

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE EXTRACTOS BOTÁNICOS OBTENIDOS  
DE DIFERENTES ÓRGANOS DE DOS ACCESIONES DE *JATROPHA CURCAS*  
(EUPHORBIACEAE) PARA EL CONTROL DE *TRIALEURODES*  
*VAPORARIORUM* W.(HEM.: ALEYRODIDAE)

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de  
Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales para el grado y título de  
Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en  
Protección de Cultivos

PEDRO FERNANDO SILVA ILLESCAS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

## **DEDICATORIA**

A la vida, siempre entregada al cumplimiento de mis sueños.

Al porvenir, que en su natural incertidumbre depara las vivencias que forjarán mi ser.

A aquellos que hoy no están más y a aquellos que vendrán, cuya huella es responsable de mi permanente renacer.

A Luna, por años de momentos invaluable e inolvidables. Ahora guías mis pasos y los cuidas en el sendero de la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ofrezco mis más sinceros agradecimientos a:

Dios Padre omnipotente por darme la vida y permitirme ser quien soy.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD por sus siglas en alemán) por el financiamiento de mis estudios.

A la UNAN-León por otorgarme el permiso institucional.

Al Ph.D. Julio Arias Reveron por su apoyo durante todos mis estudios de maestría y desarrollo de mi investigación.

A los miembros del comité Ph.D. Franklin Herrera y Ph.D. Renato Murillo por sus aportes a la investigación.

A la dirección del Centro de Investigación en Protección de Cultivos de la Universidad de Costa Rica por facilitar sus instalaciones para llevar a cabo los ensayos.

Al ingeniero Guillermo Vargas por proporcionar el material vegetal de *Jatropha curcas*.

A todos mis maestros que aportaron para mi desarrollo profesional y personal, especialmente a los Ph.D. Javier Monge y Danny Humphrey Pereira.

A mis compañeros: Rafael Valladares quien brindó las plantas de *S. lycopersicum* inoculadas con mosca blanca; Silvia Elena Marín por su apoyo para el establecimiento del pie de cría de mosca blanca; Pablo Zambrano, Léster Núñez,

Jacqueline Abarca, Catalina Ruiz y Yanely Canales por su apoyo durante el desarrollo de la investigación

A mi madre Damaris Jeaneth Illescas Martínez y a mi hermano Andrés Silva Illescas por estar siempre para mí con su incondicional apoyo.

A Bianca Gabriela Cuarezma Zapata por su compañía y constantes ánimos durante todo el proceso de mis estudios de maestría.

A todas mis amistades por otorgarme su apoyo y alentarme a continuar a pesar de las adversidades.

“Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en protección de cultivos”

---

Dr. Manuel Solís Vargas  
**Representante del Decano  
Sistema de Estudios de Posgrado**

---

Dr. Julio Arias Reverón  
**Profesor Guía**

---

Dra. Mónica Blanco Meneses  
**Lectora**

---

Dr. Franklin Herrera Murillo  
**Lector**

---

Dra. Catalina Salas Durán  
**Directora del Programa de Posgrado en  
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales**

---

Pedro Fernando Silva Illescas  
**Sustentante**

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
HOJA DE APROBACIÓN.....	v
TABLA DE CONTENIDOS .....	vi
RESUMEN .....	viii
LISTA DE CUADRO .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. OBJETIVOS .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
3.1. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> . .....	5
3.2. Extractos botánicos .....	5
3.3. <i>Jatropha curcas</i> .....	6
3.3.1. Taxonomía .....	6
3.3.2. Descripción botánica.....	6
3.3.3. Usos de <i>Jatropha curcas</i> .....	8
3.3.4. Compuestos químicos de <i>Jatropha curcas</i> .....	8
3.3.5. Propiedades insecticidas de <i>J. curcas</i> .....	11
3.4. Evaluación de insecticidas .....	13
3.4.1. Metodología para preparar extractos acuosos .....	14
3.4.2. Metodología de extracción con solventes orgánicos.....	14
3.4.3. Metodologías para evaluación de bioensayos en mosca blanca .....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
4.1. Descripción del sitio de estudio .....	19
4.2. Definición de los tratamientos.....	19
4.3. Diseño experimental.....	20
4.4. Metodología de extracción .....	21
4.5. Establecimiento de la cría masiva de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> .....	21
4.6. Establecimiento del ensayo.....	21
4.7. Variables evaluadas .....	22

4.8. Evaluación de fitotoxicidad .....	23
4.9. Análisis de los datos .....	23
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN.....	35
VII. RECOMENDACIONES .....	41
VIII. BLIOGRAFÍA.....	43
IX. ANEXOS .....	55

## RESUMEN

La mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* Westwood 1856 (Hemiptera: Aleyrodidae) es considerada una de las principales plagas asociadas a cultivos hortícolas y ornamentales sobre todo en ambientes protegidos. Para realizar un manejo adecuado de esta plaga, deben integrarse diferentes métodos y técnicas incluyendo el uso de extractos botánicos. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia, Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) y Tiempo Letal Medio (TL<sub>50</sub>) de extractos botánicos acuosos de hojas, tallos y semillas de dos accesiones de tempate (*Jatropha curcas* L.) en concentraciones de 50, 100, 150 y 200 g/L sobre *T. vaporariorum* en condiciones de laboratorio. Los menores valores de CL<sub>50</sub> (1,52 g/L), TL<sub>50</sub> (61,01 horas) y los mayores valores de eficacia (mayor a 65%) se obtuvieron con los extractos de hoja, pero únicamente en el TL<sub>50</sub> hubo diferencias significativas. El factor concentración fue el más importante en la estimación de la eficacia según el valor del criterio de información de Akaike (AIC) y se estimó que la eficacia incrementó en 0,15% por cada unidad de concentración. Ninguno de los extractos evaluados mostró efectos de fitotoxicidad sobre plantas de *Solanum melongena*. Los extractos de hojas representan una promisoriosa alternativa para el combate de *T. vaporariorum*, sin embargo, es necesario determinar los compuestos insecticidas presentes en estas para comprender mejor su eficacia.

## ABSTRACT

*Trialeurodes vaporariorum* is considered as a main pest of ornamental and horticultural crops, especially under protected environment. In order to perform a proper management of this pest, different kind of techniques and methods such as the implementation of botanical extracts must be integrated. The objective of this study was to evaluate the efficacy, median lethal concentration ( $LC_{50}$ ) and median lethal time ( $LT_{50}$ ) of botanical extracts made of leaves, stems and seeds of two accessions of *Jatropha curcas* L. at concentrations of 50, 100, 150 and 200 g/L on *T. vaporariorum*, under laboratory conditions. The lower values of  $LC_{50}$  (1.52 g/L),  $LT_{50}$  (61.01 hours) and the greater values of efficacy (greater than 65%) were achieved with the leaves extracts, however only the  $LT_{50}$  values showed significant differences. Concentration was the most important factor in the calculation of efficacy according to the Akaike information criteria (AIC), it was estimated that the efficacy increased by 0.15% for each unit of concentration. None of the extracts showed phytotoxicity on *Solanum melongena* plants. The leaf extracts are a promissory choice for the control of *T. vaporariorum*; nevertheless, it is needed to determine the insecticide compounds of *Jatropha*'s leaves in order to understand their efficacy

## LISTA DE CUADRO

Cuadro 1. Compuestos fitoquímicos aislados de <i>Jatropha curcas</i> .....	9
Cuadro 2. Concentrado de semilla, corteza, cáscara de semilla, hojas y raíz, extraídos con varios solventes .....	16
Cuadro 3. Tratamientos a evaluar .....	19
Cuadro 4. Concentración Letal Media (CL <sub>50</sub> ) de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de <i>Jatropha curcas</i> en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> San José, Costa Rica, 2020.....	25
Cuadro 5. Comparación de la Concentración Letal Media (CL <sub>50</sub> ) entre extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de <i>Jatropha curcas</i> en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> a una confiabilidad del 95% mediante la función “ratio_test” del paquete “ecotox”, San José, Costa Rica, 2020. ....	26
Cuadro 6. Tiempo Letal Medio (TL <sub>50</sub> ) de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de <i>Jatropha curcas</i> en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> , San José, Costa Rica, 2020. ....	28
Cuadro 7. Tiempo Letal Medio (TL <sub>50</sub> ) de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de <i>Jatropha curcas</i> en concentraciones de 50 g/L, 100 g/L, 150 g/L y 200 g/L en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> , San José, Costa Rica, 2020. ....	29
Cuadro 8. Comparación del Tiempo Letal Medio (TL <sub>50</sub> ) entre extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de <i>Jatropha curcas</i> en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> a una confiabilidad del 95% mediante la función “ratio_test” del paquete “ecotox”, San José, Costa Rica, 2020. ....	29
Cuadro 9. Resumen del Modelo Lineal Generalizado (Estimado, Error Estándar, Estadístico Z, Valor de P e Intervalos de Confianza Inferior (ICI) y Superior (ICS)) para la eficacia de extractos acuosos de <i>Jatropha curcas</i> en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> , según accesión, bloque, concentración y órgano a una confiabilidad del 95%, San José, Costa Rica, 2020. ....	32
Cuadro 10. Determinación del mejor modelo de eficacia según Criterio de Información de Akaike (AICc) y Peso de Akaike, evaluando los factores accesión, bloque, concentración y órgano, San José, Costa Rica, 2020. ....	33

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de tratamientos dentro del laboratorio y momentos de establecimiento .....	20
Figura 2. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> . (a) adultos. (b) ninfa sana. (c) ninfa muerta .....	22
Figura 3. Eficacia de extractos (Probabilidad de muerte de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> tratados con extractos acuosos de <i>Jatropha curcas</i> ) según concentración: (a) hoja. (b) tallo. (c) semilla. Las áreas sombreadas en gris representan el error estándar .....	27
Figura 4. Eficacia de extractos (probabilidad de muerte de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> tratados con extractos acuosos de <i>Jatropha curcas</i> ) según horas después de la aplicación: (a) hoja. (b) tallo. (c) semilla. Las áreas sombreadas en gris representan el error estándar. ....	30
Figura 5. Porcentaje de eficacia de extractos de hoja, tallo y semilla de dos accesiones de <i>Jatropha curcas</i> en el combate de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> . (a) Eficacia de extractos según el órgano implementado. (b) Eficacia de extractos según la accesión utilizada. Las barras dentro de las figuras representan el error estándar .....	31
Figura 6. Efecto de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de dos accesiones de <i>Jatropha curcas</i> sobre <i>Solanum melongena</i> en cuatro concentraciones (g/L). (a) 50. (b) 100 (c) 150 (d) 200. El orden de los extractos de derecha a izquierda son: semilla (JCCR31), semilla (JCCR23), hoja (JCCR31), hoja (JCCR23), tallo (JCCR31), tallo (JCCR23) y control .....	34



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Pedro Bernardo Silva Ulleras, con cédula de identidad CO2348014, en mi condición de autor del TFG titulado Evaluación de la eficiencia de extractos botánicos obtenidos de diferentes órganos de dos especies de *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) para el control de *Enicospilus repentinus* (Hem. Aleocharidae).

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## I. INTRODUCCIÓN

Las moscas blancas son insectos polívoros considerados como unas de las principales plagas en zonas tropicales y subtropicales (Cock, 1986). Oliveira *et al.* (2001) reportan que más de 600 especies vegetales a nivel mundial son afectadas por especies de mosca blanca. Hilje y Morales (2008) mencionan que 35 cultivos pertenecientes a 14 familias son afectados por estos insectos en América Latina, siendo *Bemisia tabaci* Gennadius Y *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hem.: Aleyrodidae) las especies con mayor distribución y que más daños causan en la región.

