignificación de las paredes celulares. Las reacciones planta-insecto han sido las más estudiadas e identifican diferentes metabolitos que actúan como insecticidas, seguido de sustancias vegetales que controlan nematodos y otras que pueden combatir ácaros, babosas y ratas, **Gubitz G. et al. (1999)**.

Los constituyentes del género *Jatropha* incluyen taninos, saponinas, alcaloides, ésteres (aceites), toxalbuminas y compuestos cianogénicos. En los frutos y semillas de la *J. curcas* se han reportado propiedades contraceptivas, **Schultes y Raffauf, (1990)**.

La toxicidad de la planta está asociada a diferentes compuestos del tipo mencionado, los cuales están presentes tanto en hojas como en frutos. Luego de la extracción del aceite, el cual lleva consigo varios de los compuestos tóxicos, haciendo inadecuado su aprovechamiento alimenticio, la torta de la extracción aún contiene muchos de los componentes tóxicos que se encuentran presentes en las semillas de *Jatropha curcas* L.

La toxicidad de la torta puede ser causada por varios componentes, entre ellos los ésteres de forbol, lectinas (curcina) y ácido curcalónico así como algunos componentes antinutricionales que incluyen saponinas, fitatos e inhibidores de proteasa (tripsina), **Trabi, et al, (1997); Makkar y Becker, (1998)**.

Si bien la mayoría de los tóxicos y otras sustancias antinutricionales puede ser destruida por tratamiento térmico, los ésteres de forbol parecen resistir incluso la ebullición del aceite, **Trabi, et al, (1997)**.

### **3.8 CURCINA.**

La semilla de *Jatropha curcas L.* contiene cerca del 60% de aceite. El residuo que permanece después de la extracción del aceite es una buena fuente de proteína, dentro de esta se encuentra la curcina o curcín que es una toxoalbúmina; esta impide la síntesis de proteína *in vitro*, es parecida a la proteína del Castor bean (*Ricinus communis*) esta proteína es termolábil ya que al someterla a tratamiento de calor pierde su efecto toxico. La presencia de antinutrientes restringe su uso en la alimentación animal. **Stirpe et al., (1976)**

En algunos lugares estas semillas no son comestibles ya que son consideradas tóxicas debido a la presencia de saponinas, lectinas, fitatos, inhibidores de tripsina, pero el principal tóxico es el éster de forbol, el cual le confiere el efecto purgante a la semilla. **Castillo et al., (1991); Makkar et al., (1998)**.

En la semilla de *Jatropha curcas L.* se ha reportado la presencia de curcina una proteína presente en la fracción de albúminas con peso molecular de alrededor de 28 kDa a la cual se le ha atribuido actividad de lectina y ha sido probada su actividad antitumoral en ensayos con conejos, y los mecanismos de efecto inhibitorio están relacionados en la actividad de N-glicosidasa. **Lin et al., (2003)**.

### 3.9 ESTER DE FORBOL.

Los ésteres de forbol son diterpenos que tienen una estructura esquelética tricíclica. Seis clases de ésteres de forbol se han caracterizado en *Jatropha curcas*, **Haas et al., (2002)**.

Los ésteres de forbol son moléculas antitumorales y tienen tendencia a unirse a los receptores de membrana de fosfolípidos. Durante el normal proceso de transducción de señales, DAG (diacil glicerol) activa la PKC (proteína quinasa C), que está implicada en diversas señales como vías de transducción. Los ésteres de forbol actúan como un análogo de DAG y son fuertes activadores de PKC. Estos hiperactivan PKC y desencadenan la proliferación de células, amplificando así la eficacia de los agentes carcinógenos. Los mismos ésteres de forbol no inducen tumores, pero promueven el crecimiento del tumor después de la exposición a dosis altas. Ellos por lo tanto pueden considerarse como coagentes carcinógenos, **Goel et al. (2007)**.

La concentración de los ésteres de forbol varía de 2 a 3 mg/g en la semilla y 2 a 4 mg/g en el aceite de las diferentes variedades de *Jatropha curcas*, **Makkar et al., (1997)**.

Aunque los ésteres de forbol son lipófilos, se puede encontrar fuertemente unida a la matriz de la torta de las almendras. Aproximadamente 30% del total de ésteres de forbol estaban presentes en la harina de semillas que contiene <1% de lípidos, **Makkar et al., (2008)**.

El contenido de ésteres de forbol varía según la variedad y procedencia de la semilla; por otro lado, mediciones en el contenido de este compuesto en el aceite y la semilla antes de la extracción del aceite demuestran que la torta conserva cantidades representativas de este compuesto, lo cual puede tener un efecto significativo en la no aceptación de una dieta para animales que contenga harina de piñón y causar toxicidad, **Makkar y Becker, (1998)**.

Éste es el componente más tóxico del piñón y se encuentra presente en elevadas concentraciones en los núcleos de las semillas según su grado de desengrase, Gandini, *et al*, (2007). Las figuras 7, 8 y 9 muestran la estructura del forbol y dos de sus derivados comúnmente aislados de las semillas de *Jatropha curcas L*.

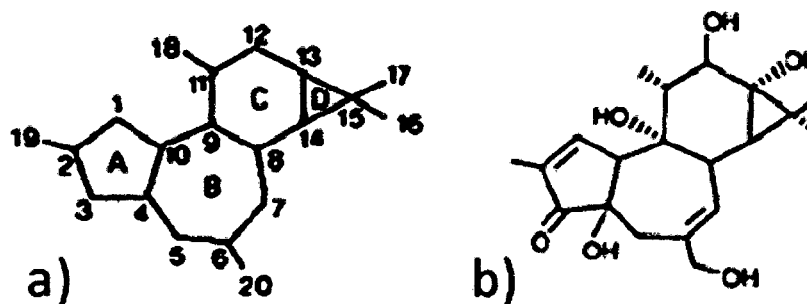


Figura N° 07: a) Numeración de la estructura básica del forbol. b) Estructura del forbol (Goel, et al, 2007).

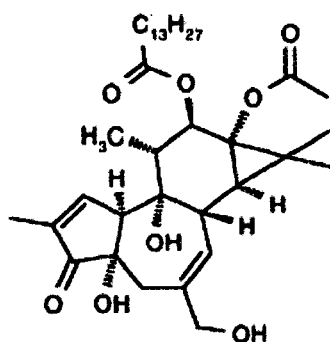
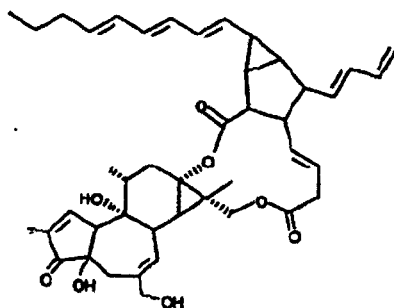


Figura N° 08: Estructura del 12-desoxi-16-hidrosiforbol, Trabi, et al, (1997).



**Figura N° 09: Estructura de un éster de forbol (4'-[12',14'-butadienilo]-6'-[16',18',20'-nonatrienilo]-biciclo-[3.1.0]-hexano-2'-[ácido carboxílico]-3'-[8'-ácido butanoico-10']diester de 12-desoxi-16-hidroforbol, aislado de las semillas de *Jatropha curcas* L., Trabi, et al, (1997).**

El forbol, mostrado en la figura 7 y sus diferentes derivados, según se informa, son potentes promotores de tumores, además de este efecto, inducen a una notable diversidad de otros efectos biológicos a concentraciones excepcionalmente bajas.

Son responsables de efectos irritantes de piel, purgante y promoción tumoral, ya que estimulan la proteína quinasa C (PKC), que participa en la señal y la transducción de los procesos de desarrollo de la mayoría de las células y los tejidos, produciendo una variedad de efectos biológicos en una amplia gama de organismos, **Goel, et al, (2007)**.

Las semillas de *Jatropha* contienen al menos cuatro esteres diferentes, la estructura del compuesto principal se muestra en la figura 9, y otro forbol aislado e identificado se muestra en la figura 8, las estructuras de los otros dos compuestos aun no son totalmente claras, **Hass y Mittelbach, (2000)**.

En los experimentos realizados con peces, ratones, ratas, ovejas y cabras, para evaluar la toxicidad de plantas con contenido de Ésteres de Forbol han mostrado efectos como la disminución en el nivel de glucosa, aumento en la concentración de arginasa, glutamato y oxaloacetato, falta de apetito, disminución de la ingesta de agua, diarrea, deshidratación y otros efectos hemorrágicos en diferentes órganos, **Adam y Magzoub, (1975)**.

Algunos estudios con las variedades tóxicas y no tóxicas (bajo o nulo contenido de ésteres de forbol) han revelado que la aceptación de la harina de estas semillas como alimento humano o animal se ve afectada por el contenido de este compuesto; cuanto más alto sea la cantidad, menor será la aceptación de la semilla de piñón, **Makkar y Becker, (1998)**.

