



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS DE ACCESOS DE
Jatropha curcas L. NO TÓXICOS, DEL ESTADO DE VERACRUZ**

FLORENCIA GARCÍA ALONSO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2015

La presente tesis, titulada: “**Características morfológicas y productivas de accesos de *Jatropha curcas* L., no tóxicos del estado de Veracruz**” realizada por la alumna: **Florencia García Alonso**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TRÓPICALES
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Eliseo García Pérez

ASESOR



Dr. Arturo Pérez Vázquez

ASESOR



Dr. Octavio Ruiz Rosado

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, 10 de diciembre de 2015

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS DE ACCESOS DE *Jatropha curcas* L. NO TÓXICOS, DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Florencia Garcia Alonso, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

La planta de *J. curcas*, ha adquirido a nivel mundial gran interés como materia prima para producir biodiesel. Sin embargo, es necesario conocer las características morfológicas que se relacionan con una mayor producción. El objetivo de este trabajo fue identificar las características morfológicas y productivas en accesos de *J. curcas* L., recolectados en distintas regiones del estado de Veracruz, propagados por semilla y vareta en condiciones edafoclimáticas similares. Se evaluaron 28 accesos de tres años de edad. Se utilizaron descriptores, cuantitativos y cualitativos para determinar características morfológicas y de producción de *J. curcas*. Además, se determinó el contenido de aceite en 16 accesos. Se encontró que existe amplia variación en las variables morfológicas de los accesos evaluados. En la caracterización morfológica se identificaron 18 variables significativas en la propagación por semilla, los accesos I-30, I-26B, I-25, I-27, I-26A e I-64, sobresalieron en altura de planta, longitud de hoja y número de brotes florales. Los accesos I-47, I-34 e I-32, fueron los más sobresalientes en brotes florales, racimos, frutos y por tener un mayor peso de semillas. En la propagación por vareta, los accesos I-65, I-62, I-64 e I-32, presentaron valores altos en ancho de hoja, número de semillas por fruto, peso, largo y ancho de semilla. La comparación de contenido de aceite para los accesos no se encontró diferencias estadísticas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre accesos ni respecto al tipo de propagación. En general todos los accesos presentaron valores altos en contenido de aceite. En plantas propagadas por semilla fue de 54.13 a 60.98 %, y por vareta de 51.75 a 58.48 %. El mayor rendimiento de aceite por hectárea, con base al número de frutos (157) (184) y peso de semillas (641.1 g/planta) (817.8 g/planta), correspondió a los accesos I-32 e I-34, con 590.55 y 761.68 L ha⁻¹, esto en plantas propagadas por semilla. Se concluye que plantas propagadas por semilla tuvieron las mejores características morfológicas y productivas que las propagadas por vareta.

Palabras claves: *J. curcas*, no tóxicos, accesos, propagación, contenido de aceite.

MORPHOLOGICAL AND PRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF NON-TOXIC ACCESSIONS OF *Jatropha curcas* L. FROM VERACRUZ STATE

Florencia Garcia Alonso, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

ABSTRACT

J. curcas plant has reached a high worldwide reputation as feedstock for biofuel production. However, there is a need to identify the best morphological characteristics related to high yield. The aim of this work was to identify morphological and productive characteristics of *J. curcas* non-toxic accessions collected in different regions of Veracruz state, propagated by seed and cuttings under similar conditions. 28 accessions of three years old were measured. Quantitative and qualitative morphological and productive descriptors of *J. curcas* were measured. Besides the oil content in seeds of 16 accessions was analyzed. It was found a wide variation among the morphological descriptors measured, identifying 18 significant variables by seed propagation, particularly in the accessions: I-30, I-26B, I-25, I-27, I-26A and I-64, that had high value in plant height, leaf length and number of flower buds. The accessions I-47, I-34 and I-32, had the highest value in buds, grapes, fruits and a higher seed weight. The accessions I-65, I-62, I-64 and I-32 by cuttings propagation had the high values of leaf width, number of seeds per fruit, weight, length and width of seed. The oil content compared among accessions had no statistical difference (Tukey, $P \leq 0.05$) neither concerning to the propagation type. In general, all access high values in oil content. Plants grown from seed oil content were from 54.13 to 60.98%, and by cuttings from 51.75 to 58.48%. The highest yield of oil per hectare, based on the number of fruits (157) (184) and seed weight (641.1 g / plant) (817.8 g / plant), accessions I-32 and I-34 grown from seed, showed the highest yield of 390.55 and 761.68 L ha⁻¹, based on. It can be concluded that plants propagated by seed had the best morphological and productive performance than those propagated by cuttings.

Palabras claves: *J. curcas*, non-toxic, provenances, propagation, oil content.

DEDICATORIA

A **DIOS** por haberme dado la vida y permitirme alcanzar una meta más.

A mis padres: **Mateo García Hernández** y **Angelina Alonso Ángeles**, por darme todo su amor, sus sabios consejos y sobre todo la confianza que me han brindado para ser mejor cada día y haberme hecho todo lo que soy.

A mi Hermana y Hermanos: **Rocío, Faustino, Luis** y **Mateo** por todo su apoyo y compañía a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo.

A **Ricardo Martínez**, por su amor, confianza, respeto, paciencia y apoyo para lograr esta meta. Gracias por estar conmigo en cada momento.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT) por el apoyo económico para realizar mis estudios de postgrado.

Al proyecto **FOMIX** con clave **VER-2009-C03-127702** titulado “Diversidad morfogénica de *Jatropha curcas* y su potencial como materia prima para bioenergéticos en el estado de Veracruz”, por las facilidades de financiamiento otorgadas.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz** por haberme dado la oportunidad para realizar mis estudios de maestría.

A la **LPI3 Energía Alterna y Biomateriales** del Colegio de Postgraduados por el apoyo en la investigación.

A mi consejo académico: **Dr. Eliseo García Pérez, Dr. Arturo Pérez Vázquez** y al **Dr. Octavio Ruiz Rosado**, por todo el apoyo incondicional en cada una de las etapas de esta investigación. Así como también por sus comentarios y sugerencias en este documento. Muchas gracias por compartir sus valiosos conocimientos, y sugerencias en este trabajo de investigación.

Al **Dr. Gustavo López Romero**, gracias Dr. por su gran apoyo en la parte estadística, sin ser parte de mi consejo estuvo siempre apoyando en cada una de las dudas de la investigación.

Al **Dr. Catarino Ávila Reséndiz**, por su amistad, confianza, apoyo y motivación en todo momento.

A todas las personas que estuvieron trabajando para la realización del Banco de germoplasma de *Jatropha curcas* L., comenzando con **Iván Zavala, Wilfrido Méndez, Aurelio Hernández, y Yudith Hernández.**

A todo el personal de campo por todo el apoyo brindado en el establecimiento del banco de germoplasma y labores de limpieza, en especial al **Ing. Oliverio Bautista** y al **M. C. Ángel Ríos.**

A **Leonardo Hipatl** por todo el apoyo brindado en la caracterización morfológica en campo así como también en el laboratorio, muchas gracias.

A la **Bioq. Gabriela Zárate Canseco** por su apoyo incondicional en el trabajo de laboratorio.

Al **Agroq. Martin Vásquez López** por su apoyo en este trabajo durante la fase de laboratorio.

A la **Dra. Carmen Álvarez Ávila**, por brindarme todas las facilidades para poder trabajar en el Laboratorio Agua-Suelo y Planta del Campus Veracruz.

A mis compañeros de generación **Otoño 2013**: Apolonia Zamora, Eleonora Camacho, Leticia Guerrero, Rosalba Loyo, Zulema Huicab, Adán Cabal, Jair Canela, Juan C. García, Nicholas T. García, Iván Hernández, Manuel Hernández, José Lara, Jeremías Nataren, Alex R. Olivera, Salvador Partida, Fritz Ruiz, Adrián Sánchez, Gregorio Salinas.

A mis amigos **Iván Zavala, Estela Ramírez, Natalia López, Wilber Aguilar, Jair Canela, María Vega, Oliverio Bautista, Verónica Rosales Alin Malpica, Alex Ricardo, Eleonora, Adán Cabal, Gregorio Salinas, Miguel y Rogelio**, por compartir sus conocimientos de manera desinteresada así como su valiosa amistad, apoyo moral y confianza.