*Trialeurodes vaporariorum* es un insecto plaga en ambientes protegidos (Gorman *et al.*, 2007), que afecta a los cultivos mediante alimentación directa y por favorecer el desarrollo de una capa de color negro compuesta por hifas de hongos agrupadas en la superficie de hojas denominadas fumaginas (Piepenbring, 2015). Sin embargo, el principal problema asociado a este insecto es la transmisión de virus a cultivos hortícolas y ornamentales, como el Closteroviridae, Beet Yellow Stunt Virus (BYSV), y los virus Tomato Infectious Chlorosis Virus (TICV) y Tomato Chlorosis Virus (ToCV) (Criniviridae) (Wisler *et al.*, 1998; Jones, 2003; Anderson & Morales, 2005). Debido al valor económico de los cultivos afectados por *T. vaporariorum*, se deben desarrollar programas de manejo integrado para esta especie (Hilje, 2001).

Hilje *et al.* (2001) mencionan que el manejo integrado de mosca blanca requiere la implementación de: variedades resistentes, control biológico, control químico y uso de prácticas culturales. Dentro de estas alternativas de manejo, se han evaluado extractos botánicos elaborados con plantas como: *Canavalia ensiformis* L.,

*Tephrosia vogelii* H. (Fabaceae) y *Tithonia diversifolia* H. (Aguilar *et al.*, 2003); *Montanoa hibiscifolia* B. (Asteraceae) (Bagnarello *et al.*, 2009); *Gliricidia sepium* J. (Fabaceae) (Flores *et al.*, 2008); *Azadirachta indica* A. (Meliaceae) (Diabaté *et al.*, 2014; Navarrete *et al.*, 2016) y *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) (Diabaté *et al.*, 2014; Escobar, 2015).

*Jatropha curcas* ha sido estudiada para la producción de extractos que controlan a la mosca blanca debido a la presencia de compuestos conocidos como antinutrientes, los cuales inhiben rutas metabólicas durante la digestión (Novak & Haslberger, 2000). Entre estos antinutrientes destacan los ésteres de forbol, compuestos presentes en todos los órganos de *J. curcas*, y a los que se atribuyen las principales propiedades insecticidas de *Jatropha* y otras plantas pertenecientes a la familia Euphorbiaceae (Makkar *et al.*, 2012; Pabón & Hernández-Rodríguez, 2012).

Para evaluar extractos botánicos sobre el control de *T. vaporariorum* se requiere de parámetros como la concentración experimental de una sustancia estudiada que produciría la mortalidad del 50% de un grupo de organismos bajo condiciones específicas (Concentración Letal Media) (United States Environmental Protection Agency, 2012) o el Tiempo Letal Medio, el cual se define como el tiempo requerido para obtener la muerte de la mitad de la población de organismos expuestos a una determinada de sustancia (Al-Badran *et al.*, 2018).

Se ha evaluado el efecto de extractos del género *Jatropha* en plagas de importancia agrícola, alcanzando una mortalidad entre 50% y 100% en condiciones de

laboratorio. Eziah (1999) registró mortalidad en el 50% de las poblaciones de *Selepa docilis* B. (Lep.: Nolidae), *Aphis gossypii* G. (Hem.: Aphididae) y *Urentius hystericellus* R. (Hem.: Tingidae). Bullangpoti *et al.* (2012), obtuvieron el 50% de mortalidad en *Spodoptera frugiperda* S. (Lep.: Noctuidae) en sus evaluaciones. Mientras que Ingle *et al.* (2017b) observaron el 100% de mortalidad en estudios efectuados con *Plutella xylostella* L. (Lep.: Plutellidea). Por otra parte, Diabaté *et al.* (2014) reportaron una reducción de hasta el 50% en poblaciones de *Bemisia tabaci* en tomate establecido en campo cuando se les comparó con las parcelas sin aplicación.

A pesar de que los extractos a base de *J. curcas* han mostrado ser eficaces en el control de diferentes insectos, la variedad de los resultados obtenidos a partir del uso de distintos órganos de la planta muestra la necesidad de ensayos que determinen el más eficaz en el control de una especie. Por esta razón, en este estudio se evaluaron cinco concentraciones de extractos acuosos elaborados con semillas, hojas y tallos de dos accesiones de *J. curcas*, para determinar cuál órgano es el más adecuado en la producción de extractos botánicos para el combate de *T. vaporariorum*.

## **I. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de extractos botánicos obtenidos a partir de hojas, semillas y tallos provenientes de dos accesiones de *Jatropha curcas* para el control de *T. vaporariorum*,

### **2.2. Objetivos específicos**

Determinar la CL<sub>50</sub> de extractos botánicos obtenidos mediante extracción acuosa a partir de hojas, semillas y tallos de *J.* para el control de *T. vaporariorum*.

Comparar la eficacia de extractos botánicos producidos con diferentes órganos de dos accesiones de *J. curcas* en el control de *T. vaporariorum*.

Determinar el TL<sub>50</sub> de extractos botánicos obtenidos mediante extracción acuosa a partir de hojas, semillas y tallos de *J. curcas* para el control de *T. vaporariorum*.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1. *Trialeurodes vaporariorum*.

Según Capinera (2008), *T. vaporariorum* se encuentra ampliamente distribuido por el mundo, habitando América, Europa, Asia central, India, África y Oceanía. Hilje y Morales (2008) mencionan que *T. vaporariorum*, ocasionan severos daños en altitudes mayores a 1000 msnm, afectando principalmente a especies de las familias Solanaceae, Fabaceae y Cucurbitaceae.

El periodo de tiempo requerido desde huevo hasta la etapa adulta de *T. vaporariorum* oscila entre 22-30 días en dependencia de la temperatura. Las hembras usualmente depositan los huevos en el envés de las hojas en grupo de 15 formando un círculo de aproximadamente 1,5 mm de diámetro. En dependencia de la fuente de alimentación, el total de huevos depositado varía entre 175-200, alcanzando hasta 500 huevos en plantas de *Solanum melongena* L. (Solanaceae). Las ninfas que emergen de los huevos se desarrollan por cuatro instares ninfales, de los cuales los tres primeros son similares, mientras que el cuarto instar, comúnmente conocido como “pupa”, difiere en apariencia y sirve para la identificación de especies de moscas blancas (Capinera, 2008).

### 3.2. Extractos botánicos

Los extractos botánicos son productos de origen vegetal que contienen cientos e incluso miles de constituyentes de variada abundancia. A menudo se cree que el efecto biológico de los extractos puede ser explicado por la presencia de algunos compuestos. Sin embargo, se conoce que la acción de los extractos está

determinada por la acción conjunta de la mezcla de todos los compuestos que contiene (Caesar & Cech, 2019).

El efecto biológico de los extractos botánicos sobre los insectos puede clasificarse como repelencia o fagodisuasión. Hilje (2005) menciona que los repelentes son sustancias aleloquímicas que, al ser detectadas por el insecto, provoca reacciones de alejamiento, disminuyendo así las interacciones con la planta. Por otra parte, las sustancias fagodisuasivas son aquellas que inhiben alguna actividad como la alimentación u oviposición de los insectos una vez que estos interactúan con la planta.

### **3.3. *Jatropha curcas***

#### **3.3.1. Taxonomía**

*Jatropha curcas*, conocida como tempate o piñón, es una planta oleaginosa perteneciente a la familia botánica Euphorbiaceae (Heller, 1996). De acuerdo a lo reportado por González *et al.* (2011), *J. curcas* es originaria del sur de México y América Central, de donde fue distribuida hacia Asia y África por los portugueses.

#### **3.3.2. Descripción botánica**

De acuerdo a Van der Putten *et al.* (2010), *J. curcas* es un arbusto que puede crecer hasta seis metros de altura. Posee hojas verdes con longitud entre 6-15 cm con 5 a 7 lóbulos, las cuales puede abortar en condiciones de estrés (Heller, 1996). La arquitectura de esta planta es muy variada, presentando desde ninguna o muy pocas ramas hasta ser una planta cuya estructura esté compuesta por muchas

ramas, para lo cual se acostumbra realizar podas e inducir la formación de ramas (Valdés & Péres-Vásquez, 2014).

El sistema radicular normal de *J. curcas* es bien desarrollado y está dividido en cinco partes, una principal y cuatro laterales. Puede crecer horizontal y verticalmente profundizando en el suelo (Van der Putten *et al.*, 2010; González *et al.*, 2011).

La planta es monoica debido a que presenta tanto flores masculinas como femeninas, aunque en ocasiones se pueden presentar flores hermafroditas (Heller, 1996). Las flores son pubescentes, terminales y axiales, con una longitud de 6-8 mm y color amarillo verdusco. De la inflorescencia pueden desarrollarse entre 5-20 frutos (Van der Putten *et al.*, 2010; González *et al.*, 2011).

Van der Putten *et al.* (2010) y González *et al.* (2011) describen el fruto como una cápsula dehiscente ovoide de aproximadamente 4 cm de longitud, color verde que se torna café oscuro o negro al secarse. Esta requiere de 90 días para desarrollarse desde la floración hasta la maduración de las semillas (cuando el fruto está de color amarillo). Según Heller (1996), las semillas son de color negro y tienen una longitud y diámetro de 2 cm y 1 cm respectivamente. Normalmente se encuentran tres semillas por cápsula, pero pueden encontrarse hasta cinco semillas con un promedio de 1333 semillas/kg. De la semilla se extrae un aceite que dependiendo de la variedad puede ser tóxico, y el cual puede ser utilizado en la producción de biocombustibles.

### **3.3.3. Usos de *Jatropha curcas***

Oskoueian *et al.* (2011) mencionan que entre los múltiples usos de *J. curcas* se encuentran: aprovechamiento de compuestos antimicrobianos, antiinflamatorios, anticancerígenos, antioxidantes e insecticidas. Incluso, el subproducto de la extracción de biocombustible conocido como “torta”, puede ser utilizado en la alimentación de ganado después de efectuar un proceso de detoxificación o usando variedades no tóxicas (Abdalla, 2008; Jiménez, 2013 y Jarma *et al.*, 2014).

### **3.3.4. Compuestos químicos de *Jatropha curcas***

En el Cuadro 1 se muestra el resumen de los compuestos fitoquímicos que se han aislado a partir de *J. curcas*, así como, la actividad biológica asociada a éstos y los órganos a partir de los cuales han sido extraídos (Kozhiparambil *et al.*, 1979; Kong *et al.*, 1996; Staubmann *et al.*, 1999; Can-Aké *et al.*, 2004; Wei *et al.*, 2005; Moiteiro *et al.*, 2006; Cárdenas-Hernández *et al.*, 2011; Chianese *et al.*, 2011; Viswanathan *et al.*, 2012; Abdelgadir & Van Staden, 2013; Liu *et al.*, 2013; Altei *et al.*, 2014; Yang & Lin., 2017; de Carvalho *et al.*, 2018 y Bossou *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Compuestos fitoquímicos aislados de *Jatropha curcas*

No	Origen	Clase de compuesto, nombre y derivados	Actividad biológica
1	Aceite	Jatropha factor C1	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
2	Aceite	Jatropha factor C2	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
3	Aceite	Jatropha factor C3	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
4	Aceite	Jatropha factor C4	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
5	Aceite	Jatropha factor C5	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
6	Aceite	Jatropha factor C6	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
7	Hojas	Heudolotione	Citotoxicidad
8	Hojas	Friedelin	NA
9	Hojas	Taraxasterol	Antimicrobial, antitumoral, molusquicida, insecticida y citotoxicidad
10	Hojas	Pyrrolidine (5-Hydroxypyrrolidin-2-one)	Anticancerígeno
11	Hojas	Pyrimidine-2,4-dione	Anticancerígeno
12	Hojas	Flavonoid glycoside I	Anticancerígeno
13	Hojas	Flavonoid glycoside II	Anticancerígeno
14	Hojas	Tomentin	Anticancerígeno
15	Hojas	2,3,7-Trimethoxy-8-O-β-D-glucoside ellagic acid	Anticancerígeno
16	Hojas	Scopaletin	Anticancerígeno
17	Hojas y Ramas	Betaine aldehyde dehydrogenase	Resistencia a sequía
18	Látex	(Z)-3-O-Coumaroyloleanolic	Citotoxicidad
19	Látex	Curcain	Recuperación de lesiones
20	Látex	Jatrophidin	Fungicida
21	Látex	Curcacycline A	Actividad antimalárica, proliferación celular e inhibidor del complemento humano
22	Látex	Curcacycline B	Actividad antimalárica, proliferación celular e inhibidor del complemento humano
23	Raíz	Jatrophol	Citotoxicidad
24	Raíz	Jatropholones A	Antiplasmoidal, gastroprotectivo
25	Raíz	Jatropholones B	Citotoxicidad y molusquicida
26	Raíz	Riolozatrione	NA
27	Raíz	acetoxylatropholone 1.2 Rhamnfolane diterpenes	Citotoxicidad
28	Raíz	Caniojane 1.3 Lathyrane diterpenes	Antiplasmoidal y citotoxicidad
29	Raíz	Jatrogrossidione	Leshmanicida y tripanocida