### **3.10 INVESTIGACIONES ANTERIORES.**

#### **3.10.1 ESTUDIOS DE LA CURCINA EN *JATROPHA CURCAS*.**

El objetivo fue construir una inmunotoxina usando como molécula tóxica la proteína curcina, que se encuentra en la planta silvestre *Jatropha curcas*. Investigadores del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA), Unidad Tlaxcala, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), llevan a cabo estudios sobre la producción de una inmunotoxina, moléculas constituidas por una proteína tóxica y un anticuerpo que se une de forma específica a una célula blanca, las cuales deben su acción a que son capaces de reconocer moléculas distintivas de algún tipo de célula, con la cual se pretende contribuir a combatir algunos tipos de cáncer. **Jaramillo et al., (2011)**

Dicha proteína pertenece al grupo de las Proteínas Inactivadoras del Ribosoma, y que es precisamente esta actividad enzimática la que le da su efecto citotóxico (agente que daña o mata a las células) y potencial efecto antitumoral.

Sin embargo, se pudo establecer que la curcina se encuentra en el producto de desecho del procesamiento de extracción del aceite. El trabajo realizado en el CIBA Tlaxcala complementa y redondea el potencial biotecnológico de la planta *Jatropha curcas*, ya que en lugar de desechar la harina o de usarla como fuente de alimentación animal, se puede dar un segundo uso a todo ese material y sería además fuente de curcina, que con su evidente efecto antitumoral es posible usarla para manejar algunas enfermedades, entre ellas, algunos tipos de cáncer.



La segunda aplicación biotecnológica de la planta para obtener la proteína es muy importante, “sobre todo porque vamos a utilizar un producto de desecho, luego de que se utilizó para extraerle el aceite para el biodiesel”, **Jaramillo et al., (2011)**.

Actualmente se planea evidenciar su efecto citotóxico en tres líneas celulares cancerígenas: cáncer de mama, cervicouterino y de colon, “pero todo está en función de encontrar los anticuerpos específicos”. Según artículo escrito por **Dávila (2011)**.

### **3.10.2 ESTUDIOS DEL ESTER DE FORBOL EN *JATROPHA CURCAS*.**

Es posible la extracción de ésteres de forbol, componente tóxico, de la torta de *Jatropha curcas* mediante el uso de alcohol al 95%. Un proceso de mezcla con este alcohol y luego una filtración a presión con bomba de vacío es la manera recomendada para obtener el extracto donde supone se encontrará un porcentaje significativo de ésteres de forbol (entre 0.21-0.47 mg ésteres/g torta). Tomando en cuenta el dato teórico de ésteres extraídos, se procedió a mezclar 846 ml de extracto de torta en etanol de 95% con 154 ml de agua para así obtener un litro de mezcla con el mismo contenido de ésteres de forbol que la mezcla de aceite y agua. Las extracciones se realizaron sobre 10 g de torta triturada en mortero. Los 10 g fueron extraídos cuatro veces en 30 mL de etanol cada vez, poniéndolos en contacto por tres minutos a 400 rpm, **Saetae et.al (2010)**.

A continuación se presentan los resultados de la Eco-toxicidad de cada una de las formulaciones mediante el método de *Daphnia magna*. Ya que la *Daphnia magna* sí muestra diferentes sensibilidades al etanol con agua y al etanol con extracto de torta, estos resultados pueden usarse para llegar a conclusiones más precisas en cuanto al impacto ambiental y la efectividad del producto en su función. En la siguiente figura se detallan los resultados de las mezclas que se consideraron más importantes de analizar, por motivos presupuestarios.

## Resultados de Eco-Toxicidad para formulaciones relevantes.

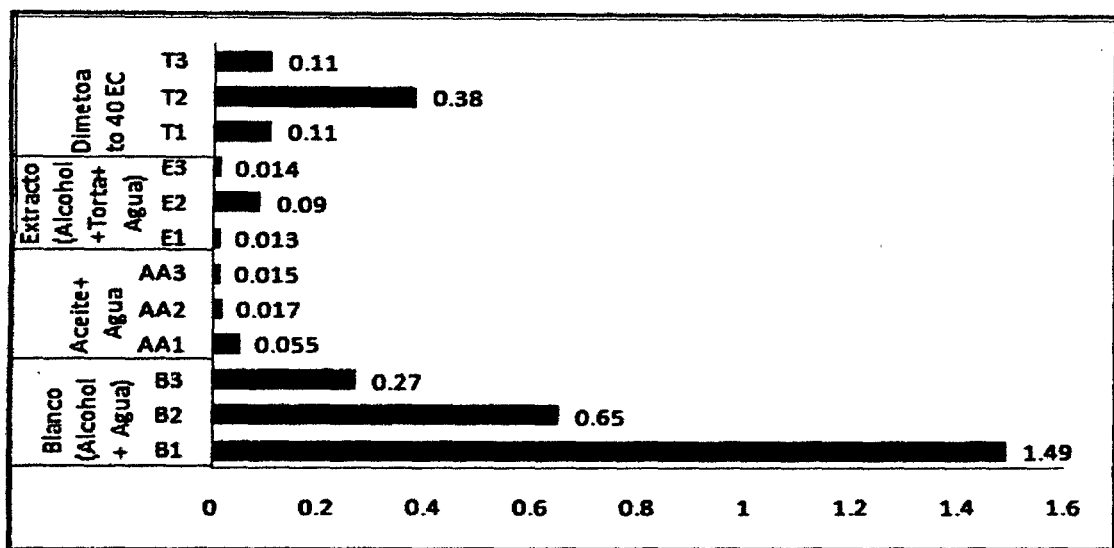


Figura N° 10: \*EC50-24h: Concentración Efectiva en el 50% de organismos en 24 horas.

En la figura N° 10 se puede comparar el porcentaje de mortalidad en el 50% de los organismos durante las primeras 24 horas según las distintas formulaciones. El análisis da como resultado la concentración de la formulación que mata al 50% de las *Daphnias* expuestas en el medio correspondiente. Se observa que el Dimetotoato 40EC no es el que predomina con la mayor tasa de mortalidad sino la mezcla de aceite de *J. curcas* + agua que está seguido con poca diferencia por la formulación Extracto (Alcohol + Torta + Agua), lo que indica una alta efectividad como insecticida orgánico un posible menor efecto residual.

Es importante resaltar que hay una diferencia significativa entre la tasa de mortalidad del Blanco (Alcohol + Agua) y Extracto (Alcohol + Torta + Agua), lo que denota que el alcohol influye en la mortalidad pero no es el único agente tóxico en el extracto de torta, algo que no podía distinguirse con el chinche.

Al desarrollar bioplaguicidas a base de Torta y Aceite de *J. curca* se obtienen niveles similares de toxicidad, Ocampo J. (2010).

Reportaron que extractos obtenidos de las semillas, las hojas y el aceite de semilla de *J. curcas* tienen propiedades molusquicidas, insecticidas y fungicidas. Extractos de *J. curcas* 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, **Saetae et al., (2010)**.

*Jatropha curcas* ha mostrado potencial contra larvas de dípteros que representan problemas fitosanitarios. Estudios realizados por **Kovendan et al., (2011)** mostraron el efecto de diferentes concentraciones de extractos de la planta sobre las larvas de *Culex quinquefasciatus*, vector de filaria; concluyendo el potencial que tienen los extractos de esta especie como control del vector de la filariasis linfática para ser utilizado como un control ecológico ideal frente al insecto. La efectividad como insecticida de plantas Euphorbiaceae también se ha reportado frente a estadios larvarios de *Aedes aegypti*; en este sentido, se demostró que la mayor mortalidad de las larvas se encuentran en el extracto con éter de petróleo. El valor de la CL<sub>50</sub> de los extractos con éter de petróleo de *J. curcas*, *P. tithymaloides*, *P. amarus*, *E. hirtay* *E. tirucalli*, contra *A. aegypti* fue de 8,79, 55,26, 90,92, 272,36 y 4,25 ppm, respectivamente. De las relaciones de varias pruebas, los extractos con éter de petróleo de *J. curcas* y *E. tirucalli* mostraron cierta efectividad; por lo tanto, se concluyó que 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.

Realizaron un estudio donde obtuvieron extractos como el n-hexano, acetato de etilo y extractos de metanol presentes en *J. curcas*; estos extractos mostraron efectividad como insecticida frente a larvas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y otros mosquitos como *Ochlerotatus triseriatus*, *Helicoverpa zea* y *Heliiothis virescens*. Los extractos se probaron a una concentración de 250 mg/mL.

con la cual se obtuvo 100 % de mortalidad en larvas e insectos adultos, **Georges et al., (2008)**.

La harina de semillas de *J. curcas* ha sido evaluada como acaricida en la dieta de conejos infestados por *Hyalomma* para determinar el efecto de este producto sobre el control de garrapatas. En este estudio se utilizó un modelo experimental con conejos para evaluar el rendimiento en la alimentación, el efecto sobre el peso y la reproducción de garrapatas presentes en los conejos. Los investigadores encontraron que el consumo de alimento y la ganancia de peso corporal disminuyeron con el aumento en el nivel de harina de semilla de *J. curcas* en la dieta, ellos concluyeron que la harina debe ser usada en un porcentaje inferior a 10 % para el tratamiento de ectoparásitos, **Abdel et al., (2011)**.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 MATERIALES.**

#### **4.1.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.**

La primera fase experimental, se realizó en el Laboratorio de Post – Cosecha y Agroindustria del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Estación Experimental Agraria El Porvenir – Juan Guerra y después en el Laboratorio de Tecnología de Productos y Análisis No Alimentarios de la Universidad Nacional de San Martín – Campus Universitario de Tarapoto.