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. HIPÓTESIS	6
3.1. Hipótesis General.....	6
3.2. Hipótesis Específicas	6
4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
4.1. Sistema	7
4.2. El concepto de Agroecosistemas (AES).....	8
5. MARCO DE REFERENCIA	10
5.1. Problemática mundial de los combustibles fósiles	10
5.2. Biocombustibles	11
5.3. <i>Jatropha curcas</i> una opción para biodiesel	12
5.4. Origen y distribución de <i>Jatropha curcas</i>	13
5.5. Descripción botánica y clasificación taxonómica.....	13
5.6. Requerimientos edafoclimáticas.....	15
5.7. Propagación de <i>J. curcas</i>	16
5.8. Manejo en plantaciones de <i>Jatropha curcas</i>	17
5.9. Descriptores morfológicos.....	19
5.10. Extracción de aceite	23
6. SÍNTESIS DE REVISIÓN DE LITERATURA Y MARCO TEÓRICO	26
7. LITERATURA CITADA	27
CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS DE <i>Jatropha curcas</i> L., NO TÓXICAS DE MÉXICO	40
RESUMEN	40
ABSTRACT	41
1. INTRODUCCIÓN.....	42
1.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
1.4. CONCLUSIONES	61
1.5. LITERATURA CITADA	62
CAPÍTULO II. CONTENIDO DE ACEITE EN ACCESOS DE <i>Jatropha curcas</i> L. NO TÓXICA, EN VERACRUZ, MÉXICO	68
RESUMEN	68
2.1. INTRODUCCIÓN.....	70
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	72
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
2.4. CONCLUSIONES	83

2.5. RECOMENDACIÓN.....	83
2.6. AGRADECIMIENTOS.....	83
2.7. LITERATURA CITADA	84
CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES	89
ANEXOS	91

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Factores climáticos, altitud y pendiente para <i>J. curcas</i> L.	15
Cuadro 2. Descriptores usados para la caracterización de <i>Jatropha curcas</i> L.	19
Cuadro 3. Descriptores de la Red <i>Jatropha curcas</i> L., en México.	20
Cuadro 4. Rendimiento de semillas y aceite, en diferentes países y edad de la planta.....	23
Cuadro 5. Ubicación geográfica original de los 28 accesos de <i>J. curcas</i> , que forman parte del Banco de Germoplasma del Campus Veracruz.....	44
Cuadro 6. Caracterización fisicoquímica del suelo.....	47
Cuadro 7. Características morfológicas de 23 accesos de <i>J. curcas</i> propagadas por semilla, sembrados en la región centro del estado de Veracruz.....	50
Cuadro 8. Características morfológicas de 26 accesos de <i>J. curcas</i> L., propagadas por vareta, sembrados en la región centro del estado de Veracruz.....	52
Cuadro 9. Vectores y valores del análisis de componentes principales (CP) con las variables de mayor valor descriptivo de la variable total en planta, fruto y semilla de <i>J. curcas</i> , propagadas por semilla, provenientes del estado de Veracruz.	53
Cuadro 10. Vectores y valores del análisis de componentes principales (CP) con las variables de mayor valor descriptivo de la variable total en planta, fruto y semilla de <i>J. curcas</i> , propagadas por vareta, provenientes del estado de Veracruz.	55
Cuadro 11. Promedios de la variación de cuatro grupos formados en el análisis de conglomerados de 23 accesos de <i>J. curcas</i> L., propagadas por semilla.	57
Cuadro 12. Promedios de la variación de tres grupos formados en el análisis de conglomerados de 26 accesos de <i>J. curcas</i> L., propagadas por vareta.	59

Cuadro 13. Ubicación geográfica original de los 16 accesos de <i>J. curcas</i> L., que forman parte del Banco de Germoplasma del Campus Veracruz.....	73
Cuadro 14. Características morfológicas de 16 accesos de <i>J. curcas</i> propagadas por semilla, provenientes del estado de Veracruz. ...	75
Cuadro 15. Análisis de correlación entre las variables morfo-productivas en plantas de <i>J. curcas</i> L., propagadas por semilla.	77
Cuadro 16. Características morfológicas de 16 accesos de <i>J. curcas</i> propagadas por vareta, provenientes del estado de Veracruz. ...	78
Cuadro 17. Análisis de correlación entre las variables morfo-productivas, en plantas de <i>J. curcas</i> L., propagadas por vareta.....	79
Cuadro 18. Rendimiento estimado de semilla y de aceite por hectárea, en plantas de <i>J. curcas</i> , de tres años de edad, propagadas por semilla.	81
Cuadro 19. Rendimiento estimado de semilla y de aceite por hectárea, en plantas de <i>J. curcas</i> , de tres años de edad, propagadas por vareta.	82

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Variación de temperatura y precipitación durante el periodo de evaluación.	46
Figura 2. Diagrama de dispersión de 23 accesos de <i>Jatropha curcas</i> L., propagados por semilla, con base en los dos primeros componentes principales de 18 variables morfológicas y productivas.....	54
Figura 3. Diagrama de dispersión de 26 accesos de <i>Jatropha curcas</i> L., propagados por vareta, con base en los dos primeros componentes principales de 13 variables morfológicas y productivas.....	56
Figura 4. Dendograma de 23 accesos de <i>J. curcas</i> , propagadas por semilla, con base a 18 variables sobresalientes.....	58
Figura 5. Dendograma de 26 accesos de <i>J. curcas</i> , propagadas por vareta, con base a 13 variables sobresalientes.....	59
Figura 6. Contenido de aceite (%), en accesos de <i>J. curcas</i> no tóxica, en plantas de tres años propagadas por semilla.	76
Figura 7. Contenido de aceite (%), en accesos de <i>J. curcas</i> no tóxica, en plantas de tres años propagadas por vareta.	79

INTRODUCCIÓN GENERAL

La caracterización agronómica de diferentes cultivos agrícolas, permite conocer la constitución, y funcionamiento de los componentes estructurales de las plantas (Oliveira *et al.*, 2009). Así como conocer los atributos que las plantas poseen, para la selección y mejoramiento genético (Bonilla *et al.*, 2008).

Actualmente, se explora el potencial de la biomasa, como materia prima en la obtención de biocombustibles (Perlack *et al.*, 2005). Sin embargo, las especies oleaginosas son considerados, como una opción viable para la producción de biodiesel (Sarín *et al.*, 2007). Algunas de las oleaginosas más cultivadas en América son la colza (*Brassica napus* L.), el girasol (*Helianthus annuus* L.), soya (*Glycine max* L.), palma de aceite (*Elaeis guineensis* L.) y el piñón (*Jatropha curcas* L.). *J. curcas* se destaca por su alto contenido de aceite y relativa facilidad para la transformación a biodiesel (Ramesh *et al.*, 2006; Amigun *et al.*, 2008).

J. curcas se considera como una opción importante en la producción de biodiésel (Nunes, 2007). Además, de puede utilizarse para otros fines como, elaboración de biofertilizantes, bioinsecticidas y algunos productos de la industria cosmética (Gübitz *et al.*, 1998; Weibe *et al.*, 2008). En la caracterización morfológica de *J. curcas*, se usan diversos descriptores, cuantitativos y cualitativos (Campuzano, 2009; Laviola 2009).

La Red de *Jatropha spp* (SAGARPA-SINAREFI, 2014) tiene como propuesta, algunos descriptores cualitativos y cuantitativos. Esto permite conocer e identificar características sobresalientes, asociados a su estructura morfológica y componentes del rendimiento.

En los últimos años se ha puesto una gran atención en características fisiológicas, agronómicas, agroecológicas y de producción de *J. curcas* (Castro *et al.*, 2007). Países que se han destacado por este tipo de investigaciones son Brasil (Laviola *et al.*, 2011), Cuba (Machado, 2011), India (Gohil y Pandya, 2008), Colombia (Guerrero *et al.*, 2011; Pedraza y Cayón, 2010) y Perú (Manco y Pérez, 2009). México por su parte, se han

hecho estudios en cuestión de potencial para el establecimiento de cultivo en algunos estados del país (Zamarripa y Díaz, 2008).

Los atributos que poseen estas características morfológicas es multivariada (Mendoza 2008). Además, de una serie de características agroecológicas favorables que se le han atribuido, como su alta tolerancia a crecer en condiciones de estrés hídrico (Achten *et al.*, 2008; Ndong *et al.*, 2009; Trabucco *et al.*, 2010), y de crecer en suelos poco fértiles (Zahawi, 2005; Kehira y Atta, 2009; Brittain y Lataladio, 2010; Balota *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista de producción países como India y Brasil, indican la baja rentabilidad de *J. curcas* como cultivo comercial en su condición actual. Esto en virtud de ser una planta semi-domesticada con problemas de heterogeneidad de maduración de frutos y bajo rendimiento (Downes *et al.*, 1994; Machado y Suárez, 2009). La región norte y centro del Estado de Veracruz presentan un alto potencial productivo para el cultivo de *J. curcas*, lo cual esta en función de las características edafoclimáticas existentes (Zamarripa *et al.*, 2008; Inurreta, 2010). En este sentido, el objetivo de esta investigación es identificar las características morfológicas y productivas en accesos de *J. curcas* L., recolectados en distintas regiones del estado de Veracruz, propagados por semilla y vareta en condiciones edafoclimáticas similares.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“El uso de los biocombustibles se ha promovido a nivel nacional y mundial como una opción ante la crisis energética, debido a los altos precios de los hidrocarburos, y las altas emisiones de CO₂ por la quema de combustibles fósiles” (Srivastava y Prasad, 2000). Los biocombustibles se consideran una fuente alterna de energía, amigable con el ambiente (Achten *et al.*, 2008; King, 2009; Sanhueza, 2009). En esta búsqueda de alternativas, se ha puesto los ojos en cultivos bioenergéticos como son la colza, girasol, o la soja (Jayasingh, 2004; Jongschaap *et al.*, 2007).