30	Raíz	Curculathyranes A	NA
31	Raíz	Curculathyranes B	NA
32	Raíz	15-O-Acetyl-15-epi-(4E)-jatrogrossidentadione	NA
33	Raíz	(14E)-14-O-acetyl-5,6-epijatrogrossidentadione	NA
34	Raíz	(4E)-15-epijatrogrossidentadione	NA
35	Raíz	Epijatrogrossidentadione	NA
		1.4 Pimarane diterpenes	
36	Raíz	3 $\beta$ -Acetoxy-12-methoxy-13-m 8,11,13-trien-7one	NA
		3 $\beta$ ,12-Dihydroxy-13 methylpodoacrpene-	
37	Raíz	8,10,13triene 1.5 Dinorditerpenes	NA
38	Raíz	Curcusones A	Efecto anti-invasivo en células tumorales
39	Raíz	Curcusones B	Efecto anti-invasivo en células tumorales
40	Raíz	Curcusones C	Efecto anti-invasivo en células tumorales
41	Raíz	Curcusones D	Efecto anti-invasivo en células tumorales
42	Raíz	Curcusones E	Antiproliferativo
43	Raíz	Spirocurcasone 1.6 Deoxypreussomerins	Antiproliferativo
44	Raíz	Jatrophalactam	NA
45	Raíz	Jatrophalactone	Citotoxicidad
46	Raíz	Jatrophalone	Citotoxicidad
47	Raíz	Jatrophadiketone	Citotoxicidad
48	Raíz	Stigmasterol	Citotoxicidad
49	Raíz	Daucasterol	Citotoxicidad
50	Raíz	Imidazole (4-Butyl-2-chloro-5-formyl-1H-imidazole)	Anticancerígeno
51	Raíz	Nobiletin	Anticancerígeno
52	Raíz	3-Hydroxy-4-methoxybenzaldehyde	Antiinflamatorio
53	Raíz	3-Methoxy-4-hydroxybenzoate acid	Antiinflamatorio
54	Raíz	6-Methoxy-7-hydroxycoumarin	Anticancerígeno
55	Raíz	5-Hydroxy-6,7-dimethoxycoumarin	Anticancerígeno
56	Raíz	Marmesin	Anticancerígeno
57	Raíz	Propacin	Anticancerígeno
58	Raíz	Jatrophin	NA
59	Raíz	5 $\alpha$ -stigmasta-3,6-diene	NA
60	Raíz	4-Butyl-2-chloro-5-formly-1H-imidazole	NA
61	Raíz	Aquaporins	Resistencia a sequía
62	Ramas	Palmarumycin CP1	NA
63	Ramas	Palmarumycin JC1	Antibacterial
64	Ramas	Palmarumycin JC2	Antibacterial
65	Ramas	$\beta$ -Amyrin	Citotoxicidad
66	Ramas	$\beta$ -Sitosterol	Citotoxicidad

67	Semilla	12-Deoxy-16-hydroxyphorbol (DHPB)	Promotor de tumores
68	Semilla	16-Hydroxyphorbol	NA
69	Semilla	12-Deoxy-16-hydroxyphorbol	NA
70	Semilla	Esterases (JEA)	Hidrólisis de triglicéridos
71	Semilla	Esterases (JEB)	Hidrólisis de triglicéridos
72	Semilla	Lipase (JL)	Hidrólisis de triglicéridos
73	Semilla	Curcin	inmuno toxinas e inhibidores de síntesis de proteínas
74	Semilla	$\beta$ -glucanase	Fungicida
75	Semilla, torta	Diamide (curcamide)	Anticancerígeno
76	Semilla, torta	Caffeoylaldehyde	Antiinflamatorio
77	Semilla, torta	Syringaldehyde	Antiinflamatorio
78	Semilla, torta	Isoamericanin	Anticancerígeno
79	Semilla, torta	Isoprincepin	Anticancerígeno

---

NA= sin actividad

### 3.3.5. Propiedades insecticidas de *J. curcas*

Debido a las propiedades tóxicas presentadas por el género *Jatropha*, se han realizado investigaciones para evaluar su efecto insecticida en plagas de importancia agrícola. De esta forma, Eziah (1999) obtuvo la mortalidad del 50% en *Selepa docilis*, *Aphis gossypii* y *Urentius hystericellus* con extractos a base de aceite de semilla al 1,5, 2,2 y 3,6% respectivamente, mientras que con extractos acuosos obtuvo mortalidad de 50% en *A. gossypii* y *S. docilis* con concentraciones de 28,4 y 22,3% respectivamente. Según Bullangpoti *et al.* (2012), con extractos de hoja al 4% extraídos con etanol se obtuvo el 50% de mortalidad en *S. frugiperda*. En estudios con extractos a base de cáscara de semilla de *Jatropha* en *P. xylostella* se ha alcanzado el 100% de mortalidad con concentraciones de 5%, mientras que para *Helicoverpa armígera* H. (Lep.: Noctuidae) se obtuvo el 60% de mortalidad utilizando una concentración de 15% (Ingle *et al.*, 2017b). Diabaté *et al.* (2014) reportan que

extractos acuosos elaborados con semilla de *Jatropha* reducen las poblaciones de *B. tabaci* en tomate establecido en campo hasta un 50% en relación a tomate sin aplicaciones.

De acuerdo a Pabón y Hernández-Rodríguez (2012), la actividad insecticida presentada por *J. curcas* se debe a la presencia de factores antinutricionales como: saponinas, fitatos, inhibidores de tripsina, glucosinolatos, inhibidores de amilasa, glicósidos cianogénicos, curcina, curcaina y los ésteres de forbol. Estos últimos son señalados como los principales componentes implicados en la acción insecticida.

Los ésteres de forbol son compuestos naturales que se encuentran ampliamente distribuidos en plantas pertenecientes a las familias Euphorbiaceae y Thymelaeaceae (Makkar *et al.*, 2012). Son dipertenoides tetracíclicos que no son afectados por tratamiento térmico. Estos compuestos presentan actividad citotóxica y promotora de tumores cuando se encuentra en presencia de sustancias cancerígenas. A partir de *J. curcas* se han caracterizado seis ésteres de forbol denominados "Jatropha Factor C1-C6", cuya fórmula molecular es  $C_{44}H_{54}O_8Na$  (Devappa *et al.*, 2010a; Devappa *et al.*, 2010b; Makkar *et al.*, 2012).

Debido a la presencia de antinutrientes en todos los órganos de la planta, estos podrían ser utilizados en programas de Manejo Integrado de Plagas en reemplazo de insecticidas sintéticos, ya que son económicos, se descomponen rápidamente y tienen baja residualidad. Sin embargo, deben ser utilizados con las mismas precauciones que un insecticida sintético (Pabón & Hernández-Rodríguez, 2012).

### 3.4. Evaluación de insecticidas

Los ensayos realizados para evaluar productos insecticidas se enfocan en comparar la eficacia del producto en unidades experimentales en donde se aplica el insecticida, contra unidades experimentales testigo en donde no se aplica producto. La eficacia es medida comparando la mortalidad ocasionada a la población de insectos por el producto en relación a la mortalidad observada en el testigo (Andujar *et al.*, 1997). Abbott (1925) presentó la siguiente expresión matemática para el cálculo del porcentaje de eficacia de insecticidas:

$$PE = \left(1 - \frac{N_t}{N'_t}\right) * 100$$

Donde  $PE$  es el porcentaje de eficacia;  $N_t$  es la infestación de la plaga en la unidad de observación que se evalúa el insecticida a  $t$  días después de la aplicación; y  $N'_t$  es la infestación de la plaga en la unidad testigo a  $t$  días después de la aplicación.

La eficacia también es usualmente estimada mediante la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) y la dosis letal media ( $DL_{50}$ ). Estos parámetros son definidos respectivamente como la concentración experimental de una sustancia estudiada, derivada de pruebas en matrices, que produciría la mortalidad del 50% de un grupo de organismos prueba bajo condiciones específicas (United States Environmental Protection Agency, 2012); y la dosis experimental que producirá la mortalidad de la mitad de una población, lo cual, visto de otra forma, representa la medida de tolerancia de la población (Finney, 1952).

A pesar de que la eficacia es el parámetro más utilizado para evaluar productos plaguicidas, es necesario tomar en cuenta otros factores para su selección. Hilje

(2001) expone que, para utilizar un producto en un plan de manejo integrado de plagas, este debe ser eficaz, ambientalmente benigno y económicamente rentable. Por lo que es necesario, evaluar la eficiencia del insecticida en cuestión y se hace indispensable la evaluación del tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ), el cual se define como el tiempo requerido para la muerte de la mitad de la población de animales expuestos a una concentración determinada de insecticida (Al-Badran *et al.*, 2018)

#### **3.4.1. Metodología para preparar extractos acuosos**

La especie o estructura vegetal con la que se producirá el extracto se debe dejar secar bajo sol por siete días. Posteriormente, se pulveriza el material y se pesa una cantidad de gramos iguales a la concentración deseada, esta se mezcla con 100 ml de agua para obtener una concentración masa/volumen. Finalmente se bate la solución por dos horas y se deja reposar por 48 horas y el líquido resultante se usa en los bioensayos (Eziah, 1999).

#### **3.4.2. Metodología de extracción con solventes orgánicos**

La extracción Soxhlet se realiza con un Sistema de Extracción Universal. Se toman 10 gramos de polvo seco de la especie o estructura vegetal y se extrae con un solvente. El procedimiento se efectúa por 10 ciclos para cada extracto y la temperatura se debe ajustar justo por debajo del punto de ebullición del solvente. El secado de cada extracto se realiza a temperatura ambiente

Posteriormente se toman 10 mg de extracto y se mezcla con 1 mg de sulfóxido de dimetilo y se centrifuga para finalmente disolver con agua hasta obtener la concentración deseada.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados alcanzados por Ingle *et al* (2017b), utilizando la extracción Soxhlet para obtener concentrados a partir de semillas, corteza, cáscara de semilla, hojas y raíz utilizando cinco solventes orgánicos. El metanol fue el solvente que obtuvo los mejores porcentajes de concentrado en general.

Cuadro 2. Concentrado de semilla, corteza, cáscara de semilla, hojas y raíz, extraídos con varios solventes.

Órgano	Solvente	Porcentaje de concentrado extraído
Semilla	Metanol	20,8
	Metanol acuoso (75%)	18,1
	Acetona	13,5
	Acetato de etilo	14,4
	Hexano	18
Corteza	Metanol	11,1
	Metanol acuoso (75%)	13,4
	Acetona	11
	Acetato de etilo	6,5
	Hexano	7,2
Cáscara de semilla	Metanol	3,8
	Metanol acuoso (75%)	3,4
	Acetona	2,8
	Acetato de etilo	3
	Hexano	3,6
Hojas	Metanol	12,1
	Metanol acuoso (75%)	10,5
	Acetona	11
	Acetato de etilo	7,9
	Hexano	8,3
Raíz	Metanol	13,5
	Metanol acuoso (75%)	12,2
	Acetona	10,6
	Acetato de etilo	7,5
	Hexano	6,8

### 3.4.3. Metodologías para evaluación de bioensayos en mosca blanca

Hilje (2005) resalta la existencia de problemas metodológicos en investigaciones donde se efectúan bioensayos en mosca blanca. Los aspectos en donde se

encuentran más debilidades son: confusión en los resultados obtenidos, ya que no se sabe a ciencia cierta si se trata de acción repelente o de disuasión; no existe uniformidad en los protocolos seguidos por los investigadores, por lo que no se puede comparar los resultados obtenidos; las metodologías implementadas no parecen ser las adecuadas para concluir el tipo de respuesta del insecto.