#### **4.1.2 MATERIALES.**

- ✓ Matraces.
- ✓ Probetas.
- ✓ Pipetas.
- ✓ Fiolas.
- ✓ Filtros.
- ✓ Pinza.
- ✓ Tubos de ensayo.
- ✓ Baguetas.
- ✓ Vaso precipitado.
- ✓ Embudo.
- ✓ Agitador magnético.
- ✓ Campana desecadora.
- ✓ Botellas de 20 ml.
- ✓ Botellas con tapa de 500 ml.

#### **4.1.3 EQUIPOS.**

- ✓ Balanza analítica marca Mettler, modelo AE 50.
- ✓ Estufa marca Binder, modelo FD 53.
- ✓ Rotavapor Heidoph, modelo Laborata 4000 efficient.
- ✓ Cámara cromatográfica de capa delgada.

#### **4.1.4 REACTIVOS Y SOLVENTES.**

- ✓ Reactivo de Lieberman - Burchard.
- ✓ Alcohol metílico.
- ✓ Benceno.
- ✓ Acetato de etilo.
- ✓ Alcohol etílico.
- ✓ Alcohol amílico.
- ✓ Tetracloruro de carbono.

## 4.2 METODOLOGÍA.

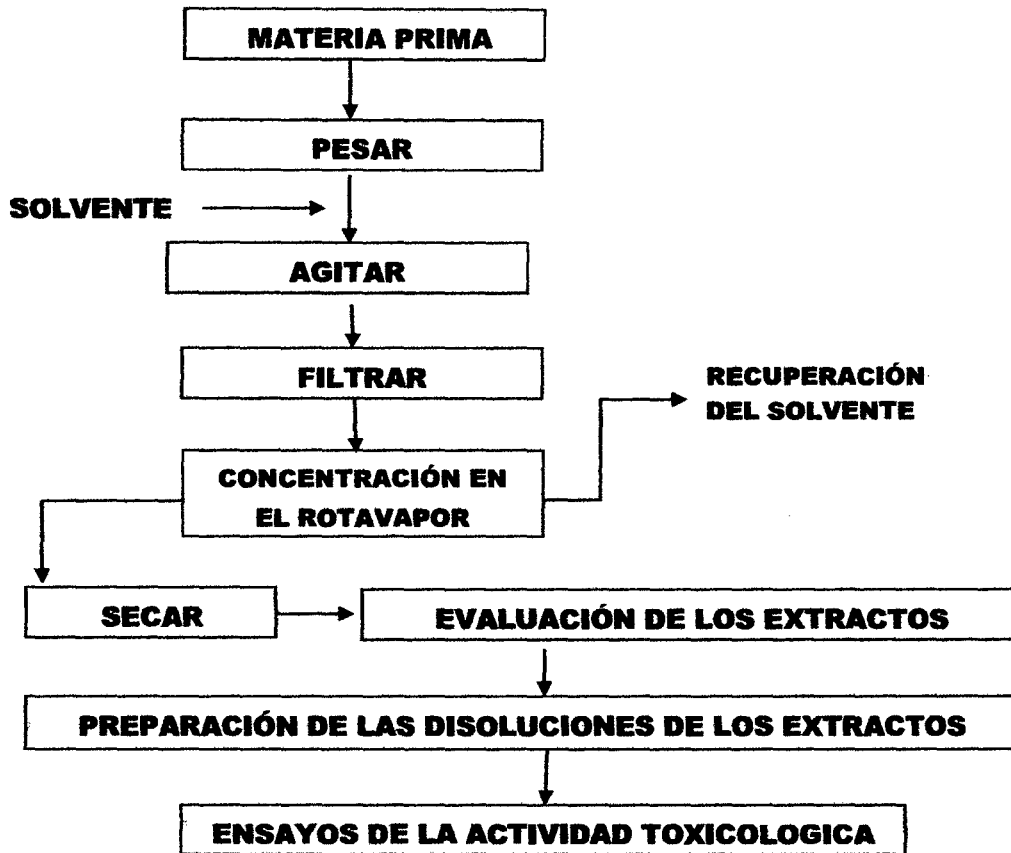


Figura N° 11: Flujograma del proceso planteado.

**Materia Prima:** La materia prima a utilizar es la torta semisólida de piñón blanco obtenida del proceso de decantación en la extracción del aceite a 36 rpm y 80°C; el piñón utilizado pertenece al Ecotipo Totorillaico, el cual presenta mejores condiciones de adaptabilidad, contenido y rendimiento de aceite.

**Pesar:** La cantidad a utilizar como unidad experimental es de 20 g. de materia prima (torta de piñón blanco).

**Solvente:** Agregar el solvente de acuerdo a su polaridad, (Metanol, Etanol y Tetracloruro de Carbonó) teniendo en cuenta la relación con la materia prima/volumen (1/5, 1/10 y 1/15);

**Agitar:** Agitar diariamente por 45 minutos, durante 7 días a T° ambiente para que el solvente extraiga todas las partículas de interés de la torta de piñón.

**Filtrar:** Se filtra la muestra para separar el concentrado del residuo, la cual se desechará posteriormente.

**Concentrar en el rotavapor:** El filtrado se concentra a en un rotavapor a una velocidad de 150 rpm, a temperatura de 60 °C por 2 horas.

**Secar:** Se seca en la estufa a temperatura de 70°C por 24 horas para evaporar trazas de la misma.

**Evaluación de los Extractos:** Mediante la prueba de colorimetría usando el reactivo de Lieberman – Burchard y el método de cromatografía en capa fina se identificará de forma cualitativa la presencia de terpenos, grupo funcional de los ésteres de forbol, posible toxico de los concentrados.

**Preparación de las Disoluciones de los Extractos:** Se dosifica la concentración a utilizar mediante disoluciones acuosas al 0%, 25%, 50% y 75%, para la actividad toxicológica.

**Ensayo de la Actividad Toxicológica:** Se aplica en las termitas (*Coptotermes formosanus*) y se observa la efectividad de la toxicidad.

#### **4.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.**

El diseño seleccionado consiste en un arreglo factorial con punto central (replicaciones del punto central del diseño; 3 determinaciones) dentro de un Diseño al azar, teniendo como factores la concentración de la solución extractora (Alcohol Metílico; Alcohol Etilico y Tetracloruro de carbono), la relación de extracción (1/5; 1/10 y 1/15) y como materia prima torta de piñón. A los resultados obtenidos se les aplicará Análisis de Varianza (ANVA) y prueba de Duncan al 95%.



## 4.2.2 EVALUACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LA TORTA DE PIÑÓN BLANCO.

### 4.2.2.1 MARCHA FITOQUÍMICA PRELIMINAR DE TERPENOS.

Para poder determinar la presencia de terpenos en la torta a utilizar como materia prima, se utilizaron dos marchas fitoquímicas de diferentes autores, el primero es de **Palomino y Calderón, (2008)** y la otra de **Makkar et al., (2010)**.

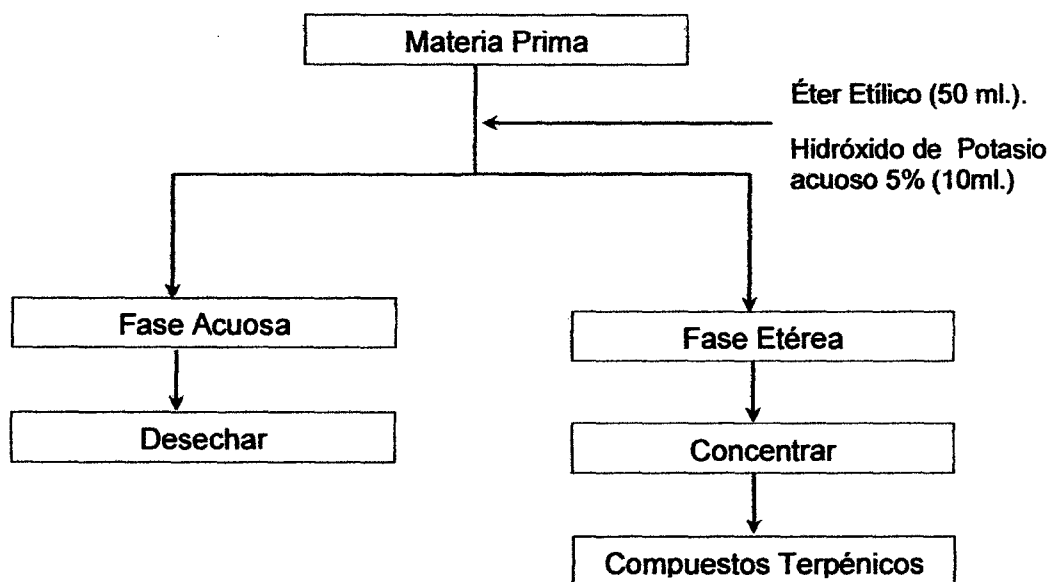


Figura N° 12: Marcha Fitoquímica de Palomino y Calderón (2008).