Entre éstas alternativas para los agrobiocombustibles está *J. curcas*, una planta que crece en las regiones tropicales y subtropicales de América Latina (Sujatha *et al.*, 2005; King 2009). De hecho, México se considera como uno de los centros de origen de esta especie, y es donde se encuentran plantas tóxicas y no tóxicas (Heller, 1996; Martínez *et al.*, 2009), posee grandes atributos y gran potencial para ser usada como materia prima para la producción de biodiesel. El alto interés que existe en la utilización de oleaginosas como materia prima para la producción de biocombustibles, tiene su origen en el año 1895, cuando Rudolf Diesel desarrollo la idea de usar aceites vegetales (cacahuete) para poner en funcionamiento un motor diesel.

El sistema utilizado en la transformación de los aceites es a través del proceso de transesterificación, lo cual permite que el biodiésel sea apto para el uso de motores diésel (Berrios y Skelton, 2008). Entre los biocombustibles líquidos se encuentra *J. curcas*. Sin embargo, se desconocen sus características morfológicas y productivas y cuales son los descriptores cuantitativos y cualitativos, que permitan identificar características sobresalientes para futuros trabajos de mejoramiento genético. El estudio de *J. curcas* es de gran interés como materia prima productora de biodiesel. Sin embargo, la falta de conocimiento sobre la morfología, genética y manejo agronomico de la especie y la ausencia de variedades mejoradas limitan el éxito de esta especie con fines de cultivo (Sudhakar *et al.*, 2011).

Aponte (1978) menciona el gran interés que existe por establecer el cultivo de *J. curcas* en grandes extensiones a nivel mundial. Sin embargo, “el material genético existente aun no reúne las características agronómicas deseables, ya que no ha sido sistemáticamente caracterizado y menos mejorado genéticamente, existiendo alta variación en el rendimiento, maduración de frutos y contenido de aceite” (King, 2009). Por tanto, “los genotipos con rendimientos consistentes y el uso de mejores prácticas agrícolas y la disponibilidad de clones uniformes en grandes cantidades podrían asegurar el éxito de plantaciones comerciales” (Sudhakar *et al.*, 2011).

Sigue abierto el debate en relación a la eficiencia agronómica de este cultivo, teniendo como principal obstáculo que las plantas presentan una maduración poco uniforme de los frutos, lo que genera que la recolección mecánica sea poco viable y la manual sea la práctica predominante, con los altos costos que implica (Jongschaap *et al.*, 2007; Campuzano, 2009). Aponte (1978), menciona que mediante la caracterización del germoplasma y mejoramiento genético se puede resolver algunos de los problemas que presenta la planta y resalta los aportes en la investigación agroecológica acerca de esta especie.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Identificar los descriptores morfológicos que se relacionan con la producción en accesos de *J. curcas* L., recolectados en distintas regiones del estado de Veracruz, y propagados por semilla y vareta bajo las mismas condiciones edafoclimáticas.

2.2. Objetivos Específicos

- 1.- Evaluar las características morfológicas y productivas de accesos de *Jatropha curcas* L., no tóxicos, recolectadas de distintas regiones del estado de Veracruz, propagadas por semilla y vareta y establecidos en la región centro.

- 2.- Determinar el contenido y rendimiento de aceite de diferentes accesos de *J. curcas* L., no tóxicos, recolectados en diferentes regiones del estado de Veracruz, propagados por semilla y vareta, establecidos en la región centro.

3. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General

Existe diferencias morfológicas y de rendimiento entre accesos de *J. curcas* L., recolectados en el estado de Veracruz y establecidos bajo las mismas condiciones edafoclimáticas propagados por semilla y vareta, lo que permite diferenciar materiales sobresalientes.

3.2. Hipótesis Específicas

- 1.- Los accesos de *J. curcas* establecidos en las mismas condiciones edafoclimáticas presentan variación en las características morfológicas y productivas, independientemente del tipo de propagación.

- 2.- El contenido de aceite de accesos de *J. curcas* L., recolectados en diferentes localidades y establecidos e las mismas condiciones edafoclimáticas presentan variación, independientemente del tipo de propagación.

4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este apartado se describe el marco teórico y conceptual. Este marco tiene la función de esclarecer los conceptos y teorías que sustentan esta investigación de tesis. En primer lugar se define lo que son sistemas el concepto de agroecosistemas.

4.1. Sistema

Von Bertalanffy (1976), define a un sistema como un “conjunto de elementos que interactúan”. El cual es similar al concepto que propone Van Gigch (1990), que lo define como “una reunión o conjunto de elementos relacionados, que pueden ser conceptos, objetos o sujetos”.

Ackoff (2003) señala que un sistema es un conjunto de elementos que interactúan con un objetivo en común, ya que consiste de dos o más partes esenciales que interaccionan entre si, actuando sobre el comportamiento o propiedades del todo, de tal manera que por separado, pierde sus propiedades y el funcionamiento general del mismo. Harrscher (2005), menciona que los sistemas no son cosas, si no que hay cosas a las que decidimos tratar como sistemas, incluso hace referencia a que en ciertas ocasiones ni siquiera son cosas, sino ante sistemas mecánicos, biológicos, sociales, como sistemas de ideas o de comportamiento. Con base en lo anterior, resulta importante destacar que el sistema esta integrado por componentes (de diferente naturaleza) interrelacionados, que actuan hacia un objetivo común, generando entradas y salidas en un proceso de transformación, pero esto dependera del interés de la persona que lo analice o como se analice (Checkland, 1999).

Van Gigch (1990), quien menciona “si el todo es la suma de las partes el todo es más que la suma de sus partes, donde el todo determina la naturaleza de las partes y donde las partes, no pueden comprenderse si se consideran de forma aislada del todo”. Es decir, las partes están dinámicamente relacionadas o son interdependientes. Los sistemas biológicos o agricolas de acuerdo con la teoria general de sistemas (TGS) son

sistemas abiertos, ya que sus componentes interactúan con componentes de otros sistemas. En cuanto a su función, esta definida por la estructura de cada sistema.

4.2. El concepto de Agroecosistemas (AES)

Conway (1987), el agroecosistema (AES) es un ecosistema modificado por el hombre, para la obtención de productos alimenticios, con una estructura compleja debido a interacciones de procesos ecológicos, además de ser dinámicos. El término agroecosistema (AES) es una palabra compuesta por “Agro” que proviene del latín *Ager*, que significa campo, tierra, suelo con sentido de producción y ecosistema, como el sentido de la naturaleza constituido por organismos vivientes y sustancias inertes que actúan o forman parte del hábitat (Maass y Martínez, 1990). Al igual que un ecosistema, los agroecosistemas están integrados por un grupo de componentes bióticos y abióticos y las interacciones entre ellos en tiempo y espacio determinados, bajo el control humano, sufriendo modificaciones de sus componentes (Elliot y Cole, 1989; Soriano y Aguilar, 1998). Esas modificaciones, afectan a todos los procesos ecológicos, abarcando desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones, hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía (Ghersa y Martínez, 1991). En adición, Martínez-Dávila *et al.* (2004), señalan que en muy pocas ocasiones se incluye el papel que desempeña el ser humano en el manejo y transformación del agroecosistema (AES) como controlador. Por lo que, en las condiciones actuales de nuevos retos y el abordaje de problemas complejos, sugieren ampliar la extensión del concepto en este sentido.

Ruiz-Rosado (2006), define al agroecosistema (AES), como un sistema de relaciones entre organismos coparticipes en la agricultura, considerando que tiene raíces en la concepción de la agricultura como un ecosistema agrícola, y lo define, como “la unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y su combinación y donde inciden los factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo”.