Por lo anterior expuesto, se hace necesario estandarizar las metodologías utilizadas en bioensayos con mosca blanca para poder comparar resultados.

A continuación, se muestra un resumen de las experiencias de CATIE (Hilje, 2005)

#### **3.4.3.1. Fuente de mosca blanca**

Para la recolección de los adultos se debe utilizar una misma fuente, normalmente *Solanum lycopersicum* L. o *Solanum melongena* L. (Solanaceae). Se recomienda mantener un pie de cría permanente para poder obtener el número deseado de ninfas.

La captura de las colonias se debe de efectuar con un aspirador perturbándolos con anterioridad para evitar dañarlos, ya que si se colectan sin perturbarles se corre el riesgo de que se estén alimentando y sufran lesiones en el estilete lo que les causaría la muerte. Realizar estas operaciones preferiblemente antes de las 9:00 am para evitar que los insectos se estresen y puedan morir.

#### **3.4.3.2. Plantas y caja con manga**

Se deben utilizar plantas con una altura entre 15-20 cm y que tengan de 22 a 30 días de edad. Estas plantas deben ser producidas libres del efecto de mosca blanca

y con adecuado riego, fertilización y fitosanidad. Las plantas deben ser introducidas a la caja de manga luego de 30 minutos de la aplicación del extracto correspondiente. La caja de manga debe tener 30x30x45 cm para un volumen de 0,0405 m<sup>3</sup>. Estas cajas deben de tener paredes hechas con madera, malla fina y vidrio y se les debe colocar dos plantas en su interior, una asperjada con el extracto a evaluar y la otra con agua destilada como testigo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Descripción del sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Entomología del Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC) de la Universidad de Costa Rica, ubicado en el edificio de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias, sede Rodrigo Facio. El laboratorio presentó una temperatura promedio de 25,25°C con un rango comprendido entre 22°C y 30,30°C y una humedad de 63,59% con rangos entre 46% y 71%.

#### 4.2. Definición de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron extractos botánicos obtenidos de tres órganos de *J. curcas* (hojas, tallos y semillas) provenientes de dos accesiones (“JCCR23” y “JCCR31”) ubicadas en el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, con suelos de textura franco arcillosa y 6,4 de pH (Anexo 1). Cada extracto se evaluó en concentraciones de 0 g/L (testigo), 50 g/L, 100 g/L, 150 g/L y 200 g/L (Cuadro 3). Las repeticiones de los tratamientos se establecieron con una semana de diferencia permitiendo definir bloques como momentos de evaluación.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados

No	Extractos
T1	Extracto a base de semilla de accesión “JCCR31”
T2	Extracto a base de semilla de accesión “JCCR24”
T3	Extracto a base de hoja de accesión “JCCR31”
T4	Extracto a base de hoja de accesión “JCCR24”
T5	Extracto a base de tallo de accesión “JCCR31”
T6	Extracto a base de tallo de accesión “JCCR24”

Concentraciones evaluadas: 0 g/L, 50 g/L, 100 g/L, 150 g/L y 200 g/L.

### 4.3. Diseño experimental

El estudio se efectuó bajo un Diseño de Bloques Completos Aleatorios (DBCA) y constó de seis extractos. Cada extracto se evaluó en cinco concentraciones para un total de 30 tratamientos. Los tratamientos fueron bloqueados mediante el factor tiempo con cuatro momentos, para un total de 120 unidades experimentales (Figura 1). Las evaluaciones se realizaron con material vegetal de dos accesiones de *J. curcas*, la primera, con código "JCCR31" con menor contenido de ésteres de forbol (0,2286 mg/g) y la segunda accesión, con código "JCCR23" con mayor contenido de ésteres de forbol (0,5053 mg/g). La medición de ésteres de forbol de dichas accesiones se realizó mediante Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC) (Vega, 2018).

Momento 1	T3c3	T4c4	T1c5	T2c1	T5c5	T6c2
	T4c5	T5c3	T6c1	T1c2	T2c3	T3c4
	T1c4	T6c5	T4c3	T5c4	T3c1	T2c5
	T2c2	T1c1	T5c2	T3c5	T6c4	T4c1
	T5c1	T3c2	T2c4	T6c3	T4c2	T1c3
Momento 2	T3c3	T4c4	T1c5	T2c1	T5c5	T6c2
	T4c5	T5c3	T6c1	T1c2	T2c3	T3c4
	T1c4	T6c5	T4c3	T5c4	T3c1	T2c5
	T2c2	T1c1	T5c2	T3c5	T6c4	T4c1
	T5c1	T3c2	T2c4	T6c3	T4c2	T1c3
Momento 3	T3c3	T4c4	T1c5	T2c1	T5c5	T6c2
	T4c5	T5c3	T6c1	T1c2	T2c3	T3c4
	T1c4	T6c5	T4c3	T5c4	T3c1	T2c5
	T2c2	T1c1	T5c2	T3c5	T6c4	T4c1
	T5c1	T3c2	T2c4	T6c3	T4c2	T1c3
Momento 4	T3c3	T4c4	T1c5	T2c1	T5c5	T6c2
	T4c5	T5c3	T6c1	T1c2	T2c3	T3c4
	T1c4	T6c5	T4c3	T5c4	T3c1	T2c5
	T2c2	T1c1	T5c2	T3c5	T6c4	T4c1
	T5c1	T3c2	T2c4	T6c3	T4c2	T1c3

Figura 1. Croquis de tratamientos dentro del laboratorio y momentos de establecimiento.

#### **4.4. Metodología de extracción**

El material vegetal se recolectó en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica y se dejó secar bajo sombra; una vez seco se procedió a triturar el mismo. Posteriormente se pesó la cantidad de materia seca necesaria para cada concentración (50 g/L, 100 g/L, 150 g/L y 200 g/L) y se mezcló con 1000 ml de agua para obtener una solución masa/volumen, como describen Eziah (1999) y Alegre *et al.* (2017). Finalmente, la solución se mezcló por dos horas y se dejó reposar por 48 horas (Eziah, 1999), se filtró y guardó en envases de cristal color ámbar.

#### **4.5. Establecimiento de la cría masiva de *Trialeurodes vaporariorum***

La cría masiva de *T. vaporariorum* se estableció en un invernadero del CIPROC utilizando plantas de *S. melongena* introducidas en jaulas con manga de 1,18 m<sup>3</sup> de volumen que permitieron la extracción de especímenes del insecto, así como la transferencia de plantas dentro y fuera de la jaula. Los ejemplares de *T. vaporariorum* se recolectaron en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica utilizando 30 plantas de *S. lycopersicum* previamente inoculadas. Las plantas inoculadas con *T. vaporariorum* se colocaron en la jaula junto a las plantas de *S. melongena* para la reproducción del insecto.

#### **4.6. Establecimiento del ensayo**

Para evaluar el efecto de los extractos de *J. curcas* sobre *T. vaporariorum*, se implementó una adaptación a la metodología descrita por Liu y Stansly (1995), e Ibrahim y Mostafa (2018). Se colocaron plantas de *S. lycopersicum* libres de mosca blanca dentro de las jaulas de cría de *T. vaporariorum* por 24 horas, permitiendo a

los insectos depositar sus huevos en el follaje de las plantas. Transcurridas las 24 horas, se retiraron las plantas del pie de cría de los insectos y se permitió la eclosión de huevos y desarrollo de ninfas hasta el tercer instar ninfal (14 días) (Liu & Stansly, 1995). Se tomó un folíolo de la planta y se contabilizó la cantidad de ninfas en esta, posteriormente se aplicó el extracto correspondiente con un atomizador y se colocó el folíolo en un vial de 35 ml de agua para que la hoja se mantuviera turgente. A las 24, 48, 72 y 96 horas después de la aplicación de los extractos se evaluó la cantidad de ninfas muertas por folíolo, considerando muertas aquellas ninfas que estaban secas, presentaron color café o deformaciones (Hilje 1996) (Figura 2).



Figura 2. *Trialeurodes vaporariorum*. (a) adultos. (b) ninfa sana. (c) ninfa muerta

#### 4.7. Variables evaluadas

Se evaluó el número de ninfas muertas a las 24, 48, 72 y 96 horas después de la aplicación de los extractos para poder determinar el Tiempo Letal Medio ( $TL_{50}$ ) de estos. Con los datos de ninfas muertas a las 96 horas en cada concentración se estimaron la Concentración Letal Media ( $CL_{50}$ ) y posteriormente la eficacia de los extractos mediante la fórmula corregida de Abbott:

$$MC = \frac{MTr - MTe}{100 - MTe} * 100$$

Donde MC es el porcentaje de muerte corregida, MTr es el porcentaje de mortalidad por tratamiento y MTe es el porcentaje de mortalidad del testigo (Hilje 2001).

#### **4.8. Evaluación de fitotoxicidad**

Para determinar posibles efectos fitotóxicos (clorosis, marchitamiento, deformaciones, pérdida de turgencia) de los extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *J. curcas*, se aplicaron los extractos en plantas de *S. melongena* utilizando las mismas concentraciones evaluadas en los ensayos de CL<sub>50</sub>, TL<sub>50</sub> y eficacia (50, 100, 150 y 200 g/L). Se evaluaron tres plantas por cada tratamiento (24) y tres plantas testigos a las que se les aplicó agua para un total de 75 plantas.

#### **4.9. Análisis de los datos**

Para efectuar el análisis estadístico de los datos se construyó una base en el programa Microsoft Excel 2013 la cual se analizó en el programa R para Windows. Primeramente, se importó la base de datos en el programa R mediante la función “import” del paquete “rio” (Chan *et al.*, 2018). Posteriormente se generó un modelo lineal generalizado para la variable eficacia usando la función “glm” del paquete “stats” (R Core Team, 2020) y se estimó el valor del criterio de información de Akaike (AIC) y Peso de Akaike mediante la función “glmulti” del paquete con mismo nombre (Calcagno, 2020) para determinar los factores con mayor importancia en el modelo. Posteriormente se efectuó la evaluación de la CL<sub>50</sub> mediante la función “dose.p” del paquete “MASS” (Venables & Ripley, 2002) y TL<sub>50</sub> mediante la función “LT\_logit” del paquete “ecotox” (Hlina *et al.*, 2019). La comparación entre las CL<sub>50</sub> de cada órgano,

así como sus  $TL_{50}$  se realizó por medio de la función “ratio\_test” del paquete “ecotox” (Hlina *et al.*, 2019).

#### IV. RESULTADOS

##### Determinación de la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>)

La mortalidad del 50% de la población de *T. vaporariorum* se obtuvo con una concentración menor a 75 g/L de los extractos provenientes de los tres órganos evaluados. Los extractos botánicos de *J. curcas* elaborados con hojas presentaron el valor de CL<sub>50</sub> más bajo (1,52 g/L), mientras que los valores de tallo y semilla fueron de 42,98 g/L y 74,94 g/L respectivamente (Cuadro 4), sin embargo, las comparaciones realizadas entre las CL<sub>50</sub> de los extractos no mostraron diferencia significativa a un 95% de confiabilidad (Cuadro 5).

Cuadro 4. Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum*, San José, Costa Rica, 2020.

Órgano	CL <sub>50</sub> (g/L)	Error estándar
Hoja	1,52	9,12
Tallo	42,98	0,70
Semilla	74,94	0,28

Tamaño de la muestra por órgano (32)

Cuadro 5. Comparación de la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) entre extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialetrodes vaporariorum* a una confiabilidad del 95% mediante la función “ratio\_test” del paquete “ecotox”, San José, Costa Rica, 2020.