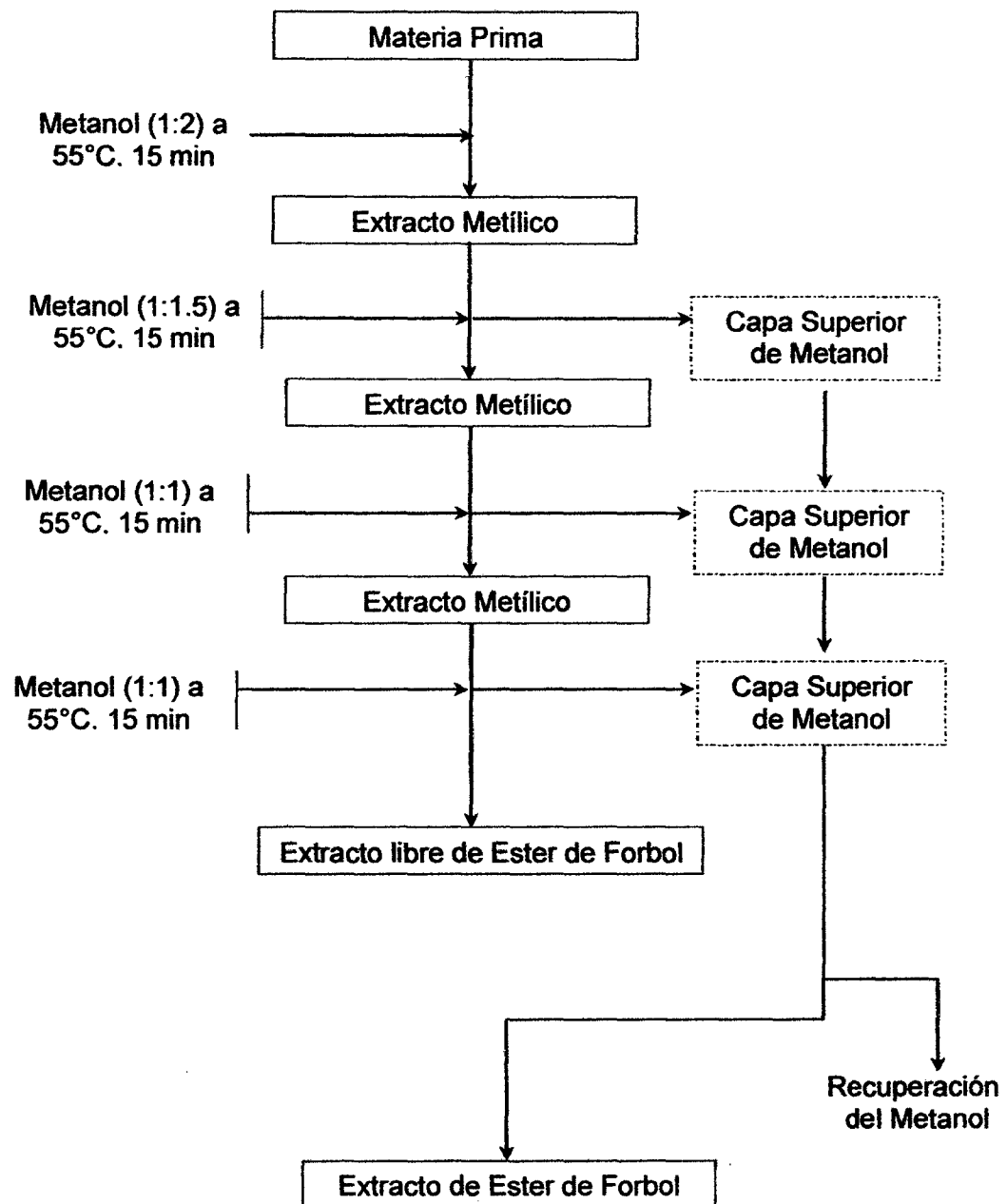


Figura N° 13: Marcha Fitoquímica de Makkar et al., (2010).

#### **4.2.2.1.1 PRUEBA DE COLORIMETRÍA PARA TERPENOS.**

Para poder determinar terpenos en la prueba de colorimetría en las muestras, se extrajo del Libro "Métodos en el estudio de productos naturales" de Lock (1994).

- A 1 ml. de extracto se agrega 5 ml. del reactivo de Lieberman – Burchard.
- Calentar a 110 °C por 10 minutos en baño María.
- Si cambia de color de blanco turbio a amarillo anaranjado cremoso, indica presencia de terpenos, grupo funcional de los esteroides de forbol, principal grupo funcional de los extractos estudiados.

#### **4.2.2.1.2 PRUEBA DE CROMATOGRAFÍA DE CAPA DELGADA PARA TERPENOS y DITERPENOS.**

Para poder determinar terpenos en la prueba de cromatografía en capa de las muestras, se extrajo de la investigación "Fotoquímico del Aceite Esencial de Psidium Caudatum Mcvaugh" de Palomino y Calderón, (2008) y para diterpenos se basó en el Libro "Métodos en el estudio de productos naturales" de Lock (1994).

- Disolver en cloroformo al 99% de pureza, en una relación de 1:10; se hicieron aplicaciones de volumen de 10 a 15 microlitros del extracto en un cromatófolio para el análisis de terpenos, grupo funcional de los esteroides de forbol.
- Agregar el sistema más apropiado, según la bibliografía, se utilizó solo benceno para análisis (P.A.) y la mezcla de benceno: acetato de etilo en dos proporciones de 95:5 y 85:15.
- El desarrollo debe alcanzar +/- 8 cm, marcar el punto final del recorrido.
- Secar la placa al aire y revelar con el revelador más indicado (para el caso de compuestos generales es la vainillina sulfúrica y para terpenos

específicos es el reactivo de Lieberman – Burchard) a temperatura ambiente.

- Calentar hasta que dé una coloración, azul para la vainillina, lo cual indica la presencia de compuestos orgánicos y un marrón rojizo para Lieberman – Burchard la cual indica presencia de terpenos.

#### **4.2.2.2 FORMULACIÓN Y ENSAYO DE LA ACTIVIDAD TOXICA DE LOS CONCENTRADOS.**

Para poder determinar terpenos en la prueba de la actividad tóxica de los concentrados en las muestras, se formuló una metodología propia.

La elección del método de bioensayo, se usa para evaluar la actividad tóxica de los extractos obtenidos.

- Para la recolección de las termitas (*Coptotermes formosanus*) se hace en las horas de la mañana, de los campos del Instituto Nacional de Innovación Agraria y colocadas en envases de plástico de 400 ml. conteniendo una capa delgada de aserrín, donde se depositaron 20 insectos en cada envase.
- Las condiciones preliminares antes de la prueba es aclimatar por 24 horas.
- Se prepara los extractos de la torta de piñón en diferentes concentraciones acuosas (0%, 25%, 50%, 75% y 100%).
- Observar por un periodo de una semana y anotar los resultados.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS TÓXICOS.

Los extractos tóxicos fueron obtenidos en el Laboratorio del INIA, situado en el Distrito de Juan Guerra, que se ubica a 330 msnm, a 6°36'15" de latitud sur y 76°21'15" longitud oeste, en la Provincia y Departamento de San Martín. La zona cuenta con un Clima Cálido, una Temperatura Promedio de 28°C, una Precipitación Pluvial Promedio de 1025 mm.

En la tabla N° 04 se muestra las especificaciones de todos los procesos utilizados para la obtención de los extractos tóxicos según las condiciones ambientales del Distrito de Juan Guerra, siguiendo la metodología planteada, variando el tipo de solvente según su grado de polaridad y la relación de materia prima/volumen, manteniendo constante el homogenizado, concentrado y secado de las muestras.

La muestra inicial consiste en la torta decantada del piñón blanco del Ecotipo Totorillaico, obtenido a una velocidad de 36 rpm y una temperatura de 80 °C.

Para las pruebas de determinación de la presencia de terpenos en la torta de piñón (materia prima de nuestro estudio) se usó la metodología planteada por dos autores: **Palomino y Calderón, (2008)** y **Makkar et al., (2010)**, obteniendo un extracto concentrado de terpenos; la cual se utilizó para las pruebas específicas descritas anteriormente para cada una de las marchas fitoquímicas evaluadas, resultado positivo para dichas pruebas, lo cual nos aseguró la presencia de terpenos en la materia prima a utilizar.