Así mismo Sandoval y Villanueva (2009), definen al agroecosistema como, la unidad de estudio de los sistemas de producción agrícola en los que se ejerce el control humano, en la interacción con los recursos naturales. Vilaboa (2011), menciona que el enfoque en agroecosistemas, considera las interrelaciones entre los factores agroecológicos, físico-biológicos, productivos, tecnológicos y socioeconómicos en la producción y obtención de alimentos, bienes y servicios que demanda la sociedad. Lo anterior evidencia que el AES es un concepto con diferentes acepciones, enfoques y que esto depende del investigador y del tipo de investigación a realizar (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009). Que el agroecosistema puede ser entendido como una forma de ver y analizar a la agricultura, que es una abstracción de espacios para la agricultura, es un modelo de estudio y análisis y que es una forma de ver al mundo y de analizarlo a diferentes escalas y tiempos, que no sólo produce bienes tangibles sino intangibles que están sujetos a control externo y que no existen en la naturaleza *per se*, sino que es una invención, transformación y modificación humana (Pérez-Vázquez, 1996).

Con base a lo anterior, para el presente trabajo de investigación, se define el Agroecosistema como un sistema donde involucra factores bióticos y abióticos, además la interacción del tiempo, espacio, lugar y controlador. *J. curcas* L., es un componente más dentro de los agroecosistema. Dado que sus dimensiones físico-biológico y técnico-productivo tiene fundamentos y justificación, ya que analiza, la plantación, donde se tiene genotipos con una densidad de siembra, la cuál está constituida en relación entre componentes con un arreglo espacial de plantas, pertenecientes a la misma especie.

5. MARCO DE REFERENCIA

Este apartado hace una revisión sobre algunos temas que ayudan a contextualizar la presente investigación. En primer lugar, se aborda la problemática mundial de los combustibles fósiles, los biocombustibles, *Jatropha curcas*, como una opción para biodiesel, el origen y distribución de *Jatropha curcas* L., descripción botánica y taxonómica, requerimientos edafoclimáticos, el cultivo de *Jatropha curcas* L., descriptores morfológicos, contenido de aceite y rendimiento de superficie.

5.1. Problemática mundial de los combustibles fósiles

El aumento del precio internacional del petróleo durante el año 2008 alcanzó niveles históricos, ante esta situación se dió auge para incentivar a la investigación y uso de fuentes alternas de energías renovables. Una de las mejores opciones son el uso de biocombustibles líquidos, especialmente el bioetanol y biodiésel, como fuente alterna y a la reducción de emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera (Gübitz *et al.*, 1999; Pramanik, 2003; Pimentel y Patzek, 2005; Ovando-Medina *et al.*, 2009). Algunas oleaginosas considerados como la mejor opción para la producción de biodiesel; son la colza, soya, palma de aceite, girasol, coco y la *Jatropha*; y la caña de azúcar, maíz, sorgo dulce, yuca y remolacha, para la producción de etanol (Sarin *et al.*, 2007).

La necesidad de promover los recursos energéticos renovables ha llevado al surgimiento y fortalecimiento de la producción de biocombustibles. La “producción de biodiesel en el mundo durante el año 2001 fue de 1000 10⁶ y para el 2009 se incremento a 16000 10⁶ L, obteniendo una tasa acumulativa de crecimiento anual del 42 % del 2001 al 2009. Se pronostica que para el 2020 se producirán alrededor de 45000 10⁶ l, teniendo una tasa acumulativa de crecimiento anual del 10 % del 2009 al 2020” (GlobalData, 2010). Las principales regiones de producción de biodiesel de acuerdo al GlobalData en 2010 son: Europea: 49.8 %, América: 32.8 %, Asia-Pacífico (Australia, China, India). Los principales países productores de biodiesel son: Alemania, Estados Unidos, Francia, Argentina y Brasil. Por otra parte ante este panorama en México, han surgido instituciones involucradas para el fomento y desarrollo de los biocombustibles.

El Diario Oficial de la Federación (2008), “establece que la SAGARPA impulsará la producción de insumos para los bioenergéticos, sin poner en riesgo la seguridad alimentaria; la Secretaría de Energía (SE), impulsará el desarrollo y comercialización de los bioenergéticos, su introducción al mercado y establecerá las normas mexicanas para difundir la mezcla de etanol y biodiésel, como componentes de la gasolina y el diésel; la Secretaría de Medio Ambiente (SEMARNAT) establecerá los lineamientos sobre el medio ambiente y evitará el cambio de uso de suelo forestal a agrícola para la producción de bioenergéticos”. En el estado de Veracruz “se creó el Instituto Veracruzano de Bioenergéticos (INVERBIO), cuyo objetivo es organizar, dirigir, coordinar y ejecutar la investigación y desarrollo tecnológico para la producción de bioenergéticos en la entidad, tales como el bioetanol y biodiésel, entre otros, así como fungir como instancia normativa y de consultoría en la materia” (Gaceta Oficial del Estado de Veracruz, 2012).

5.2. Biocombustibles

Biocombustible se define como cualquier tipo de combustible, que se derive de la biomasa o masa biológica, ya sea con el propósito de generación de electricidad o para usarse en el transporte. A cada tipo de biomasa, corresponde una tecnología y proceso diferente para su beneficio y transformación como bioenergía. De acuerdo a la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (2008), los biocombustibles son productos energéticos obtenidos de biomasa de origen agropecuario, forestal o desechos orgánicos y su transformación en biogas, bioetanol y biodiésel.

“Los biocombustibles más usados y desarrollados actualmente son el etanol y el biodiésel. El etanol, es un alcohol producido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en la caña de azúcar, maíz, remolacha, cebada, sorgo y otros cultivos energéticos. Desde el año 2003 se ha incorporado la tecnología en vehículos, lo cual permite mezclar etanol y gasolina en el tanque y tener la capacidad de funcionar con cualquier mezcla de ambos (IICA, 2004). El biodiésel se obtiene a partir del procesamiento de aceites vegetales obtenidos de oleaginosas como: el de soya, colza, girasol, cártamo, palma de aceite, *J. curcas*, entre otros cultivos y residuos orgánicos como aceite quemado y cebo animal.

5.3. *Jatropha curcas* una opción para biodiesel

La planta de *J curcas*, se ha convertido en una alternativa, como fuente de materia prima, para producción del biodiésel, debido al alto contenido de aceite en sus semillas, además de las características propias de la especie que la hacen aun más atractiva (Heller, 1996). Por ejemplo, la capacidad de adaptarse en terrenos marginales poco favorables para la agricultura, y su plantación no compite por suelos que son usados para la producción de alimentos (King *et al.*, 2009). Se cultiva en países tropicales de América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África (Torres, 2007).

En México, se estima que la superficie plantada de *J. curcas* es de 3070 a 6500 ha (GEXSI, 2008), esto de acuerdo a datos del 2007 a la fecha. Investigadores del INIFAP, mencionan que en el país existe 6.000,000 ha, con potencial para el cultivo de *Jatropha*, de las cuales 2.6 millones son óptimas, en terrenos con una altitud de 900 msnm, temperatura de 18-28 °C de temperatura y precipitación de 600 a 1,200 mm (Zamarripa *et al.*, 2008). La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a destinado apoyos para la siembra de 28 mil hectáreas. Entre los estados de la República Mexicana con potencial para producción de *J. curcas*, se encuentran los estados de Sinaloa (557,641 ha), Tamaulipas (317,690 ha), Michoacán (197,288 ha), Chiapas (230,273 ha) y Guerrero (282,158 ha) (Aguillón, 2008; Díaz *et al.*, 2009; SAGARPA, 2012).

La especie posee características potenciales, tales como: rendimiento de semilla y aceite, buena calidad de aceite para la producción de biodiesel, precocidad y longevidad, alternativa de diversificación, posibilidad de inserción en la cadena productiva, generación de empleos por la mano requerida para su producción y cosecha (Henning, 1998; De la Vega, 2008). La utilización de *J.curcas*, como alternativa para producir biodiesel estuvo en constante crecimiento (Achten *et al.*, 2008).

5.4. Origen y distribución de *Jatropha curcas*

El origen de *J. curcas* sigue estando en debate en la actualidad, varios investigadores han tratado de descubrir y definir el origen, de *Jatropha curcas*, es probablemente que haya sido distribuida por los portugueses en Islas de Cabo Verde y en otros países de África y Asia (Serra, 1950; Dehgan y Webster, 1979). Pero las últimas investigaciones han llegado a la conclusión de que es nativa de México y Centroamérica, donde se encuentra en bosques y regiones costeras (Wilbur, 1954; Aponte, 1978; Achten *et al.*, 2008). La distribución de esta planta ocurre en altitudes cercanas al nivel del mar, hasta dos mil metros de altitud, donde las precipitaciones pluviales varían en un intervalo de 300 a 1800 mm anuales (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2013). Actualmente se encuentra distribuida en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia y África (Alfonso, 2008).

En México, se encuentra distribuida en diferentes estados como son: Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Morelos (Martínez *et al.*, 2006).