	Extractos Comparados	Error estándar	Valor P
CL <sub>50</sub> (g/L)	Hoja-Tallo	29,54	0,96
	Hoja-Semilla	29,54	0,95
	Tallo-Semilla	0,20	0,22

Valores de P menores a 0,05 presentan diferencia significativa.

La probabilidad de muerte promedio de *T. vaporariorum* con los extractos elaborados con hojas fue mayor al 60% en todas las concentraciones evaluadas, pero no se alcanzó el 70% en ninguna concentración. Por otra parte, los extractos de hojas presentaron los resultados más variables. Para los extractos elaborados con tallo la probabilidad de muerte resultó mayor a 50% en todas las concentraciones, mientras que para los extractos de semilla fue mayor a 40%. Tanto los extractos de tallo como los de semilla alcanzaron el 70 % en la concentración de 200 g/L (Figura 3).

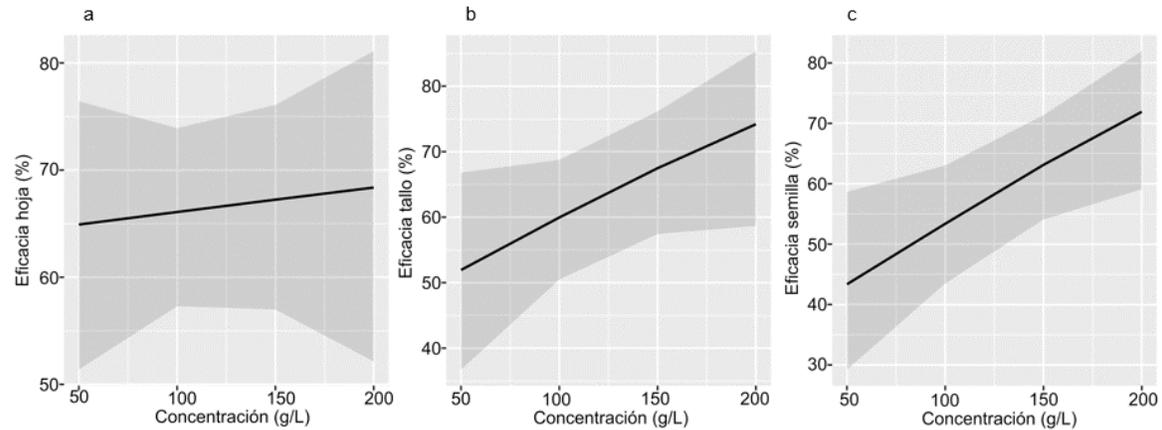


Figura 3. Eficacia de extractos (probabilidad de muerte de *Trialeurodes vaporariorum* tratados con extractos acuosos de *Jatropha curcas*) según concentración: (a) hoja. (b) tallo. (c) semilla. Las áreas sombreadas en gris representan el error estándar

#### Determinación del Tiempo Letal Medio (TL<sub>50</sub>)

El tiempo promedio en el que se presentó la muerte del 50% de la población de *T. vaporariorum*, después de la aplicación de los extractos, fue menor a 78 horas. El valor más bajo de TL<sub>50</sub> se obtuvo con los extractos de hoja, los cuales alcanzaron la mortalidad del 50% de *T. vaporariorum* a las 61,01 horas después de la aplicación. Los extractos de tallo requirieron de 69,48 horas para producir la muerte en el 50% de la población, mientras que los extractos de semilla necesitaron 77,53. Las semillas fueron el único órgano que requirió más de tres días para producir la muerte del 50% de la población (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tiempo Letal Medio (TL<sub>50</sub>) de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum*, San José, Costa Rica, 2020.

Órgano	TL <sub>50</sub> (horas)	Error estándar
Hoja	61,01	0,06
Tallo	69,48	0,07
Semilla	77,53	0,06

Tamaño de la muestra por órgano (32)

Se evidenció que el tiempo que se necesitó para ocasionar la muerte de la mitad de la población de *T. vaporariorum* disminuyó a medida que incrementó la concentración de los extractos; esto significa que el TL<sub>50</sub> de los extractos es inversamente proporcional a la concentración de los mismos. Los valores de TL<sub>50</sub> de los extractos acuosos de *J. curcas* variaron entre 45,63 horas con intervalos de confianza de 27,65 y 68,81 horas (extractos de hoja 200 g/L), hasta 113,91 horas con intervalos de confianza de 83,41 y 335,54 horas (extractos de semilla 50 g/L) (Cuadro 7). La comparación del TL<sub>50</sub> de los tres extractos a una confiabilidad del 95% muestra que se diferencian significativamente entre sí (Cuadro 8).

Cuadro 7. Tiempo Letal Medio (TL<sub>50</sub>) de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *Jatropha curcas* en concentraciones de 50 g/L, 100 g/L, 150 g/L y 200 g/L en el combate de *Trialeurodes vaporariorum*, San José, Costa Rica, 2020.

Órgano	Concentración (g/L)	TL <sub>50</sub>	L. Inferior	L. Superior
Hoja	50	72,69	56,28	109,59
	100	51,95	40,93	64,44
	150	69,38	53,78	100,73
	200	45,63	27,65	68,81
Tallo	50	76,83	54,60	151,42
	100	76,42	60,60	110,92
	150	69,29	54,82	96,36
	200	53,96	38,44	74,38
Semilla	50	113,91	83,41	334,54
	100	99,64	70,10	246,26
	150	72,22	61,62	88,42
	200	57,71	47,11	71,23

Cuadro 8. Comparación del Tiempo Letal Medio (TL<sub>50</sub>) entre extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum* a una confiabilidad del 95% mediante la función “ratio\_test” del paquete “ecotox”, San José, Costa Rica, 2020.

	Extractos Comparados	Error estándar	Valor P
TL <sub>50</sub> (horas)	Hoja-Tallo	0,02	0,02
	Hoja-Semilla	0,02	0,00
	Tallo-Semilla	0,02	0,04

Valores de P menores a 0,05 presentan diferencia significativa.

La probabilidad de muerte de *T. vaporariorum* según las horas después de aplicación de los extractos fluctuó entre valores menores al 20%, luego de una hora, hasta valores mayores al 60% pasadas las 90 horas de la aplicación para los

extractos de tallo y semilla. Los extractos elaborados con hojas presentaron una probabilidad de muerte mayor al 20% desde la primera hora posterior a la aplicación y se alcanzó una probabilidad mayor al 70% luego de 90 horas (Figura 4).

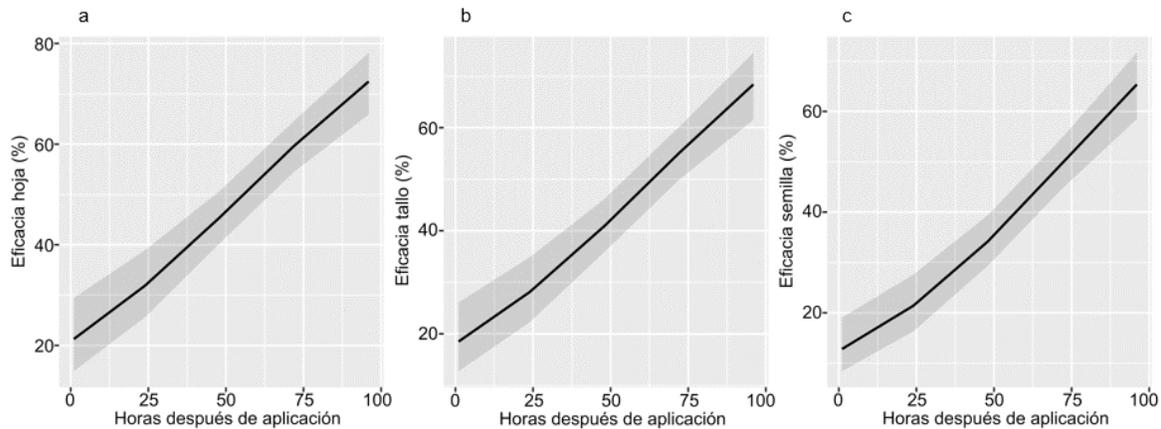


Figura 4. Eficacia de extractos (probabilidad de muerte de *Trialeurodes vaporariorum* tratados con extractos acuosos de *Jatropha curcas*) según horas después de la aplicación: (a) hoja. (b) tallo. (c) semilla. Las áreas sombreadas en gris representan el error estándar

### Evaluación de la eficacia

La concentración de los extractos botánicos de *J. curcas* fue el factor más importante en la mortalidad de *T. vaporariorum*. Los extractos elaborados con los tres órganos evaluados en el estudio produjeron mortalidad con una eficacia mayor al 60%, pero solamente los extractos con hojas sobrepasaron el 65% (Figura 5a). En cuanto a la eficacia de los extractos según la accesión utilizada, el mayor valor se obtuvo con la accesión “JCCR31”, la cual superó el 70%, mientras que los extractos obtenidos de la accesión “JCCR23” obtuvieron el 66% (Figura 5b).

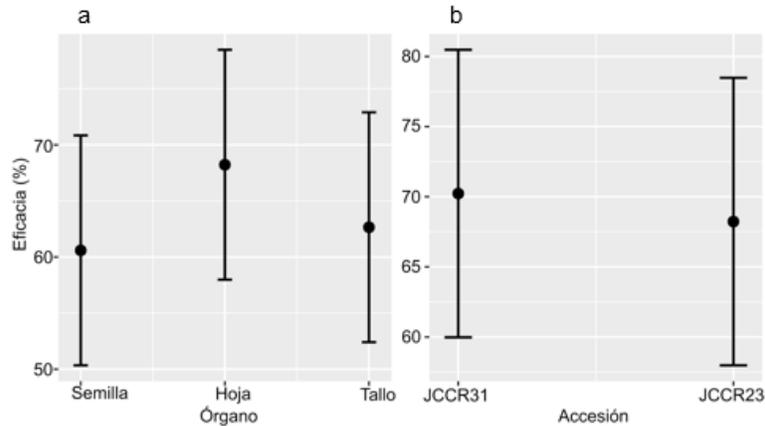


Figura 5. Porcentaje de eficacia de extractos de hoja, tallo y semilla de dos accesiones de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum*. (a) Eficacia de extractos según el órgano implementado. (b) Eficacia de extractos según la accesión utilizada. Las barras dentro de las figuras representan el error estándar

A pesar de que los extractos de hoja mostraron un valor de eficacia 5,57% mayor a los producidos con tallos y 7,64% mayor a los de semilla, no hubo una diferencia significativa entre los órganos a una confiabilidad del 95%. Lo mismo se presentó con los extractos según la accesión, ya que los de la accesión “JCCR31” mostraron valores en promedio 2,00% mayor que los de la accesión “JCCR23”, sin presentar diferencia estadística. Los resultados del factor bloque no mostraron significancia estadística, pero evidenciaron un ligero incremento en la eficacia de los extractos a medida que pasa el tiempo después de su elaboración.

Únicamente el factor concentración obtuvo un efecto significativo en la eficacia, mostrando un incremento de 0,15% por cada unidad de concentración con intervalos de confianza entre 0,06% y 0,24% (Cuadro 9). El efecto de la concentración como el factor de mayor importancia en la eficacia se evidencia al

poseer el menor valor del criterio de información de Akaike (AICc), así como el mayor valor de Peso de Akaike (Cuadro 10).

Cuadro 9. Resumen del Modelo Lineal Generalizado (Estimado, Error Estándar, Estadístico Z, Valor de P e Intervalos de Confianza Inferior (ICI) y Superior (ICS)) para la eficacia de extractos acuosos de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum*, según accesión, bloque, concentración y órgano a una confiabilidad del 95%, San José, Costa Rica, 2020.