**Tabla N° 04. Especificaciones de los procesos utilizados para la obtención de los extractos tóxicos.**

PROCESO	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
Extracción	Solvente	Alcohol Etilico [CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH]	Grado Pureza: 96%
			Punto de ebullición: 78.5 °C
			Densidad: 0,804 gr/cm <sup>3</sup>
			Índice de Polaridad: 5.2
		Alcohol Metílico [CH <sub>3</sub> OH]	Grado Pureza: 99.9%
			Punto de ebullición: 64.5 °C
			Densidad: 0,790 gr/cm <sup>3</sup>
		Tetracloruro de Carbono [CCl <sub>4</sub> ]	Índice de Polaridad: 6.6
			Grado Pureza: 98%
	Punto de ebullición: 76.5 °C		
	Relación de Extracción	Materia prima / volumen de solvente (w/v)	Densidad: 1,590 gr/cm <sup>3</sup>
			Índice de Polaridad: 1.6
			R <sub>1</sub> : 1/5
Concentración	Concentrado Tóxico	R <sub>2</sub> : 1/10	
		R <sub>3</sub> : 1/15	
		Velocidad: 150 rpm	
Secado	Concentrado Tóxico	Temperatura: 70°C	
		Presión: 1 atm.	
		Tiempo: 24 horas.	
		Temperatura: 70 °C	

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.2 RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN.

En la Tabla N° 05 y Figura N° 25 se observa el promedio de los resultados de la relación materia prima/volumen (1/5, 1/10, 1/15), a diferentes solventes (metanol, tetracloruro de carbono y etanol) de la extracción tóxica en la torta del piñón, reportados en porcentajes.

**Tabla N° 05. Obtención del promedio porcentual de las relaciones (materia prima/solvente) con diferentes solventes de los extractos tóxicos.**

Relación	Solventes		
	Metanol	Tetracloruro de Carbono	Etanol
1/5	15.38	16.93	15.15
1/10	25.71	26.35	23.82
1/15	37.07	43.65	35.02

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N° 05 y figura N° 14, se muestra el resultado del rendimiento en porcentaje después realizar la metodología propuesta en las condiciones planteadas; resultando el de mayor porcentaje el tetracloruro de carbono ya que habiendo extraído no solo terpenos (ésteres de forbol) sino gran cantidad de metabolitos secundarios, debido a que el solvente utilizado es genérico y de composición más compleja, mientras el metanol y etanol a ser más específico y de formulación más simple, lo hace más fácil la extracción y su volatilización, quedando pocas trazas del solvente. Al no tener una adecuada tecnología ni equipos especializados es complicado la separación de dichos metabolitos, estas trazas están presente en los extractos tóxicos sin interferir en las pruebas biológicas.

## RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

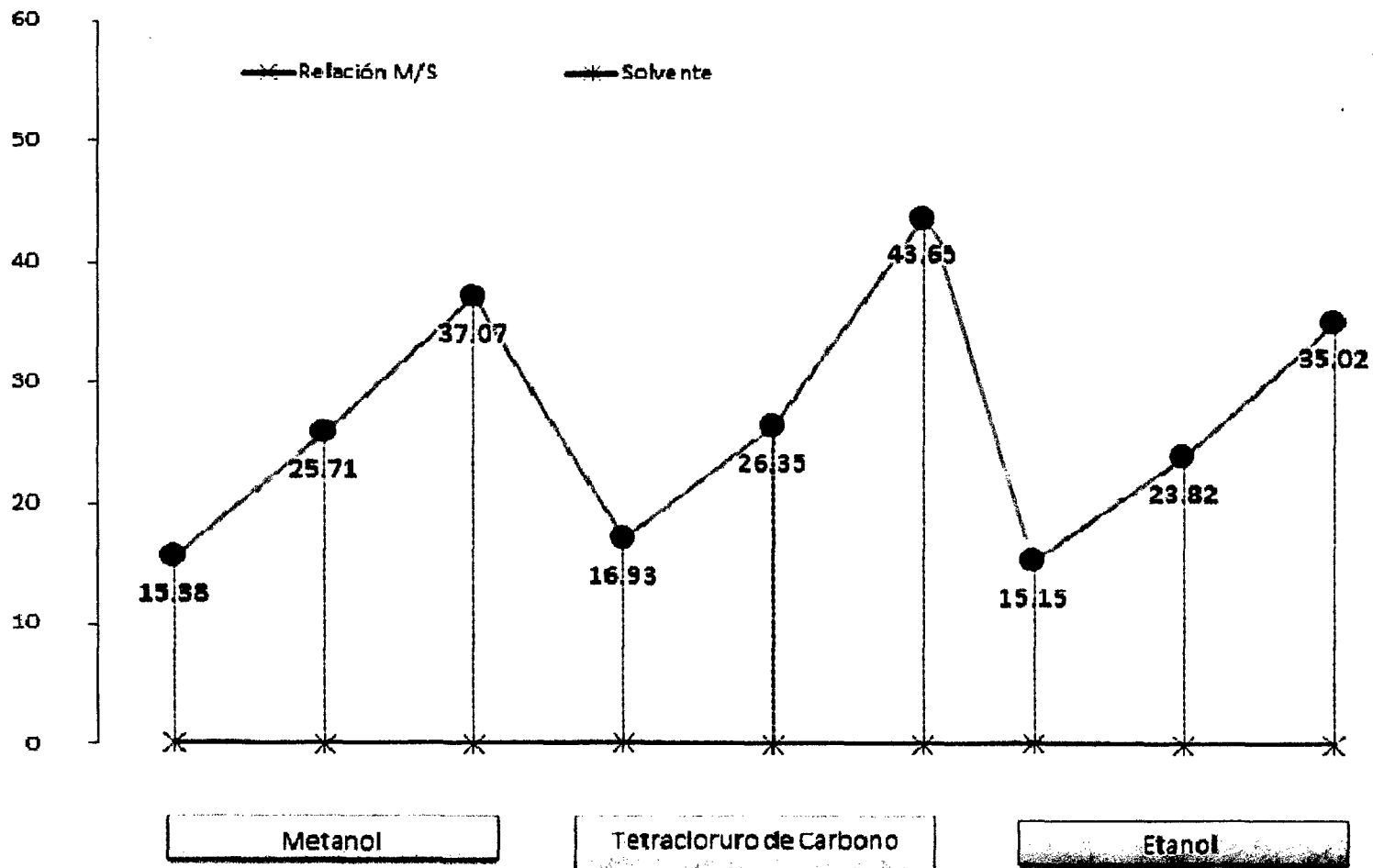


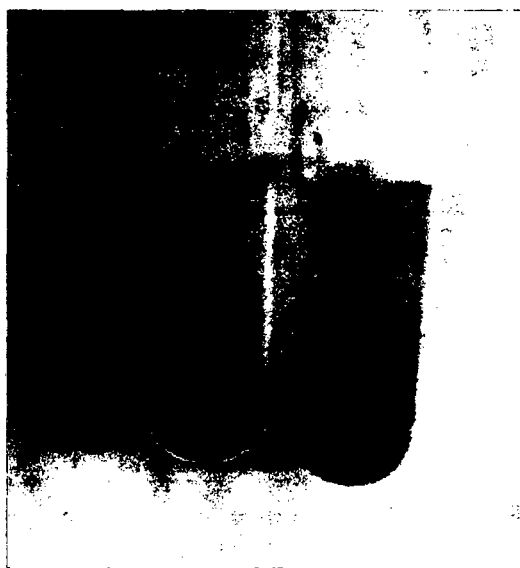
Figura N° 14: Extracción en diferentes relaciones.



### **5.3 PRUEBA DE COLORIMETRIA PARA TERPENOS.**

#### **5.3.1 PRUEBA DE COLORIMETRIA DEL EXTRACTO N° 01.**

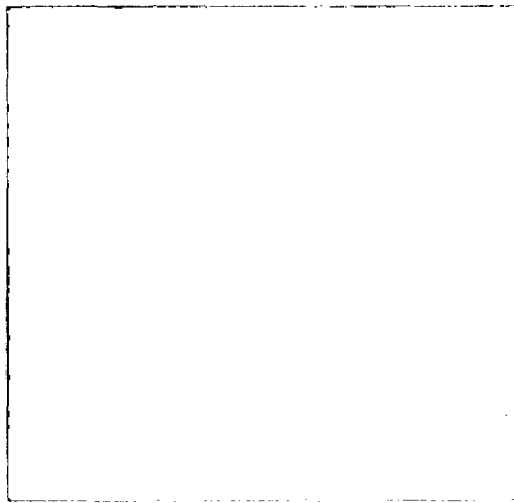
En la Figura N° 15 se muestra los resultados de la prueba de colorimetría del Extracto N°01, en la cual se observa el cambio de coloración de un blanco turbio a un amarillo cremoso oscuro, realizados a la marcha fitoquímica preliminar de Palomino y Calderón; resultando positivo para la determinación de terpenos descrita por Lock (1994).



**Figura N° 15: Colorimetría del Extracto N°01.**

### 5.3.2 PRUEBA DE COLORIMETRIA DEL EXTRACTO N°02.

En la Figura N° 16 se muestra los resultados del Extracto N°02, en la cual se observa el cambio de coloración de un blanco turbio a un amarillo cremoso oscuro, realizados a la marcha fitoquímica preliminar der Makkar et al.; resultando positivo para la determinación de terpenos Lock (1994).



**Figura N° 16: Colorimetría del Extracto N°02.**

### 5.3.3 PRUEBA DE COLORIMETRIA DE LA EXTRACTOS TOXICOS.

En la Figura N° 17 se muestra los resultados de los Extractos Tóxicos, en la cual se observa el cambio de coloración de un blanco turbio a un amarillo cremoso oscuro, realizados a extractos obtenidos de la metodología planteada, resultando positivo para la determinación de terpenos de Lock (1994).