5.5. Descripción botánica y clasificación taxonómica

La descripción taxonómica y clasificación de *J. curcas*, fue realizada por Carlos Linneo (1753-1754). El género *Jatropha* es diverso y comprende unas 188 especies, 48 de ellas se encuentran en México, de las cuales el 81 % son endémicas (Steinmann, 2002; Martínez *et al.*, 2006). *Jatropha* que significa del Gr. *jatros*: médico; *trophe*: alimento. En México *J. curcas*, tiene varios nombres comunes, asociados a las lenguas Ashcuahuitl (Náhuatl), Ashté (Náhuatl) Cak siil (Huave), Cuipi (Tzotzil), Kxakal-che (Maya), Scu-luú (Totonaca), Yaga-be-pale (Zapoteco) y Xuta (Totonacapan) (Lozoya, 2009).

El nombre de común de *J. curcas*, varía entre países: piñón botija, piñón de cercas y piñón purgante (Cuba), piñol (Perú), Tempate (Costa Rica y el Salvador) coquillo, (Honduras), cotoncillo (España) (Bisse, 1988). Otros nombres son: coquito, capate, higo del duende, barbasco, higo del infierno, purga de fraile, tua tua, pinhao manso entre otros (Torres, 2007). En México los nombres comunes son: nuez purgante, piñón o piñoncillo, piñón mexicano y purgante (Martínez, 2005).

Clasificación taxonómica de *J. curcas* L.

Reino:	Plantae
Filo/División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Malpighiales</i>
Familia:	<i>Euphorbiaceae</i>
Subfamilia:	<i>Crotonoideae</i>
Tribu:	<i>Jatrophaeae</i>
Género:	<i>Jatropha</i>
Especie:	<i>curcas</i>

Fuente: Linneo (1753-1754).

Planta. Es un arbusto caducifolio que puede alcanzar alturas de 5-8 m (CATIE, 2001); la propagación de la especie se realiza de manera sexual y asexual. Cuando florece produce frutos que tiene semillas, cuyas almendras tienen alto contenido de aceite, por lo que se considera una planta oleaginosa.

Tallo. Crecen de forma simpodial con discontinuidad morfológica en cada crecimiento, produce ramas con savia, además forma cinco raíces una central y cuatro periféricas (Torralba *et al.*, 2008).

Hojas. Las hojas son simples con 5 a 7 lóbulos, con una longitud de 10 a 15 cm y ancho de 9 a 15, en forma ovada, con nervaduras blanquecinas y salientes en el envés, las cuales durante la época seca caen (Guerrero, 2010). Son alternas con una filotaxia en espiral. El haz es de color verde claro y pelillos finos (Heller, 1996).

Flores. La floración es monoica, con los órganos masculino y femenino ambas flores son pequeñas de 6 a 8 mm, en la misma planta (Heller, 1996; Jongschaap *et al.*, 2007). Las inflorescencias se forman en la inserción entre las ramas y peciolos de las hojas, la proporción de flores masculinas-femeninas varía entre 13.01 a 29.1 (Raju y Ezradanam, 2002; Jongschaap *et al.*, 2007), con 10 a 20 % y 80 a 90 % de flores femeninas y masculinas, respectivamente. La cantidad de inflorescencias y frutos está directamente relacionado con el número de ramificación de la planta.

Fruto. Los frutos tienen forma ovoide, de 4-5 cm de largo y 3-4 cm de ancho (Mishra, 2009), presenta varias etapas de maduración primero es verde y cuando está maduro adquiere un color amarillo; cada fruto presenta de dos a tres semillas.

Semilla. Las semillas son elipsoides de 20-24 mm de longitud y 10-12 mm de ancho, pesan en promedio de 0.65 g (Heller, 1996). Además contienen de 35 a 40 % de aceite en la semilla y 50 a 60 % en la almendra (Heller, 1996; Toral *et al.*, 2008).

5.6. Requerimientos edafoclimáticas

J. curcas, es una planta, que se adapta y crece en suelos poco productivos, pobres y arenosos, en climas tropicales y semi-tropicales. Se utiliza como cerco vivo y en la reforestación de zonas erosionadas (Achten *et al.*, 2008; Maes *et al.*, 2009). De la Vega (2006), reporta que los suelos deben ser arenosos, ventilados y bien drenados, pH entre 5 y 7, tolera normalmente altas temperaturas (hasta 35 °C), pero no tolera bajas temperaturas (menores a 18 °C) y escarchas ligeras (Cuadro 1). Se adapta en suelos con una fertilidad media, una profundidad mínima de 60 centímetros, y requiere de cantidades suficientes de agua (Gush, 2008; Abou y Atta, 2009; CVTTS-FPS, 2009).

Cuadro 1. Factores climáticos, altitud y pendiente para *J. curcas* L.

Factores climáticos	Cantidades	Autor(es)
Temperatura (°C)	18-28	CATIE (2008)
	19.3-27.2	Heller (1996)
	20-28	Achten <i>et al.</i> (2008)
Precipitación (mm)	600-1 200	CATIE (2008)
	900-1 200	Foidl <i>et al.</i> (1996)
	300-1 800	De la Vega (2006)
Altitud (msnm)	0-1 600	Achten <i>et al.</i> (2008)
	1-1 300	Maes <i>et al.</i> (2008)
	0-1 200	De la Vega (2006), Gour (2006)
Pendiente (%)	No mayor a 30	Tiwari <i>et al.</i> (2007)

Fuente: Sólis-Gúzman (2011).

5.7. Propagacion de *J. curcas*

Heller (1996) y el IIAP (1999) mencionan que la propagación de *J. curcas* se realiza de dos manera sexual (semillas) o asexual (esquejes o estacas).

Propagación sexual

Para que se pueda realizar esta propagación es necesario el sexo masculino y femenino, a través del proceso de polinización y fecundación se forma la semilla. Este proceso solo se realiza por semillas (Irigoyen y Cruz, 2005). Es importante conocer las características de producción, características del fruto, precocidad, sanidad y vigor de la planta de donde se esta obteniendo las semillas (Barros, 2007). Las semillas muestran porcentajes altos de germinación, alrededor del 80 %, inicia a los 7 a 10 días después de la siembra (Heller, 1996). Es una semilla ortodoxa (tolerantes a la desecación) (Kobilke, 1989; Heller, 1996; Bautista *et al.*, 2010).

Las plantas pueden permanecer durante su desarrollo en una cama de arena o en bolsas durante tres meses en vivero y despues se transplantan a campo cuando tienen una altura entre 30 a 40 cm (Joker y Jepsen, 2003). Para entonces estas ya habrán desarrollado sus cuatro raíces laterales y una raíz pivotante (Reubens *et al.*, 2011), tienen un olor repelente que les impedirá ser comidas por animales. Octagon (2006), menciona que en la propagación por semillas se obtiene mejores resultados en producción de frutos y aceite. La desventaja de esta propagación, es que presenta una polinización cruzada, lo que determina la variabilidad genética en los cultivos (Nunes, 2007).

Propagación asexual

Conocida tambien como propagación vegetativa. Existen diferentes formas utilizadas en este método por estacas, esquejes, injertos o propagación de copas, usando acodos, raíces y por cultivo de tejidos (Irigoyen y Cruz, 2005). Para el establecimiento de *J. curcas*, mediante propagación vegetativa se deben seleccionar materiales que presenten alta producción de semilla y aceite, para asegurar el éxito del cultivo (Gondim *et al.*, 2009). Peixoto (1973), menciona que las estacas deben ser obtenidas de plantas con

más de dos años de edad y que no presenten plagas o enfermedades, considerando la base del tronco como las mejores. Sin embargo Silva (2005), menciona que el material vegetativo muy adulto presenta dificultad para enraizar. La principal ventaja en esta propagación es la reproducción ya que genéticamente es igual a la planta madre.

En la revisión de literatura se sugiere que las estacas sean de 40 a 60 cm de longitud (Peixoto, 1973), 30 a 40 cm (Drummond *et al.*, 1984) y 100 cm (Cordero y Boshier, 2003). Santoso *et al.* (2008), mencionan que obtuvieron mejores resultados en estacas de 20 a 30 cm de longitud. Sin embargo, Zamarripa *et al.* (2009), recomiendan cortar las estacas en temporada de lluvias de 0.80 a 1.0 m de largo y 4 cm de diámetro. Henning (2007), menciona que este método de multiplicación es más rápida que por semilla, ya que las estacas que provienen de plantas adultas presentan inflorescencias más rápidas. Mukherjee *et al.* (2011), mencionan que las plantas de esta propagación presentan una vida corta y son más propensos a enfermedades y a sequias.

5.8. Manejo en plantaciones de *Jatropha curcas*

Todo tipo de cultivo requiere de prácticas de manejo para tener buenos resultados; establecimiento de cultivo, fertilización, riego, poda y cosecha.