	Estimado	Error Estándar	Estadístico	Valor P	ICI	ICS
(Intercept)	47,17	9,83	4,8	0,00	27,91	66,43
Concentración	0,15	0,05	3,23	0,00	0,06	0,24
ÓrganoSemilla	-7,64	6,40	-1,19	0,24	-20,19	4,91
ÓrganoTallo	-5,57	6,40	-0,87	0,39	-18,12	6,98
Accesión						
JCCR31	2,00	5,23	0,38	0,70	-8,25	12,24
Bloque	0,88	2,35	0,37	0,71	-3,73	5,48

En el modelo se excluyen las primeras variables de cada factor por orden alfabético (Hoja en Órgano y la accesión JCCR23) y se compara con las otras variables. Valores negativos significan que la variable tiene una menor eficacia promedio con respecto a la variable excluida, mientras que valores positivos representan un promedio mayor. Valores de P menores a 0,05 presentan diferencia significativa

Cuadro 10. Determinación del mejor modelo de eficacia según Criterio de Información de Akaike (AICc) y Peso de Akaike, evaluando los factores accesión, bloque, concentración y órgano, San José, Costa Rica, 2020.

Modelo	AICc	Peso
Eficacia ~ 1 + Concentración	897,98	0,43
Eficacia ~ 1 + Concentración + Accesión	900,00	0,16
Eficacia ~ 1 + Concentración + Bloque	900,01	0,15
Eficacia ~ 1 + Concentración + Órgano	900,79	0,10
Eficacia ~ 1 + Concentración + Accesión + Bloque	902,08	0,05
Eficacia ~ 1 + Concentración + Órgano + Accesión	902,91	0,04
Eficacia ~ 1 + Concentración + Órgano + Bloque	902,92	0,04
Eficacia ~ 1 + Concentración + Órgano + Accesión + Bloque	905,09	0,01
Eficacia ~ 1	906,07	0,01
Eficacia ~ 1 + Accesión	908,07	0,00
Eficacia ~ 1 + Bloque	908,07	0,00
Eficacia ~ 1 + Órgano	908,95	0,00
Eficacia ~ 1 + Accesión + Bloque	910,12	0,00
Eficacia ~ 1 + Órgano + Accesión	911,04	0,00
Eficacia ~ 1 + Órgano + Bloque	911,05	0,00
Eficacia ~ 1 + Órgano + Accesión + Bloque	913,19	0,00

Menores valores de AICc y mayor peso de Akaike determinan un mejor modelo

### Efecto Fitotóxico de los extractos

La evaluación de fitotoxicidad de los extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *J. curcas* mostró que la aplicación directa de los mismos sobre plantas de *S. melongena* no produjo síntomas de fitotoxicidad en los tejidos. Se evidenció que cero por ciento de las plantas tratadas con concentraciones de hasta 200 g/L presentó síntomas de daño en comparación con las plantas sin aplicar (Figura 6).



Figura 6. Efecto de extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de dos accesiones de *Jatropha curcas* sobre *Solanum melongena* en cuatro concentraciones (g/L). (a) 50. (b) 100 (c) 150 (d) 200. El orden de los extractos de derecha a izquierda son: semilla (JCCR31), semilla (JCCR23), hoja (JCCR31), hoja (JCCR23), tallo (JCCR31), tallo (JCCR23) y control

## V. DISCUSIÓN

Los extractos botánicos elaborados con *J. curcas* han mostrado una gran variabilidad en su eficacia para combatir distintas especies insectiles según el órgano de la planta utilizado en su elaboración, es por ello que se necesita evaluar cuál órgano de esta planta produce los extractos más eficaces para implementarse en un manejo integrado de *T. vaporariorum*. Para resolver esta interrogante, se evaluaron extractos acuosos elaborados con hojas, tallos y semillas de dos accesiones de *J. curcas* para el combate de *T. vaporariorum* en condiciones de laboratorio.

A pesar de que no hubo diferencia estadística significativa en los valores de eficacia ni de  $CL_{50}$  entre los extractos, se pudo observar una tendencia de los extractos de hoja a producir mayores valores de mortalidad en *T. vaporariorum* con concentraciones menores en comparación a los extractos de tallo y semilla. Una tendencia similar con extractos de hojas de *Jatropha* spp. fue reportada por Ingle *et al.* (2017a) en evaluaciones realizadas a *Spodoptera litura* F. (Lep.: Noctuidae) con extractos al 5% de concentración obtenidos con metanol, consiguiendo una mortalidad del 60% con hojas y del 20% con semillas. Esto muestra que deben hacerse más análisis de los compuestos químicos con potencial insecticida presentes en hojas de *J. curcas* como lo son el friedelin que ha presentado efecto insecticida sobre *S. litura* y *Leptinotarsa decemlineata* S. (Col.: Chrysomelidae) (Moiteiro *et al.*, 2006) y el taraxasterol que exhibió alta toxicidad sobre *P. xylostella* y *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) (Yang & Lin, 2017).

Según da Silva *et al.* (2019), se determinaron cuatro compuestos presentes en hojas de *J. curcas* al comparar la composición química de variedades tóxicas y no tóxicas. Dichos compuestos fueron un éster de forbol (12,13-diacetato de forbol) y tres compuestos derivados de forbol, descritos como deoxiforboles (12-deoxiforbol, 4,12-dideoxiforbol y 4,9,12-trideoxiforbol). La identificación de estos compuestos puede ayudar a esclarecer las propiedades insecticidas en hojas de *J. curcas*, ya que a este órgano se le atribuye más un valor antimicrobial o medicinal, a diferencia de semilla que es el órgano al que mayor importancia insecticida se le ha dado (Abdelgadir & Van Staden, 2013).

La marcada diferencia entre los valores de CL<sub>50</sub> de hoja (1,52 g/L) con respecto a tallo y semilla (42,98 g/L y 74,94 g/L), pese a que no haya diferencia significativa entre sus valores de eficacia (Figura 2a), se debe a que el valor de la CL<sub>50</sub> se ve afectado por la mortalidad obtenida en todas las concentraciones, y los extractos de hoja obtuvieron valores de mortalidad mayores a 60% desde la concentración de 50 g/L, mientras que tallo y semilla presentaron valores menores a 55% en las concentraciones más bajas (Figura 1).

Extractos acuosos elaborados con otras especies vegetales (*Achillea biebersteinii* L., *Artemisia inculta* D. (Asteraceae), *Ballota undulata* B., *Phlomis syriaca* B. (Lamiaceae) *Euphorbia hierosolymitana* B. (Euphorbiaceae), *Galium longifolium* S., (Rubiaceae), *Lepidium sativum* L. (Brassicaceae), *Pimpinella anisum* L. (Apiaceae), y *Retama raetam* F. (Fabaceae)) fueron evaluados en el combate de ninfas de *B. tabaci* obteniendo resultados menores en comparación a los de este estudio (29,60% - 71,00%) (Ateyyat *et al.*, 2009), e incluso se ha

mostrado cero efecto en la mortalidad usando extractos de *Acalypha gaumeri* P. (Euphorbiaceae), *Annona squamosa* L. (Annonaceae), *Carlowrightia myriantha* S. (Acanthaceae), *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae) y *Trichilia arborea* C. (Meliaceae) (Cruz-Estrada *et al.*, 2013).

El tiempo requerido para alcanzar la muerte del 50% de la población de *T. vaporariorum* (menos de 78 horas para los tres órganos) fue menor que el presentado en otros estudios, donde la muerte de la mitad de la población de *S. frugiperda* se logró a los seis días después de la aplicación de extractos de hoja de *Jatropha gossypipholia* L. obtenidos con etanol a una concentración de 40 g/L (Bullangpoti *et al.*, 2012). Es importante que los extractos de *J. curcas* sean de rápida acción en el combate de vectores como *T. vaporariorum*, cuya principal afectación es la transmisión de virus a los cultivos. Lograr la muerte antes de que el insecto alcance la adultez y aumente su dispersión mediante la capacidad de vuelo reduciría la diseminación de virus fitopatógenos.

La eficacia de los extractos de *J. curcas* es muy variada según el órgano, el método de elaboración que se implemente y la especie de insecto evaluado (Devappa *et al.*, 2010a). Los ésteres de forbol se encuentran en todos los órganos de *J. curcas* (mg/g de materia seca) en rangos de 2 a 6 en semilla, 1,83 a 2,75 en hojas y 0,78 a 0,99 en tallos (Devappa *et al.*, 2010a). Estos compuestos estimulan la proteína quinasa C en las células (Ratnadass & Wink, 2012), lo que afecta la síntesis de la hormona juvenil de insectos (Jing *et al.*, 2018), provocando la muerte del mismo en estadios inmaduros.

La semilla es el órgano de *J. curcas* en donde se encuentra la mayor cantidad de ésteres de forbol y otros antinutrientes como fitatos e inhibidores de tripsina (Devappa *et al.*, 2012b), sin embargo, los extractos de semilla tuvieron los valores menos favorables en las evaluaciones de CL<sub>50</sub>, TL<sub>50</sub> y eficacia en este estudio. Esto podría explicarse por la baja solubilidad de los ésteres de forbol en agua (Arias *et al.*, 2007) y puesto que los extractos evaluados en este estudio fueron acuosos, es posible que no se lograra una distribución homogénea de estos compuestos reduciendo así su eficacia. Debido a esto, se deberían evaluar extractos obtenidos con solventes orgánicos como etanol y metanol utilizando estos mismos órganos en el control de *T. vaporariorum*.

A pesar de que el contenido de ésteres de forbol promedio de la accesión “JCCR23” (0,5053 mg/g) fue mayor que el de la accesión “JCCR31” (0,2286 mg/g) (Vega, 2018), no hubo diferencia significativa entre los extractos según la accesión. El contenido de compuestos químicos en plantas depende de factores como origen del material, ubicación de la plantación, características del suelo, edad y estado fenológico del cultivo, y época del año (Rodríguez-Montero *et al.*, 2020). Debido a que ambas accesiones se desarrollaron bajo las mismas condiciones y son de edades y estados fenológicos similares, esto explicaría que no se presentara diferencia entre los extractos. Sin embargo, es necesario evaluar otros métodos de extracción que favorezca la acción de los compuestos con propiedades insecticidas.

Los extractos acuosos de hojas, tallos y semillas de *J. curcas* representan una promisoriosa herramienta en el combate de *T. vaporariorum*, puesto que se produjo una mortalidad similar a la alcanzada con extractos obtenidos con solventes

orgánicos evaluados en otros insectos de importancia agrícola (Eziah, 1999; Bullangpoti *et al.*; 2012; Devappa *et al.*, 2012a; Ingle *et al.*, 2017b), e incluso sobre *T. vaporariorum*, donde se obtuvo una mortalidad de ninfas superior al 80% usando extractos de hoja de *Jatropha urens* L. (Vinasco *et al.*, 2015).

Estudios de alelopatía efectuados con extractos acuosos en bajas concentraciones de *J. curcas* sobre plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) (Poaceae) presentaron pocos efectos adversos en la longitud de brotes o en área foliar, de manera similar, en este estudio no se observaron efectos negativos sobre las plantas de *S. melongena*. Extractos acuosos en concentraciones de 6,25% y 3,12% exhibieron efectos beneficiosos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de trigo (Reichel *et al.*, 2013; Khattak *et al.*, 2015). Según Khattak *et al.* (2015), los fenoles son los compuestos que mayor efecto tienen en la germinación y crecimiento de plantas. Tomar *et al.* (2015) mencionan que concentraciones altas de extractos de *J. curcas* afectan la longitud, peso seco, peso fresco, el contenido de clorofila y la actividad de enzimas como nitrato reductasa y aminotransferasas. Sin embargo, incrementan la actividad de ascorbato peroxidasa y superóxido dismutasa.

Debido a que la hoja es el órgano más fácil de obtener sin comprometer la fisiología de la planta ni el potencial recurso de biodiesel, y por tener los resultados más favorables durante el estudio, los extractos con hoja serían los más idóneos para implementarlos en un programa de manejo integrado de *T. vaporariorum*. Sin embargo, aún deben hacerse más investigaciones para determinar los compuestos insecticidas presentes en hojas, tallos y semillas de *J. curcas*, así como los solventes más adecuados para su extracción.