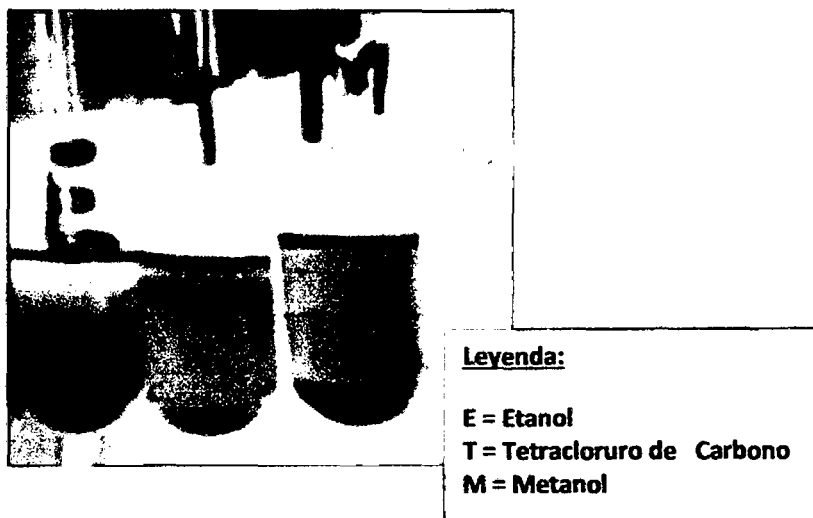


Figura N° 17: Prueba de Colorimetría para Extractos Tóxicos.



## **5.4 PRUEBA DE CROMATOGRAFÍA DE CAPA DELGADA DE LA TORTA DE PIÑÓN BLANCO**

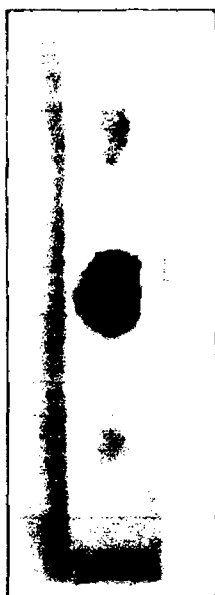
### **5.4.1 PRUEBA DE CROMATOGRAFÍA DE CAPA DELGADA DEL EXTRACTO N° 01.**

En la Figura N° 18 se muestra los resultado de la cromatografía de capa delgada efectuados al Extracto N°01, en donde se observa dos manchas de diferentes tonalidades de azul, la cual se revelo con vainillina - sulfúrica en una solución de benceno para análisis (P.A.), realizados a la marcha fitoquímica preliminar de Palomino y Calderón, resultado positivo para la determinación de terpenos referidas en la obra de Palomino y calderón (2008).



**Figura N° 18: Cromatografía del Extracto N°01 revelado con Vainillina – Sulfúrica en un sistema de benceno (P.A.).**

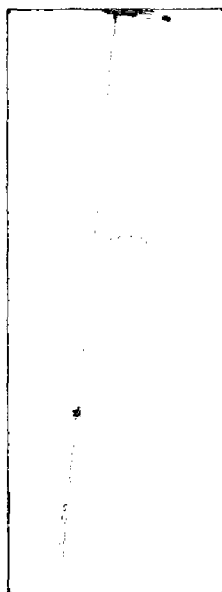
En la Figura N° 19 nos muestra los resultado de la cromatografía de capa delgada efectuados al Extracto N°01, en donde se observa tres manchas de diferentes tonalidades de rojo, la cual se revelo con Reactivo de Lieberman – Burchard en una solución de benceno para análisis (P.A.), realizados a la marcha fitoquímica preliminar de Palomino y Calderón, resultado positivo para la determinación de diterpenos referidas en la obra de Olga Lock (1994).



**Figura N° 19: Cromatografía del Extracto N° 01 revelado con Reactivo de Lieberman – Burchard en un sistema de Benceno (P.A.).**

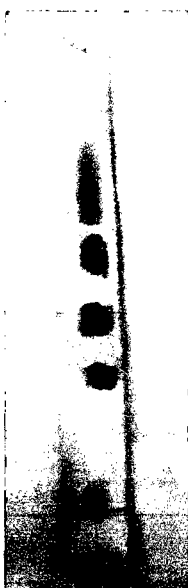
#### 5.4.2 PRUEBA DE CROMATOGRAFÍA DE CAPA DELGADA DEL EXTRACTO N° 02

En la Figura N° 20 se muestra los resultado de la cromatografía de capa delgada efectuados al Extracto N°02, en donde se observa una mancha de tonalidad naranja, la cual se revelo con Reactivo de Lieberman – Burchard en una solución de benceno: acetato de etilo en una proporción de 95:5, realizados a la marcha fitoquímica preliminar de Makkar et al., resultando positivo para la presencia de diterpenos referidas en la obra de Olga Lock (1994).



**Figura N° 20: Cromatografía del N° 02 revelado con Reactivo de Lieberman – Burchard en un sistema Benceno : Acetato de etilo (95:5).**

En la Figura N° 21 se muestra los resultado de la cromatografía de capa delgada efectuados al Extracto N° 02, en donde se observa cuatro manchas de diferentes tonalidades de azul, la cual se revelo con Vainillina – Sulfúrico en una solución de benceno: acetato de etilo en una proporción de 85:15, realizados a la marcha fitoquímica preliminar de Makkar et al., indicando un resultado positivo para la presencia de terpenos referidas en la obra de Palomino y Calderón (2008)



**Figura N° 21: Cromatografía del Extracto N° 02 revelado con Vainillina – Sulfúrica en un sistema Benceno : Acetato de etilo (85:15).**

### 5.5 PRUEBA DE LA TÓXICIDAD EN TERMITAS (*Coptotermes formosanus*).

En la Tabla N° 06 y Figura N° 22 se observa la mortandad porcentual de la actividad toxicológica del extracto de la torta del piñón en diferentes concentraciones acuosas (100%, 75%, 50% y 25%) realizados a una colonia de termitas (*Coptotermes formosanus*), las cuales se recolectas en los campos experimentales del Instituto Nacional de Innovación Agraria, del distrito de Juan Guerra y aclimatadas por 24 horas en el laboratorio antes de la aplicación y posterior observación y comparadas con un testigo blanco.

**Tabla N° 06. Prueba de la Actividad Toxicológica en Termitas (*Coptotermes formosanus*).**

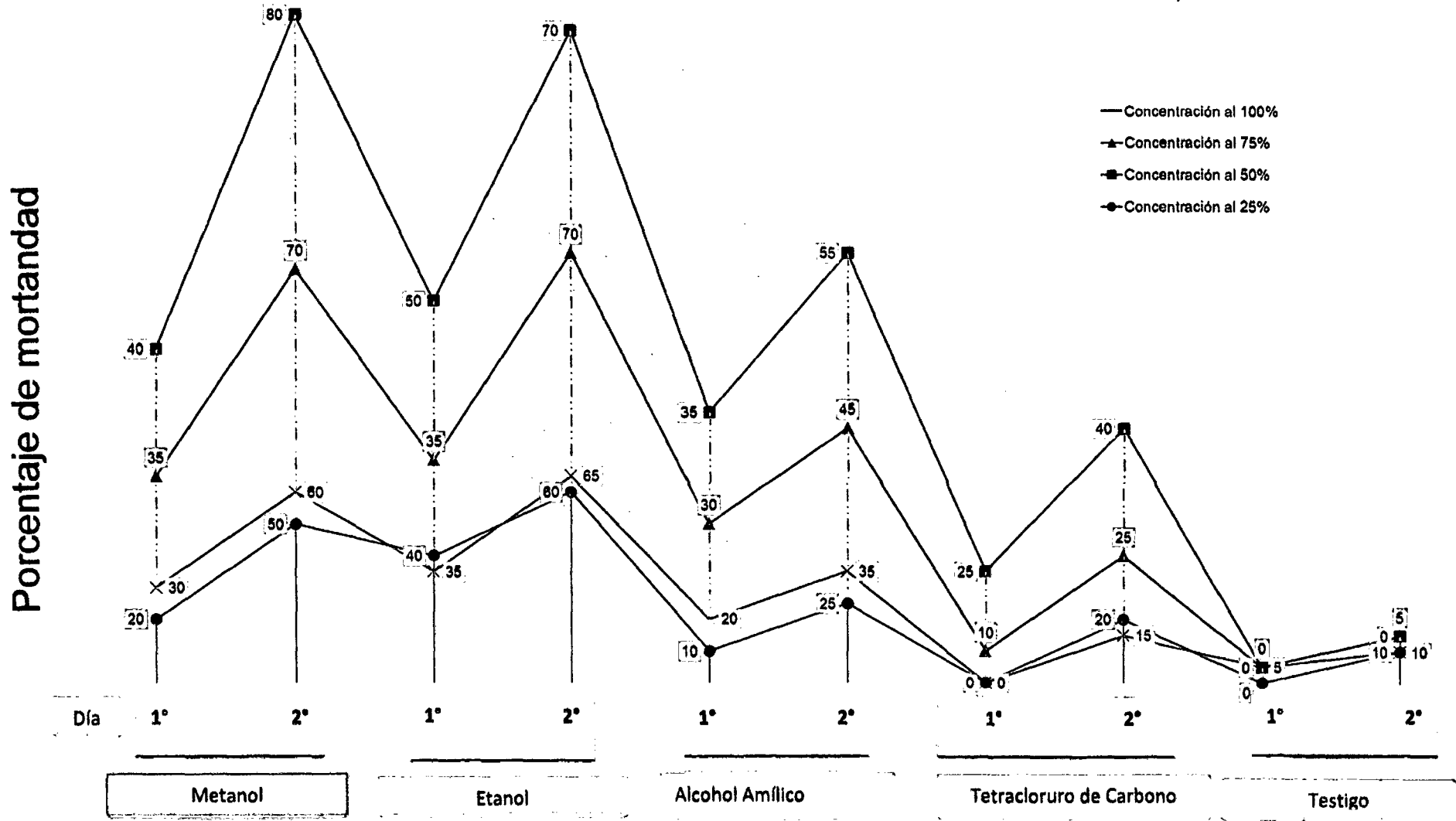
Concetración (%)	Solución Extractora									
	Metanol		Etanol		Alcohol Amílico		Tetracloruro de Carbono		Testigo	
	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°
100	40	80	50	70	35	55	25	40	0	0
75	35	70	35	70	30	45	10	25	0	5
50	30	60	35	65	20	35	0	15	5	10
25	20	50	40	60	10	25	0	20	0	10