Establecimiento de cultivo

Para establecer la plantación de *J. curcas*, Heller (1996), recomienda distancias de 2 m x 2 m a 3 x 3 m y en cercas vivas de 25 cm. Hooda y Rawat (2005), consideran que 2 m x 2 m son las óptimas. Aunque Mayorga (2006), menciona que debe hacerse de 2 x 4 m y esto en el primer año de vida de la planta. Los esquejes pueden plantarse directamente a campo cuando las condiciones de humedad y suelo sean favorables a una distancia de 3 m x 3 m entre plantas y surcos, y en cepas de 30 cm x 30 cm x 30 cm (Kaushik y Kumar, 2006).

Fertilización

Durante el trasplante se puede realizar la fertilización con abono orgánico (estiércol), en cantidad de 1 a 2 kg por planta y 150 gr de superfosfato, seguido de 20 gr de urea

después de los 30 días, la aplicación de urea y superfosfato, propician la floración (De la Vega, 2006). Achten *et al.* (2008), menciona que la fertilización puede aumentar la producción de semilla y el contenido de aceite.

Riego

J. curcas es una planta que puede adaptarse con precipitaciones desde 300 milímetros al año, aunque su rendimiento es menor. Se recomienda realizar riegos durante la época seca y etapa de crecimiento, a través del riego pueden aumentar el rendimiento (Ywe, 2009). Abou y Atta (2009), mencionan que el exceso de humedad reduce el rendimiento de semilla.

Poda

BUNCA (1997) y Mayorga (2006), consideran necesarias las podas a partir de los tres años, ya que permite regular la altura de las plantas para facilitar la cosecha, permitiendo la penetración de la luz hasta las ramas inferiores y el paso del tractor para la eliminación e incorporación de maleza y rastrojos, así mismo sirve de saneamiento, eliminando las ramas muertas para evitar el desarrollo de pudriciones, y aumentar los brotes productivos. La poda debe realizarse entre diciembre y enero, ya que en estos meses la planta está en reposo (Alfonso *et al.*, 2009; Campuzano, 2009). Jones y Miller (1992), señalan que una plantación con un manejo adecuado se pueden lograr mayores rendimientos.

Cosecha

La floración inicia durante el período de lluvias, aunque en regiones permanentemente húmedas se presenta durante todo el año (Joker y Jepsen, 2003). La producción de los frutos inicia desde el primer año de siembra (Montes, 2008), la maduración del fruto ocurre 90 días desde la floración, proceso donde los frutos se tornan amarillentos y café al secarse (Heller, 1996). La cosecha se realiza en varias ocasiones durante el año, ya que no todos los frutos maduran al mismo tiempo (Jongschaap *et al.*, 2007).

5.9. Descriptores morfológicos

Existen descriptores definidos para diferentes cultivos, entre éstos, se encuentran los de *J. curcas* propuestos a nivel nacional y otros a nivel internacional. Para realizar la caracterización morfológica de la planta se utilizan descriptores reconocidos, ya que dentro de la especie son de fácil observación y medición. Los descriptores morfológicos proporcionan información de plantas sobresalientes que podrían ser utilizadas para su propagación (Becerra y Paredes, 2000). La caracterización es definida como la descripción de características morfológicas y fenológicas, y la interacción con el ambiente. En el Cuadro 2 se describen los descriptores sugeridos por Laviola (2009) y Campuzano (2009), organizados en tres grupos diferentes; componentes de rendimiento con 8 descriptores; características agronómicas con 16 y 3 características de interés en particular. Un total de 27 descriptores.

Cuadro 2. Descriptores usados para la caracterización de *Jatropha curcas* L.

DESCRPTORES	CARACTERÍSTICAS	
	Cuantitativo	Cualitativo
Componente de rendimiento		
Número de ramas/planta	*	
Número de racimo/rama	*	
Número de frutos/racimo	*	
Número de semillas/fruto	*	
Peso de las semillas	*	
Contenido de Aceite	*	
Rendimiento de granos/planta	*	
Rendimiento de aceite/planta	*	
Características Agronómicas		
Altura de la planta	*	
Diámetro del tallo	*	
Proyección de la copa	*	
Longitud de la hoja	*	
Ancho de hoja	*	
Razón longitud/ancho de la hoja	*	
Juvenilidad		*
Peso de frutos	*	
Longitud de frutos	*	
Ancho de frutos	*	
Razón longitud/ancho de frutos	*	
Longitud de las semillas	*	
Ancho de las semillas	*	
Razón longitud/anchura de las semillas	*	

Producción de granos	*	
Producción de aceite	*	
Descriptor de interés particular		
Uniformidad de maduración		*
Toxicidad (Ésteres de forbol)	*	
Contenido de Ácido Linoleico	*	

Fuente: Laviola y Campuzano.

En México la Red de *Jatropha spp* (SAGARPA-SINAREFI), tiene para la descripción algunos descriptores cualitativos y cuantitativos. El Cuadro 3 indica las características y el nivel de expresión para describir adecuadamente la gama del descriptor.

Cuadro 3. Descriptores de la Red *Jatropha curcas* L., en México.

DESCRPTORES	NIVEL	CARACTERÍSTICAS	
		Cuantitativos	Cualitativos
Planta: porte	Erguido		
	Semierguido		
	Abierto		*
Lámina foliar: longitud	Corta		
	Media		
	Larga	*	
Lámina foliar: Anchura	Estrecha		
	Media		
	Ancha	*	
Lámina foliar: relación longitud/ancho	Pequeña		
	Media		
	Grande	*	
Lamina foliar: forma de la base	Cordada		
	Redondeada		*
Lámina foliar: margen	Entero		
	Cerrado		*
Lámina foliar: forma del ápice	Apiculado		
	Acuminado		*
Lámina foliar: intensidad de la coloración antociánica	Ausente o muy débil		
	Débil		
	Media		
	Fuerte		
Lámina foliar: lóbulos	Muy fuerte	*	
	Ausente o muy pocos		
Lámina foliar: lóbulos	Medios		
	Abundantes	*	
Pecíolo: longitud	Corto		
	Medio	*	

	Largo		
	Ausente o muy débil		
Pecíolo: pigmentación antociánica	Media		*
	Fuerte		
	Solo femeninas		
Inflorescencia: relación masculinas/hermafroditas /femeninas	Mayormente femenina		
	Mayormente hermafroditas	*	
	Mayormente masculinas		
Flores femeninas: longitud de los pétalos	Corta		
	Media		
	Larga		*
Flores femeninas: anchura de pétalos	Estrecha		
	Media		
	Ancha	*	
Flores femeninas: relación longitud /anchura de los pétalos	Pequeña		
	Media		
	Grande	*	
Flores femeninas: forma de los sépalos	Elíptico Oval		
	Oval ancho		
	Triangular		*
Flores femeninas: intensidad del color verde de los pétalos	Claro		
	Medio		*
Fruto inmaduro: intensidad de color verde	Claro		
	Medio		
	Obscuro		*
Fruto: grosor de pericarpio	Delgado		
	Medio		
	Grueso	*	
Fruto: longitud	Corto		
	Medio		
	Largo	*	
Fruto: ancho	Estrecha		
	Medio		
	Ancha	*	
Fruto: relación longitud/ancho	Pequeña		
	Media		
	Grande		*
Fruto: forma	Achatada		
	Circular		
	Elíptico		*
Fruto: longitud del pedúnculo	Corto		
	Medio		
	Largo	*	
Semilla: forma	Oblonga		*

	Elíptica Obovada	
	Corta Media Larga	*
Semilla: longitud	Estrecha Media Ancha	*
Semilla: ancho	Pequeña Media Grande	*
Semilla: relación longitud/ancho	Delgado Media Grueso	*
Semilla: grosor	Medio Obscuro	*
Endocarpio: intensidad de color marrón	Opaco Brillante	*
Endocarpio: brillantez	Ausente o débil Media Alta	*

Fuente: Guía técnica para la descripción varietal *Jatropha curcas* L.

Rendimiento de semillas y producción de aceite

El rendimiento de semilla depende de varios factores, como son las condiciones donde se encuentre establecido el cultivo, precipitación, tipo y fertilidad del suelo (Francis *et al.*, 2005), así como la genética de la planta, edad, manejo que se le brinde al cultivo (espacio de siembra, método de propagación, poda, riego y fertilización) (Achten *et al.*, 2008), su producción y contenido de aceite (Heller, 1996; Sakaguchi y Somabhi, 1987). Los rendimientos en semilla y producción de aceite en la literatura son variables, como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimiento de semillas y aceite, en diferentes países y edad de la planta.