## VI. CONCLUSIÓN

La concentración de los extractos botánicos de *J. curcas* fue el factor más importante en la mortalidad de *T. vaporariorum*, con un incremento en la eficacia de 0,15% por cada unidad de concentración. Las hojas, así como tallos y semillas se pueden utilizar para elaborar extractos eficaces en el control de la mosca blanca que no afecten el desarrollo de las plantas, sin embargo, los extractos elaborados con hoja serían los más idóneos a implementar para el control de *T. vaporariorum* puesto que obtuvieron los mayores valores de mortalidad, menores valores de  $CL_{50}$  y presentaron el  $TL_{50}$  más bajo en comparación a tallo y semilla siendo significativamente diferentes a estos.

Los extractos elaborados con hojas, tallos y semillas de *J. curcas* pueden ser implementados en el manejo de *T. vaporariorum* en el cultivo de *S. melongena*, debido a que no se observó ningún síntoma de intoxicación en las plantas.

## VII. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos se recomienda:

De incorporarse los extractos acuosos de *J. curcas* en planes de manejo de *T. vaporariorum*, utilizar los extractos de hoja, ya que son los que presentaron los valores más bajos de CL<sub>50</sub>, TL<sub>50</sub> y los mayores valores de eficacia. Sumado a esto, el manejo de *J. curcas* requiere la implementación de podas, lo que permitiría darle uso al material vegetal que normalmente sería desechado y de esta forma se reservarían las semillas para la producción de biodiesel.

A pesar de que no se encontró diferencia significativa en la eficacia de los extractos según el tiempo transcurrido después de su elaboración (Anexo 5), se evidenció una tendencia a incrementar la eficacia de los extractos a medida que transcurrió el tiempo. Por esta razón, se debería de evaluar distintos tiempos de “maduración” de los extractos.

Evaluar extractos de *J. curcas* obtenidos utilizando solventes orgánicos como metanol, ya que este tipo de extracción podría mejorar la eficacia de los mismos.

Se debería estudiar más a fondo las propiedades insecticidas de compuestos presentes en las hojas de *Jatropha curcas* como el friedelin y el taraxasterol ya que han presentado resultados prometedores en el combate de otras especies insectiles.

Evaluar fitotóxicidad de los extractos elaborados con hojas, tallos y semillas de *J. curcas* sobre otras especies vegetales; a pesar de que en las plantas de berenjena

no se observaron intoxicaciones, en otras especies vegetales sí podrían presentarse.

## VIII. BLIOGRAFÍA

- Abbott, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Abdalla, A; da Silva, J; de Godoi, A; de Almeida, C; de Paula, J. 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 260-268.
- Abdelgadir, H; Van Staden, J. 2013. Ethnobotany, ethnopharmacology and toxicity of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae): A review. *South African Journal of Botany*, 88: 204-218.
- Aguilar, A; Kass, D; Mora, G; Hilje, L. 2003. Fagodisuación de tres extractos vegetales sobre los adultos de *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 68: 62-70.
- Al-Badran, AA; Fujiwara, M; Gatlin, DM; Mora, MA. 2018. Lethal and sub-lethal effects of the insecticide fipronil on juvenile brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus*. *Scientific Reports*, 8(1):10769. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29104-3>.
- Alegre, A; Iannaccone, J; Carhuapoma, M. 2017. Toxicidad del extracto acuoso, etanólico y hexanoico de *Annona muricata*, *Minthostachys mollis*, *Lupinus mutabilis*, y *Chenopodium quinoa* sobre *Tetranychus urticae* y *Chrysoperla externa*. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 33(3): 273-284.
- Altei, WF; Picchi, DG; Abissi, BM; Giesel, GM; Flausino, O; Reboud-Ravaux, M; Verli, H; Crusca, E; Silveira, ER; Cilli, EM; Bolzani, VS. 2014. Jatrophin I, a cyclic peptide from brazilian *Jatropha curcas* L.: Isolation, characterization,

- conformational studies and biological activity. *Phytochemistry*, 107: 91-96.  
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.08.006>
- Anderson, P; Morales, F. 2005. Whitefly and whitefly-borne viruses in the tropics: Building a knowledge base for global action. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 351 p.
- Andujar, A; Barranco, P; Belda, J; Cabello, T; Carreño, R. 1997. Análisis de eficacia de productos fitosanitarios. *PHYTOMA*, (97): 32-40.
- Arias, GP; Stashenko, E; Torres, R. 2007. Biotransformación de terpenos  $\alpha$ -limoneno,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -terpineno por medio de cloroperoxidasa de *Caldariomyces fumago*. *Scientia et Technica*, (33):75-73.
- Ateyyat, MA; Al-Mazra'awi, M; Abu-Rjai, T; Shatnawi, MA. 2009. Aqueous Extracts of Some Medicinal Plants are as Toxic as Imidacloprid to the Sweet Potato Whitefly, *Bemisia tabaci*. *Journal of Insect Science*, 9(15):1-6. DOI: <https://doi.org/10.1673/031.009.1501>.
- Bagnarello, G; Hilje, L; Bagnarello, V; Cartín, V; Calvo, M. 2009. Actividad fagodisuasiva de las plantas *Tithonia diversifolia* y *Montanoa hibiscifolia* (Asteraceae) sobre adultos del insecto plaga *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Revista de Biología Tropical*, 25(4): 1201-1215.
- Bossou, A; Theophile, O; Reine, B; Koudoro, Y; Agbangnan D; Bothon, F., Alitonou, G; Avlessi, F; Dominique, S. 2020. Medical benefit, pharmacology and toxicity of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae): a review. *International Journal of Advanced Research*, 8: 856-864. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/10374>
- Bullangpoti, V; Wajnberg, E; Audantb, P; Feyereisenb, R. 2012. Antifeedant activity of *Jatropha gossypifolia* and *Melia azedarach* senescent leaf extracts on

*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their potential use as synergists. Society of Chemical Industry, 68: 1255-1264.

Caesar, LK; Cech, N B. 2019. Synergy and antagonism in natural product extracts: When 1 + 1 does not equal 2. Natural Product Reports, 36(6): 869-888. <https://doi.org/10.1039/C9NP00011A>

Can-Aké, R; Erosa-Rejón, G; May-Pat, F; Peña-Rodríguez, LM; Peraza-Sánchez, SR. 2004. Bioactive terpenoids from roots and leaves of *Jatropha gaumeri*. Revista de la Sociedad Química de México, 48: 11-14.

Calcagno, V. 2020. glmulti: Model Selection and Multimodel Inference Made Easy. R package version 1.0.8. <https://CRAN.R-project.org/package=glmulti>

Capinera JL. 2008 Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). In: Capinera J.L. (eds) Encyclopedia of Entomology. Springer, Dordrecht. 1561-1760. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6\\_1185](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_1185).

Cárdenas-Hernández, JF; Moreno F; Magnitskiy, SV. 2011. Efecto de mercurio sobre el transporte celular del agua en plantas. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 3(2): 250-261. <https://doi.org/10.17584/rcch.2009v3i2.1216>.

Chan,C; Chan, G; Leeper, T; Becker J. 2018. rio: A Swiss-army knife for data file I/O. R package version 0.5.16.

Chianese, G; Fattorusso, E; Aiyelaagbe, OO; Luciano, P; Schröder, HC; Müller, W; Taglialatela-Scafati, O. 2011. Spirocurcasone, a diterpenoid with a novel carbon skeleton from *Jatropha curcas*. Organic Letters, 13(2): 316-319. <https://doi.org/10.1021/ol102802u>

- Cock, M. 1986. Host plants. In *Bemisia tabaci*-A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. (M. Cock, Ed.) UK: C.A.B International Institute of Biological Control. 121p.
- Cruz-Estrada, A; Gamboa-Angulo, M; Bórges-Argáez, R; Ruiz-Sanchez, E. 2013. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyroideae) (en línea). *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(1): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.2225/vol16-issue1-fulltext-6>.
- da Silva, LC; de Carvalho, TC; Pereira, I; Marana, JC; Laviola, BG; Abdelnur, PV; Vaz, BG. 2019. Molecularly Imprinted Polymer-Coated Probe Electrospray Ionization Mass Spectrometry Determines Phorbol Esters and Deoxyphorbol Metabolites in *Jatropha curcas* Leaves. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 30(10): 2051-2059. DOI: <https://doi.org/10.1021/jasms.8b06219>.
- de Carvalho, C; Vieira Mariano, L; S Negrão, V; Passarelli Gonçalves, C; Cristina Ribeiro Marcucci, M. 2018. Phenols, flavonoids and antioxidant activity of *Jatropha multifida* L. collected in Pindamonhangaba, Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 7(5): 581-584. <https://doi.org/10.15406/japlr.2018.07.00286>
- Devappa, RK; Makkar, HP; Becker, K. 2010a. *Jatropha* toxicity – A review. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 13: 476–507.
- Devappa, RK; Makkar, HP; Becker, K. 2010b. Optimization of conditions for the extraction of phorbol esters from *Jatropha* oil. *Biomass and Bioenergy*, 34: 1125-1133.
- Devappa, RK; Makkar, HP; Becker, K. 2012a. Localisation of antinutrients and qualitative identification of toxic components in *Jatropha curcas* seed. *Journal of*

- the Science of Food and Agriculture, 92(7):1519-1525. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4736>.
- Devappa, RK; Rajesh, SK; Kumar, V; Makkar, HPS; Becker, K. 2012b. Activities of *Jatropha curcas* phorbol esters in various bioassays. Ecotoxicology and Environmental Safety, 78: 57-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.11.002>.
- Diabaté, D; Gnago, J; Koffi, K; Tano, Y. 2014. The effect of pesticides and aqueous extracts of *Azadirachta indica* (A.Juss) and *Jatropha curcas* L. on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrididae) and *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidopera:Noctuidae) found on tomato plants in Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 80(1): 7132-7143.
- Escobar, D. 2015. Efecto insecticida de ésteres de forbol de la semilla de piñón (*Jatropha curcas*) para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en tomate (*Solanum lycopersicum*). Tesis Licenciatura. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 26 p.
- Eziah, V. 1999. Evaluation of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) as a biopesticide in the control of insect pest complex of aubergine (*Solanum melongena* L.). Tesis Ph.D.Ghana: University of Ghana. 107 p.
- Finney, DJ. 1952. Probit Analysis. A statistical treatment of the Sigmoid response curve. Cambridge: Cambridge University Press. 318 p.
- Flores, G; Hilje, L; Mora, G; Carballo, M. 2008. Antifeedant activity of botanical crude extracts and their fractions on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adults: I. *Gliricidia sepium* (Fabaceae). Revista de Biología Tropical, 56: 2099-2113.