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N° 06 y figura 22, se muestra el resultado de la prueba de la Actividad Toxicológica, realizadas a las termitas. Se obtuvo resultados positivos de mortandad parcial del 50%, después de 24 horas de la aplicación con el extracto etílico a una concentración del 100% y una mortalidad del 80% al segundo día con el alcohol metílico a la misma concentración, esto debido al mayor grado de concentración de terpenos presente en los extractos, menor extracción de metabolitos secundarios y poco disolvente residual, con un alto grado toxico del concentrado.



**PRUEBA DE LA ACTIVIDAD TOXICOLÓGICA EN TERMITAS  
(COPTOTERMES FORMOSANUS).**



**Figura N° 22: Prueba de la Actividad Toxicológica en Termitas (*Coptotermes formosanus*).**

## 5.6 APLICACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

**Tabla N° 07. Cuadro de Análisis de Varianza (ANVA) en el programa SPSS.**

Origen	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1477,333 <sup>a</sup>	19	77,754	4,132	,000
Intersección	3840,000	1	3840,000	204,074	,000
Solvente	1331,833	4	332,958	17,695	,000
Concentración	72,133	3	24,044	1,278	,295
Solvente *	73,367	12	6,114	,325	,980
Concentración					
Error	752,667	40	18,817		
Total	6070,000	60			
Total corregida	2230,000	59			

<sup>a</sup> R cuadrado = ,662 (R cuadrado corregida = ,502)

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 07 se muestra el cuadro ANVA, donde demostramos que en tanto se utilice diferentes solventes habrá diferencia altamente significativa en la obtención del extracto.

Sin embargo, a aumentar la concentración de los solventes esta diferencia ya no es significativa.

Para comprobar la significancia obtenida en el cuadro ANVA tanto del solvente como de la concentración se realizó la prueba de Duncan, la cual se muestra en la Tabla N° 08 y 09.

**Tabla N° 08. Cuadro de Prueba de Duncan para Solvente en el programa SPSS.**

Solvente	N	Subconjunto		
		1	2	3
Testigo	12	1,17		
Tetracloruro de carbono	12		4,92	
Metanol	12			12,83
Etanol	12			13,58
Significativo.		1,000	,152	,674

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 18,817.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000 y b. Alfa = 0.05.

En la tabla N° 08 se confirma que existe diferencia significativa entre todos los solventes usados, la cual se divide en dos grupos bien definidos por la similitud de sus propiedades físicas, uno de los grupos lo conforman el metanol y el etanol, y el otro conformado por el tetracloruro de carbono, sugerimos que se pueden reemplazar por cualquiera de los solventes del primer grupo, cuyo uso no requiere de alto costos en tiempo y energía y son más amigables con el medio ambiente.

**Tabla N° 09. Cuadro de Prueba de Duncan para Concentración en el programa SPSS.**

Concentración	N	Subconjunto
		1
25%	15	6,67
50%	15	7,40
75%	15	8,33
100 %	15	9,60
Sig.		,097

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 18,817.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

En la tabla N° 09 se observa la prueba de Duncan para las concentraciones, lo cual nos demuestra que no hay diferencia significativa entre las concentraciones.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

1.- Se concluye que la evaluación de los extractos tóxicos obtenidos a partir de un sub producto de la extracción del aceite del piñón (*Jatropha curcas* L.) dio un resultado positivo para todas las pruebas cuantitativas y biológicas.

2.- Se concluye que se obtiene mayor rendimiento porcentual al aumentar la relación materia prima/ solventes en las condiciones planteadas de la metodología propuesta, el gran volumen que se obtiene de los extractos es debido a que no solo presenta terpenos (éster de forbol) sino también otros metabolitos secundarios, además quedan trazas de los solvente utilizados en proceso de extracción, obteniendo el de mayor rendimiento con el tetracloruro de carbono en una relación 1/15, con un 43.65% y el menor con el etanol en una relación 1/5 con un 15.15%.

3.- Se concluye que en el proceso de extracción de las toxinas presentes en la torta de piñón blanco, se obtuvo la presencia de ésteres de forbol, pertenecientes al grupo funcional de terpenos, esta afirmación está basada en la recopilación de las fuentes bibliográficas y a los resultados positivos para todas las pruebas de colorimetría y cromatografía de capa delgada realizadas en el desarrollo de esta investigación.

4.- El mejor resultado para la mortandad de las termitas en el primer día fue la extraída con metanol al 100% de concentración, seguido por el etanol a la misma concentración; dando un resultado positivo en las pruebas biológicas realizadas para estos extractos tóxicos.

5.- Se encontró diferencia altamente significativa en tanto se utilice diferentes solventes para la obtención del extracto, pero sin embargo, al aumentar la concentración de los solventes esta diferencia ya no es significativa.

6.- Ocampo J. (2010) reporta un bioplaguicida a base de torta y aceite, mientras Saeta et al. (2010) también nos muestra un resultado similar a

base de una mezcla de aceite, alcohol y agua, y nosotros también reportamos resultados positivos para un extracto a base de la torta y diversos solventes como se describe en el presente trabajo de investigación.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir investigando acerca de la toxicidad del piñón blanco, utilizando nuevos genotipos de ésta especie bajo otras condiciones y técnicas de trabajo para poder determinar específicamente los compuestos tóxicos presentes en las tortas de éstos genotipos.

Utilizar en otras plagas agrícolas, mamíferos menores, insectos perjudiciales; para poder ampliar la actividad toxicológica y determinar su rango de acción.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdel - Shafy S, Nasr SM, Abdel - Rahman HH, Habeeb SM. (2011). " Effect of various levels of dietary *Jatropha curcas* seed meal on rabbits infested by the adult ticks of *Hyalomma marginatum* I. Animal performance, anti-tick feeding and haemogram"; Pp: 347-57.
2. Adam, S. E., Magzoub, M. (1975). "Toxicity of *Jatropha cucurcas* for goats". Pp: 4, 347-54.
3. Adebowale, K; Adedire, C. (2006). "Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. Department of Chemistry, University of Ibadan, Nigeria".
4. Adolf, W., H.J. Opferkuch, E. Hecker. (1984). "Irritant phorbol derivatives from four *Jatropha* species. Phytochemistry"; Pp: 23, 129-132.
5. Akbar, E.; Yaakub, Z.; Kamarudin, SK.; Ismail, M.; Salimon, J. (2009). "Characteristics and composition of *Jatropha curcas* oil seed from Malaysia and its potential as biodiesel Feedstock. European Journal of Scientific Research"; Pp: 396-403.
6. Aponte, C. Hernández. (1978). "Estudio de *Jatropha curcas* L. como recurso biótico. Diploma tesis. Universidad Veracruz, Xalapa-Enríquez, Veracruz - México".
7. Berchmans, HJ.; Hirata S. (2008). "Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. Bioresource Technology"; Pp: 99:1716–1721.
8. Berger, A. (1994). "Using natural pesticides: current and future perspectives. A report for the plant protection improvement programme in Botswana, Zambia and Tanzania. Junio. Disponible en: 2010.<http://www.blackherbals.com/usingnaturalpesticides.htm>

9. Bermejo, M. E.; Chel, L. A.; Evangelista S.; Guadalupe, J.; Martínez, A.L. (2007). "Cuantificación de esteres de forbol en semillas de *Jatropha curcas* L. Silvestres y cultivadas en México".
10. Castill, H. L., Arenas, O. M., y Jiménez, A. (1991). "Composición Química y Aspectos nutricionales de la harina desgrasada del piñón mexicano *Jatropha curcas*". Pp: 73-74.
11. Cronquist, A., (1988). "Introducción a la Botanica".
12. Dávila, Rene. (2011). "Realizan estudios a proteína con actividad anticancerígena, Mexico. Junio. Disponible en: <http://journalmex.wordpress.com/2011/07/21/realizan-estudios-a-roteina-con-actividad-anticancerigena/>
13. FACT (2007). "Position Paper on *Jatropha Curcas*. State of the Art, Small and Large Scale Project Development".
14. Foidl, N.; Eder, P.; (1997). "Agro-industrial exploitation of *J. curcas*. In: Gübitz, G.M.; Mittelbach, M.; Trabi, M. (Eds.), *Biofuels and Industrial Products from *Jatropha curcas**. Dbv-Verlag, Graz, Austria".
15. Gandini, T.L; DespaL y Permana, I.G (2007). "Nutritional Porperties of Three Different Origins of Indonesian *Jatropha (*Jatropha curcas*)* Meal For Rumiant". Pp: 94-101.
16. Georges K, Jayaprakasam B, Dalavoy S, Nair M. (2008). "Pest-managing activities of plant extracts and anthraquinones from *Cassia nigricans* from Burkina Faso".
17. Goel, G; Makkar, H. P. S; Francis, G y Becker, K (2007). "Phorbol Esters: Structure, Biological Activity, and Toxicity in Animals".
18. Gubitz, G. M., Mittelbech, M., Trabi, M., (1999). "Exploitation of tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L". Pp: 67, 37-42, 73-82.
19. Hass, W y Mittelbach, M (2000). "Detoxification experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L.". Pp: 111-118.



20. Heller, J. (1996). "Physic nut; *Jatropha curcas* L. IPGRI IPK Italy Germany - International Plant Genetic Resources Institute"; Pp. 24-29.
21. Jaramillo, L., Martinez, A., Pichardo, C. (2011). "Producción de una Inmunotoxina usando curcina".
22. Jongschaap, R.; Corré, W.; Bindraban, P.; Brandenburg, W. (2007). "Claims and facts on *Jatropha curcas* L.: Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Plant Research International B.V.; Wageningen UR. Disponible en: [http://www.factfuels.org/media\\_en/Claims\\_and\\_Facts\\_on\\_Jatropha\\_-WUR](http://www.factfuels.org/media_en/Claims_and_Facts_on_Jatropha_-WUR)
23. Kovendan 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). Parasitol Res".
24. Kumar, A.; Sharma, S. (2006). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. Industrial crops and products"; Pp: 1-10.
25. Kusi, F; Boateng, B. (2008). "Toxicity of *Jatropha* Seed Oil to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its Parasitoid, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). University of Ghana, Legon, Accra, Ghana".
26. Lin Juan, Yang Fang, Tang Lin, Chen Fang (2003). Antitumor effects of curcin from seed of *Jatropha curcas* .; *Acta pharmacol Sin* 2003 Mar; 24 (3): 241-246.
27. Lock. Olga., (1994). "Métodos en el estudio de producción naturales".
28. Ludy C. Pabón, MSc. Patricia Hernández-Rodríguez (2012). "Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales Bogotá, Colombia".

29. Makkar, H. P. 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". Pp: 62, 207-215.
30. Makkar, H.P.S., Becker, K. (1997). "Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*". Pp: 45, 3152-3157.
31. Makkar, H.P.S y Becker, K (1998). "Potential of *Jatropha curcas* seed meal as a protein supplement to livestock feed, constraints to its utilisation and possible strategies to overcome constraints". Pp: 190-205.
32. Makkar, H.P.S., Martinez-Herrera, J., Becker, K., (2008). "Variations in seed number per fruit, seed physical parameters and contents of oil, protein and phorbol ester in toxic and non-toxic genotypes of *Jatropha curcas*. J.". Pp: 260–265.
33. Makkar, H.P.S., Martinez-Herrera, J., Becker, K., (2010). "Optimización de las Condiciones para la Extracción de Ester Forbol en el Aceite *Jatropha*".
34. Martínez, J. (2006). "Caracterización Genético, Nutricional y No nutricional de *Jatropha curcas* L. de México, Instituto Politécnico Nacional".
35. Niels, A. (2010), "Aceite vegetal no modificado como combustible para automoción. Aceite vegetal puro". Disponible en [http://avp-sergio.blogspot.com/2010\\_01\\_01\\_archive.html](http://avp-sergio.blogspot.com/2010_01_01_archive.html)
36. Nzikou, J.; Matos, L.; Mbemba, F.; Ndangui, C.; Pambou-Tobi, N.; Kimbonguila, A.; Silou, T.; Linder, M.; Desobry S. (2009). "Characteristics and Composition of *Jatropha curcas* Oils, Variety Congo-Brazzaville. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology"; Pp: 154-159.

37. Ocampo, J. (2010). "Eco-toxicidad y consumo energético de la producción de bioplaguicidas de *Jatropha curcas*", Zamorano-Honduras.
38. Osuna, E. (2005). "Uso del Neem para la elaboración Artesanal de Bioplaguicidas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santos, SAGARPA.
39. Palomino y Calderón (2008). "Fitoquímica del Aceite Esencial de *Psidium Caudatum Mcvaugh*".
40. Pérez, William A., (2011). "Detoxificación de torta de *Jatropha curcas* para su utilización como suplemento alimenticio".
41. Puente, D. (2009). "Biotechnologizing *Jatropha* for local sustainable development".
42. Putten, E.; Franken Y.; Jongh J. (2009). The *Jatropha* handbook Primera edición. Holanda. Disponible en: [http://www.snvworld.org/en/Documents/FACT\\_Foundation\\_Jatropha\\_Handbook\\_2010.pdf](http://www.snvworld.org/en/Documents/FACT_Foundation_Jatropha_Handbook_2010.pdf)
43. Rakshit, K. D., Darukeshwara, J., Rathine, K., Narasimhamurthy, K., Saibaba, P., Bhagyasindhu, S. (2008). "Toxicity studies of developed *Jatropha* meal (*J. curcas*) in rats". Pp: 46, 3621-3625.
44. Saetae D, Worapot S. (2010). Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* seed cake. *J Microbiol Biotechnol*". Pp: 319-24.
45. Schmook, B.; Sanchez, S. (2005). "Uso y potencial de la *Jatropha curcas* L. en la Península de Yucatán – México".
46. Schultes, R.E y Raffauf, R.F (1990). "The Healing Forest: Medicinal and Toxic Plants of the Northwest Amazonia". Pp: 484.
47. Sherchan, D. P., Thapa, Y. B., Khadka, R. J., Tiwari, T. P. (1989). "Effect of green manure on rice production. PAC Occasional Paper-2, Dhankuta, Koshi Zone, Nepal". Pp: 12.

48. Staubmann, R., Foidl, G., Foidl, N., Gubitz, G.M., Lafferty, R.M., Arbizu, V.M., Steiner, W. (1997). "Biogas production from *Jatropha Curcas* press cake". Pp: 63, 457–467.
49. Stirpe, F., Pession-Brizzi, A., Lorenzoni, E., Strochi, P., Montanaro, L. and Sperti, S. (1976). "Studies on the proteins from the seed of *Croton tiglium* and *Jatropha curcas*, Biochemistryjournal" Pp: 156, 1-6.
50. Torres, C. (2007). "Ficha técnica de la *Jatropha curcas*. Cultivos energéticos SRL y Cooperativa el Rosario. Argentina. En: [www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas\\_FichaTecnica.pdf](http://www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_FichaTecnica.pdf).
51. Trabi, M; Ggbitz, G.M; Steiner, W Y Foidl, N (1997). Toxicity of *Jatropha curcas* Seeds". Pp: 173-178.
52. Varma, A., Singh, U.B. (1977). "Techniques of removing saponins from *Mahua* (*Bassia longifolia*) seed cake and its suitability as animal feed". Pp: 35,520-521.

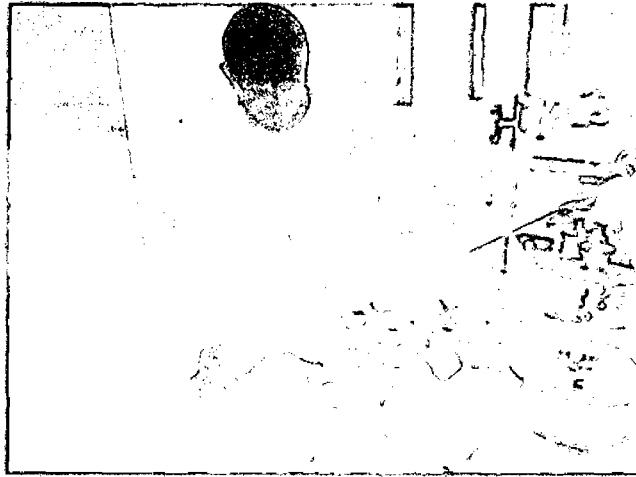
## VIII. ANEXOS



**Anexo N° 01: Torta Semisólida de Piñón Blanco.**



**Anexo N° 02: Extracto de la Torta de Piñón Blanco.**



**Anexo N° 03: Preparando la muestra.**



**Anexo N° 04: Aplicando los extractos.**