- González, A; García, M; Hernández, G; Teniente, O; Solís, B; Zamarripa, C. 2011. Guía para cultivar Piñón Mexicano (*Jatropha curcas* L.) en Jalisco (Primera ed.). Jalisco: INIFAP-CIRPAC. 50 p.
- Gorman, K; Devine, G; Bennison, J; Coussons, P; Punchard, N; Denholm, I. 2007. Report of resistance to the neonicotinoid insecticide imidacloprid in *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 63: 555-558.
- Heller, J. 1996. Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use. Roma: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute. 66 p.
- Hilje, L. 1996. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y Geminivirus. Turrialba: CATIE, Unidad de Fitoprotección. 166 p.
- Hilje, L. 2001. Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 61: 69-80.
- Hilje, L. 2005. Cómo determinar la repelencia de sustancias aleloquímicas sobre las moscas blancas. Hoja Técnica No. 50: *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 74:94-98.
- Hilje, L; Costa, H; Stansly, P. 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection*, 20(9): 801-812.
- Hilje, L; Morales, F. 2008. Whitefly bioecology and management in Latin America. En J. Capineira (Ed.), *Encyclopedia of entomology*. Springer. 4250-4260
- Hlina, BL; Birceanu, O; Robinson, CS; Dhiyebi, H; Wilkie, MP. 2019 In Review. Seasonal Variation in the Sensitivity of Invasive Sea Lampreys to the Lampricide

- TFM: Importance of Energy Reserves and Temperature. North American Journal of Fisheries Management.
- Ibrahim, H; Mostafa, M. 2018. Efficacy of some plant essential oils as green insecticides to control whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). International Journal of Entomology and Nematology, 4(2): 85-92.
- Ingle, K; Deshmukh, A; Padole, D; Mahendra, S; Dudhare, M; Moharil, K; Vc. 2017a. Bioefficacy of crude extracts from *Jatropha curcas* against *Spodoptera litura*. Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(1): 36-38.
- Ingle, K; Deshmukh, A; Padole, D; Mahendra, S; Dudhare, M; Moharil, K; Vc 2017b. Screening of insecticidal activity of *Jatropha Curcas* (L.) against diamond back moth and *Helicoverpa Armigera*. Journal of Entomology and Zoology Studies, 44: 44-50.
- Jarma, B; Vanegas, Y; Pompelli, M; Garrido, C; Bezerra, E; Jarma, A. 2014. Desintoxicación de la torta de *Jatropha curcas* L. como posible alternativa de alimento para ganado bovino en el caribe colombiano. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 17(1): 171-178.
- Jing, Y-P; An, H; Zhang, S; Wang, N; Zhou, S. 2018. Protein kinase C mediates juvenile hormone-dependent phosphorylation of Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase to induce ovarian follicular patency for yolk protein uptake. Journal of Biological Chemistry, 293(52):20112-20122. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.RA118.005692>.
- Jiménez, R; Rodríguez, J; Ruíz, L; Mateos, J; Rosales, R. 2013. Detoxificación de pastas de higuera y *Jatropha* (Primera ed.). México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 25 p.

- Jones, D. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109: 195–219.
- Khattak, A; Ullah, F; Bokhari, T; Wazir, S; Shinwari, Z. 2015. Allelopathic Potential of *Jatropha Curcas* L. Leaf Aqueous Extracts on Seed Germination and Early Seedling Growth of Wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 47: 2449-2454.
- Kong, LY; Min, ZD; Shi, JX, Feng, R. 1996. Chemical Constituents from Roots of *Jatropha curcas*. *Journal of Integrative Plant Biology*, 38(2). <https://www.jipb.net>
- Kozhiparambil, K; Purushothaman, C; Cameron, AF; Connolly, JD; Labbé, C; Maltz, A; Rycroft, DS. 1979. Jatrocholones A and B, new diterpenoids from the roots of (Euphorbiaceae)—Crystal structure analysis of Jatrocholone B. *Tetrahedron Letters*, 20(11): 979-980. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)86067-6](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)86067-6)
- Liu, JQ; Yang, YF; Li, XY; Liu, EQ; Li, ZR; Zhou, L; Li, Y; Qiu, MH. 2013. Cytotoxicity of naturally occurring rhamnofolane diterpenes from *Jatropha curcas*. *Phytochemistry*, 96: 265-272. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.09.008>
- Liu, T; Stansly, P. 1995. Toxicity of biorational insecticides to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato leaves. *Ecotoxicology*, 88(3): 564-568.
- Makkar, H; Kumar, V; Becker, K. 2012. Use of detoxified *Jatropha* kernel meal and protein isolate in diets of farm animals. In *Biofuel co-products as livestock feed – Opportunities and challenges*. Roma: FAO. 351-446.
- Moiteiro, C; Marcelo Curto, MJ; Mohamed, N; Bailén, M; Martínez-Díaz, R; González-Coloma, A. 2006. Biovalorization of friedelane triterpenes derived from cork processing industry byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(10): 3566-3571. <https://doi.org/10.1021/jf0531151>

- Navarrete, B; Valarezo, O; Cañarte, E; Solórzano, R. 2016. Efecto del nim (*Azadirachta indica* JUSS.) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y controladores biológicos en el cultivo de melón *Cucumis melo* L. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, 25(1): 33-44.
- Novak, W; Haslberger, A. 2000. Substantial Equivalence of Antinutrients and Inherent Plant Toxins in Genetically Modified Novel Foods. Food and Chemical Toxicology, 38: 473-483.
- Oliveira, M; Henneberry, T; Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protection 20: 709-723.
- Oskoueian, E; Abdullah, N; Saad, WZ; Rahman Omar, A; Ahmad, S; Kuan, W B; Ho, YW. 2011. Antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of methanolic extracts from *Jatropha curcas* Linn. Journal of Medicinal Plants Research, 5(1): 49-57.
- Pabón, L; Hernández-Rodríguez, P. 2012. Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 17(2):194-209.
- Piepenbring, M. 2015. Material atrasado. En M. Piepenbring, Introducción a la Micología en los Trópicos 327-366. Obtenido de <https://apsjournals.apsnet.org/action/showCitFormats?doi=10.1094%2F9780890546147.bm&mobileUi=0>
- Ratnadass, A; Wink, M. 2012. The Phorbol Ester Fraction from *Jatropha curcas* Seed Oil: Potential and Limits for Crop Protection against Insect Pests. International Journal of Molecular Sciences, 13(12): 16157-16171. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms131216157>.

- R Core Team 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Montero, L; Berrocal-Jiménez, A; Campos-Rodríguez, R; Madriz-Martínez, M. 2020. Determinación de la actividad biocida de extractos vegetales para el combate de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) (en línea). Revista Tecnología en Marcha, 33(3): 117-129. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4373>.
- Reichel, T; Barazetti, J; Stefanello, S; Paulert, R; Zonetti, P. 2013. Allelopathy of leaf extracts of jatropha (*Jatropha curcas* L.) in the initial development of wheat (*Triticum aestivum* L.). Idesia, 31: 45-52.
- Staubmann, R; Ncube, I; Gübitz, GM; Steiner, W; Read, JS. 1999. Esterase and lipase activity in *Jatropha curcas* L. Seeds. Journal of Biotechnology, 75(2-3): 117-126. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(99\)00151-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(99)00151-0)
- Tomar, N S; Sharma, M; Agarwal, R M. 2015. Phytochemical analysis of *Jatropha curcas* L. during different seasons and developmental stages and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L) as affected by extracts/leachates of *Jatropha curcas* L. Physiology and Molecular Biology of Plants, 21(1): 83-92. <https://doi.org/10.1007/s12298-014-0272-0>
- United States Environmental Protection Agency. 2012. Ecological effects test guidelines. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. Washington, DC. 23 p.
- Valdés, O; Péres-Vásquez, A. 2014. Manual de buenas prácticas para el cultivo de *Jatropha curcas* L. (Primera ed.). México: Colegio de Postgraduados. 99 p.

- Van der Putten, E; Jan Franken, Y; de Jongh, J. 2010. General data on *Jatropha*.  
En *The Jatropha Handbook From Cultivation to Application*. Eindhoven: FACT  
Foundation and individual authors mentioned per chapter. 17 p.
- Vega, N. 2018. Caracterización molecular y bioquímica de tres accesiones de  
*Jatropha curcas* L. (tempate) del Banco de Germoplasma de la Estacion  
Experimental Fabio Baudrit Moreno. Tesis Bachillerato. San José, Costa Rica,  
Tecnológico de Costa Rica. 94 p.
- Venables, WN; Ripley, BD. 2002 *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition.  
Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. 138 p.
- Vinasco, AN; Salazar, PE; Soto, GA; Mejía, GLF; Dussan, LC. 2015. Efecto de  
*Jatropha urens* (Euphorbiaceae) y *Lantana camara* (Verbenaceae) sobre  
*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista de Ciencias  
Agrícolas* 32(1): 55-64 DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.153201.24>.
- Viswanathan, MB; Jeya-Ananthi, JD; Sathish-Kumar, P. 2012. Antimicrobial activity  
of bioactive compounds and leaf extracts in *Jatropha tanjorensis*. *Fitoterapia*,  
83(7): 1153-1159. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2012.07.007>.
- Wei, Q; Liao, Y; Chen, Y; Wang, SH; Xu, Y; Tang, L; Chen, F; Eloff, JN. 2005.  
Isolation, characterisation and antifungal activity of  $\beta$ -1,3-glucanase from seeds  
of *Jatropha curcas*. *South African Journal of Botany*, 71(1): 95-99.  
[https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30155-1](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30155-1).
- Wisler, G; Duffus, J; Liu, H; Li, R. 1998. Ecology and epidemiology of whitefly-  
transmitted Closteoviruses. *Plant Disease*, 82(3): 270-280.

Yang, M; Lin, K. 2017. Isolation of insecticidal components in *Inula salsoides* Ostenf. And characterisation of their activities. *Natural Product Research*, 31(17): 2049-2052. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1269092>

## IX. ANEXOS



Anexo 1. Colección de *Jatropha curcas* de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (c y d) Accesiones JCCR-23 y JCCR31 utilizadas en la elaboración de extractos acuosos para el combate de *Trialeurodes vaporariorum*.



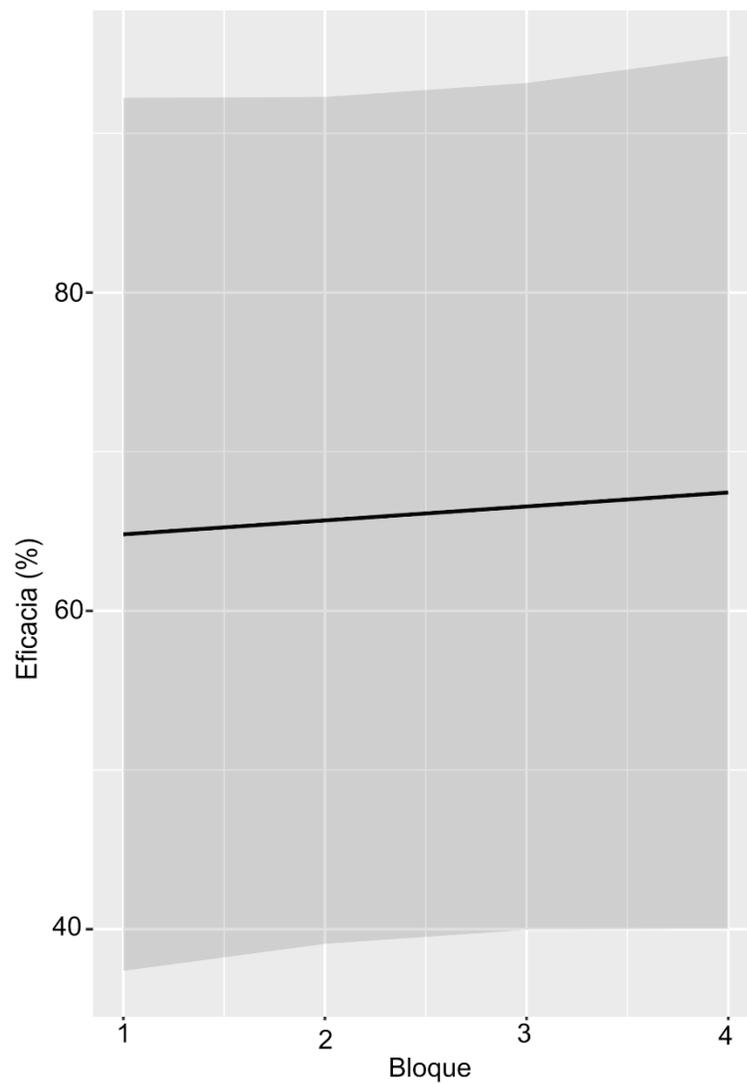
Anexo 2. Proceso de elaboración de extractos acuosos de *Jatropha curcas*. (a) trituración de material vegetal. (b) reposo del material vegetal en agua. (c) Extracto embazado.



Anexo 3. Cría de *Trialeurodes vaporariorum* establecida en plantas de *Solanum melongena*.



Anexo 4. Ensayo de eficiencia de eficacia de Extractos acuosos de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum*.



Anexo 5. Eficacia de Extractos acuosos de *Jatropha curcas* en el combate de *Trialeurodes vaporariorum* según bloques. El área sombreada está dada por el error estándar.