Referencia	Localidad	Años de la planta	R. de semilla t ha ⁻¹	P. de aceite l ha ⁻¹
Silveira <i>et al.</i> , 1934	Cabo Verde		0.2 a 0.8	
Larochas 1948	Maní		8	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	3	0.1	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	4	0.7	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	5	1	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	6	2	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	7	3	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	8	4	
Matsuno <i>et al.</i> , 1985	Paraguay	9	5	
Stienswat <i>et al.</i> , 1986	Tailandia	1	0.794	
Naigeon 1987	Cabo Verde		17.5	
Ishii <i>et al.</i> , 1987	Tailandia		2.146	
Openshaw 2000		5	4 a 12	
Martínez 2005	México	5	5	
Parsons 2005	África		8	
Francis <i>et al.</i> 2005	India	5	5	
Kaushik <i>et al.</i> , 2006		2		1 900
Martínez <i>et al.</i> , 2006	México	1	1.2	
Nunes, 2007				1 100 a 1 700
De Assuncao <i>et al.</i> , 2010		1		1 590
Embrapa Agroenergía 2012		4 a 9	1.5 a 3.5	
Achten et al 2008		1	1 a 2.5	

5.10. Extracción de aceite

Para la extracción del aceite de las semillas de *J. curcas*, existen dos métodos: el mecánico a través de prensado y el químico con el uso de solvente (Forson *et al.*, 2004).

Extracción mediante prensado

Este proceso es muy antiguo y se originó en Europa en 1975. Consiste en someter las semillas a presión en forma continua. La extracción de semillas mediante este proceso presenta problemas en la pureza y recuperación del aceite cerca del 60% (Forson *et al.*, 2004). Los equipos que se utilizan son: tornillo de alta o baja presión, extractor tipo expeller, extractor centrífugo, extractor tipo decantar y rodillos de prensa (Sánchez, 2009). La extracción por prensado puede ser en frío o en caliente (Thomas, 2003).

Extracción mediante solventes

Este proceso es cononocido como extracción líquido-líquido, empleado para el laboratorio. El material debe penetra el solvente (Gerpen, 2006; Cardona, 2009). Este método de extracción recupera del 95-99 % de aceite y presenta una alta calidad y pureza (Achten *et al.*, 2008). Los solventes más utilizados en la extracción son; hexano, pentano, solventes halogenados y agua mediante el uso de enzimas (Thijs, 2006). Para tener una mejor eficiencia en la extracción, en las semillas se debe quitar la testa y posteriormente tamizarlas, las células deben romperse para aumentar la transferencia de masa (García-Serrato, 1981). Los solventes se recuperan por destilación y pueden ser utilizados nuevamente (Sánchez, 2009).

Equipos para la extracción química

La extraccion puede hacerse por dos métodos continua (Metodo Goldfish) o intermitente (Metodo Soxhlet), con un solvente adecuado. La extracción continua ha influido, en forma positiva y negativa en la calidad del aceite (Amirante *et al.*, 1993):

Ventajas de la extracción continua:

- ✓ El aceite extraido tiene menor acidez.
- ✓ Los aceites extraidos tienen más polifenoles y coloración.
- ✓ El hidroxitirsol (compuesto fenólico), se encuentra en mayor cantidad en este proceso.

Desventajas:

- ❖ Solventes inflamables.
- ❖ Debe trabajarse sobre una muestra seca de muy baja humedad.

Ventajas de la extracción intermitente :

- ✓ Instrumento simple.
- ✓ Capacidad de recuperación.
- ✓ No requiere filtración.
- ✓ Se logra extraer todas las propiedades de lo que se manciera.

Desventajas

- ❖ Es un proceso lento.
- ❖ Requiere de una gran cantidad de solvente.

Método de Goldfish

Extracción continua. En este método el solvente hace contacto con la muestra. El solvente gotea continuamente a través de la muestra para extraer la grasa. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia del peso entre la muestra o la grasa removida (Nielsen, 2003).

Método de Soxhlet

Extracción intermitente. En este método el solvente se calienta, se volatiza y se condensa goteando sobre la muestra. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso (Nielsen, 2003).

Metodo por lotes (Batch)

Este metodo hace uso de la solubilidad intrínseca de la sustancia a separar; es claro que un compuesto no polar es soluble en un disolvente no polar (Hoffman, 1989). En la extracción se realiza en frio.

Método de Bligh-Dyer

Es un proceso más rápido en la extracción, el método se basa en la homogenización de la muestra con cloroformo, metanol y agua en proporciones tales que se forme una sola fase miscible con el agua de la muestra. La ventaja de este procedimiento es, que las etapas de filtrado y lavado son eliminadas. Sin embargo no es un método cuantitativo y tiene un margen de error muy alto para las muestras secas (Rossell y Pritchard, 1991).

Metodo de Mojonier

Extracción discontinua con solvente. Esta extracción no requiere remover la humedad de la muestra. (Nielsen, 1998). La grasa es extraida con una mezcla de éter étilico y éter de petróleo en un matraz de Mojonier.

6. SÍNTESIS DE REVISIÓN DE LITERATURA Y MARCO TEÓRICO

La revisión de conceptos e información de literatura sustentan el presente trabajo de investigación. La planta de *Jatropha curcas* L. crece en climas tropicales y semi-tropicales del mundo, a México se le considera su centro de origen aunque se encuentra distribuida en diferentes regiones del mundo, crece en suelos pobres y arenosos, y es tolerante a sequias.

En México en los últimos años ha tenido el interés por esta planta, ya que presenta varios atributos como medicinal, y alimenticia, solamente en México se ha encontrado materiales no tóxicas, particularmente en la zona del Totonacapan en el estado de Veracruz, es consumida como botana y para elaborar platillos. La importancia actual de esta planta, es principalmente el contenido de aceite que tienen las semillas ya que puede ser convertido a biodiesel por un proceso llamado transesterificación. El biodiesel puede ser utilizado en motores para contribuir en la reducción de bióxido de carbono y el calentamiento global, así como también ser el reemplazo de los combustibles derivado del petróleo. Para la extracción de aceite existen dos métodos para obtener el aceite a través de prensado y solvente, los equipos mayormente utilizados para la extracción son el goldfish y soxhlet.

En México existen varios estados que tienen potencial para establecer esta planta, y Veracruz es uno de ellos, pero el principal problema que presenta es la maduración no homogénea en los frutos, lo que genera grandes problemas en las cosechas y bajo rendimiento de semillas. Además se desconoce las características morfológicas, productivas y contenido de aceite de materiales sobresalientes, debido que es una planta que está en proceso de domesticación. Asimismo, permitirán seleccionar materiales sobresalientes, lo cual sería de gran ayuda para garantizar el éxito del cultivo.

7. LITERATURA CITADA

- Abou, K. A. A., and N. M. M. Atta. 2009. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit, yield, water uses efficiency and oilseed characteristics. *Biomass and Bioenergy* 33(10):1343-1350.
- Achten, W. M. J., L. Verchot, Y. J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts, and B. Muys. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32:1063-1084.
- Ackoff, R. L. 2003. Definiendo "Sistema". En: Herrscher E. G. (ed). *Pensamiento sistémico caminar el cambio o cambiar el camino*. Granica, Buenos Aires, Argentina. pp: 217-219.
- Alfonso, J. 2008. Manual para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras. La Lima Honduras. Proyecto Gota Verde. 34 p.
- Alfonso, J. y Reyes, P. 2009. Poda del cultivo del Piñón (*Jatropha curcas*). Proyecto Gota Verde. La lima, Cortes, Honduras C. A. 15 p.
- Aguillón, J. 2008. Panorama de la bioenergía y criterios de sustentabilidad para biocombustibles (en línea). Disponible en www.icq.uia.mx/webicq/pdf/javier.pdf. (Consulta el 12 de julio 2015).
- Amigun, B., Sigamoney R., and Von Blottnitz, H. 2008. "Commercialization of biofuel Industry in Africa: A review" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(3): 690–711.
- Amirante, P., Di Renzo, G.C., Di Giovacchino, L., Bianchi, B. y Catalano, P. 1993. "Evolución tecnológica de las instalaciones de extracción del aceite de oliva", *Olivae*, 48: 43-53
- Aponte, H. C. 1978. Estudios de *Jatropha curcas* L., como recurso biótico. Bachelor thesis. Universidad Veracruzana Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
- Awal, M., I. Wan, J. Endan, and M. Haniff. 2004. Regression model for computing leaf area and assessment of total leaf area variation with frond ages in oil palm. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(5):642-646.
- Balota, E. L., O. Machineski, P.V. Truber, A. Scherer, and F.S. de Souza. 2011. Physic nut plants present high mycorrhizal dependency under conditions of low phosphate availability. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 23(1):33-44.
- Bautista, R. E., T. L. Cordova, M. J.C. Molina, H. J. Martínez, S. J. A. Cuevas, T. J. Cibrián 2010. Tesis "Tolerancia a la desecación y caracterización química de semillas de

- piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) colectadas en el totonacapan". Colegio de Postgraduados. 73 pp.
- Becerra, V. y M. Paredes. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Agricultura Técnica* 60 (3):270.
- Berrios, M., J. Siles, M. A. Martín, and A. Martín. 2007. A kinetic study of the esterification of free fatty acids (FFA) in sunflower oil. *Fuel* 86:2383–2388.
- Berrios, M., and R Skelton. 2008. Comparison of purification methods for biodiesel. *Chemical Engineering Journal* 144(3): 459-465.
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 154 p.
- Bonilla, B. M. L., P. K, Espinosa, T. A.M. Posso, A. H. D. Vásquez, F. J.M. Muñoz. 2008. Establecimiento de una colección de trabajo de uchuva del suroccidente Colombiano. *Acta Agronómica* 57 (2):95.
- Brittaine, R., and N Lataladio. 2010. *Jatropha*: A Smallholder Bioenergy Crop: The Potential for Pro-Poor Development. Integrated Crop Management. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations; 96 p.
- Bunca.1997. Fundación Red Energía. Realización de podas en el cultivo de tempate. Boletín Cultivo del Tempate en Nicaragua. Biomass Users Network, Costa Rica Proyecto Biomasa de Nicaragua con cooperación técnica de Austria.
- Campuzano, L. F. 2009. Perspectivas de la investigación de *Jatropha curcas* L. en Colombia PARTE I: Componente Genético. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 62(3): 51-63.
- Cardona C., L. Gutiérrez y C. Orrego. 2009. Biodiesel. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Castro, P., J. Coello, y L. Castillo. 2007. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Soluciones Prácticas-ITDG. Clasificación SATIS. Descriptores OCDE. Serie Libros 51. p. 1-78.
- CATIE. 2001. *Jatropha curcas* Linneo. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no. 154. Turrialba, CR.
- CATIE. 2008. Árboles de Centroamérica: Un Manual para Extensionista. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica 624 p.

- Centro de Validación y Transferencia de Tecnología-Fundación Produce de Sinaloa (CVTTS-FPS). 2009. Potencial de producción de *Jatropha curcas* en Sinaloa, como una alternativa más para la producción de biodiesel. Informe Técnico. 10 p.
- Conway, G.R. 1987. The properties of Agroecosystems. *Agricultural Systems* 24:97-117.
- Cordero, J., and D. H. Boshier. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Costa Rica: OFI/CATIE. 1079 p.
- Coto, E., C. Chinchilla, J. Bulgarlli y T. Palma. 2002. Crecimiento vegetativo en previvero de cinco cruces comerciales de palma aceitera (*Elaeis guinensis* Jacq.). *ASD Oil Palm Papers (Costa Rica)* 23:14-19.
- Checkland, P. 1999. Pensamiento de sistemas. Práctica de sistemas. Grupo Noriega Editores. México. pp: 124-143.
- Cruz, V., T. Contreras, and S. Anaya. 2000. Aceite de *Jatropha curcas*, análisis de composición. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Reporte Técnico. 6 p.
- De Assuncao, J., F. Lafargue, y M. Díaz. 2010. "Características y propiedades del aceite de *Jatropha curcas* L. Un resumen de diferentes investigadores". En: I Conferencia Internacional de Ingeniería Mecánica y Energía. Santiago de Cuba. Cuba. p. 1-4. ISBN 978-959-207-399-9.
- Dehgan, B., and G. L. Webster. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). *University of California Publications in Botany* 74.
- De la Vega, L. J. A. 2006. *Jatropha curcas* L. Agro-Energía. En línea. <http://www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>. (Consulta: 27 de mayo de 2013). 11 p.
- De la Vega, L., J. A. 2008. *Jatropha curcas* L. Consultor Independiente, México. Agro-proyectos. <http://3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>. y Agro-energía. <http://3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>. (Consulta 25 de agosto 2015)
- Diario Oficial de la Federación. 1 de Febrero de 2008. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. H. Congreso de la Unión. 12 p.
- Díaz, P. G., C. A. Zamarripa, P. R. A. Guajardo, G. N. Montes, A. A. González, Ochoa, E. X. M.; Sánchez, C. I.; García, M. G.; Ruíz, C. A. y Serrano, A. V. 2009. Potencial productivo de insumos bioenergéticos en México. Memoria Crisis alimentaria y energética: Retos para el siglo XXI. Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA. San Francisco de Campeche, México. Resumen. p. 112.

- Downes, R. D. y Wold C. 1994. Biodiversity prospecting rules of the game. *BioScience* 44(2): 95-98.
- Drummond, O. A., A. A. C. Purcino, L. H. de S. Cunha, J. de M. Veloso. 1984. *Cultura do Pinhão manso*. EPAMIG, Belo Horizonte. pdf.
- Elliot, E.T., and C.V. Cole. 1989. A perspective on agroecosystem science. *Ecology* 70 6:1597-1602.
- Embrapa Agroenergía. 2012. Culturas oleaginosas e energias renovaveis debatidas pela cadeia productiva no mês de julho. *Informativo-Agroenergetico*, Edição Nº 33. 33. p.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sánchez, M. Mittelbach, and S. Hackel. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology* 58:77-82.
- Forson, F.K., E. K. Oduro, y E. Hammond-Donkoh. 2004. Performance of *Jatropha* oil blends in a diesel engine. *Renewable Energy* 29. pp. 1135–1145.
- Francis, G.; Edinger, R. and Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. In *Natural Resources Forum* 29(1):12-24. Doi: 10.1111/j.1477-8947.2005.00109.x.
- Gaceta Oficial del Estado de Veracruz. 2012. Reglamento del Instituto Veracruzano de Bioenergéticos 15 p.
- García-Serrato, A. 1981. Extraction of oil from soybeans. *JAOCs*. pp. 58-157.
- Gerpen J., R. Pruszko, G. Knothe, B. Shanks y D. Clements. 2006. *Building a Successful Biodiesel Business*. Estados Unidos: Biodiesel Basics. American Oil Chemists Society Biodiesel Handbook.
- GEXSI (The Global Exchange for Social Investment). 2008. *Global market study on Jatropha*. Final Report. London, Reino Unido. 187 p.
- Gigch, J.P. 1990. *Teoria General de Sistemas*. Editorial Trillas. México. pp. 65-86.
- Ghersa, C.M., and M.A Martínez G. 1991. A field method for predicting yield losses in maize crops caused by *Sorghum halfpence* (L). *Pers. Weed Technology* 5: 279-285.
- Gondim, T.C.O. L. A. S. Dias, D. C. F. Dias, B. G. Laviola, G. L. Oliveira, R. G. Freitas, R. T. Ribeiro, A. O. M. Martins. 2009. *Desarrollo de plántulas de piñón manso propagadas por semillas y por estacas de tamaño reducido*. FAPEMIG. Minas Gerais.BR. 4p.

- Gohil, R. H., J.B. Pandya. 2008. Genetic Diversity Assessment in physic nut (*Jatropha curcas* L.). Central Salt and Chemical Research Institute (SCRI). Journal Bhavnagar India. 2(4): 321-326.
- Gour, V. K. 2006. Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. In: Singh B., R. Swaminathan, R. Ponraj. (eds). Proceedings of the biodiesel conference toward energy Independence-focus of *Jatropha*. New Delhi India June 9-10. pp. 223-251.
- Global Data, Global Biodiesel. 2010. Market Analysis and Forecasts to 2020. En línea: <http://www.markt-studie.de/168/d/2010/03/30/globaldata-global-biodiesel-market-analysis-and-forecasts-to-2020/>. (Consulta 18 de mayo 2015).
- Guerrero J. A. 2010. Tesis “Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de Piñon (*Jatropha curcas* L.) de Corpoica-La Libertad. Universidad de los Llanos (Unillanos). Villavicencio, Colombia. 150 p.
- Guerrero Pinilla, J. A.; Campuzano, L. F.; Rojas, S. and Pachon-García, J. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L.*. Orinoquia. 15(2):131-147.
- Gush, M. B. 2008. Measurement of water-use by *Jatropha curcas* L. using the heat-pulse velocity technique. Water SA 34:579-584.
- Gübitz, G.M., S.D. Mansfield, D. Böhm, and J.N. Saddler. 1998. Effect of endoglucanases and hemicellulases in magnetic and flotation deinking of xerographic and laser-printed papers, Journal of Biotechnology 65:209-215.
- Gübitz, G. M., M. Mittelbach, and M. Trabi. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Bioresource. Technology 67:73-82.
- Harscher, E. G. 2005. Pensamiento sistémico, Buenos Aires; Granica. 40-41.
- Heller, J. 1996. Physic nut (*Jatropha curcas* L.) Promoting the conservation and use of underutilization and neglected crops. Plant Genetics Resources Institute (IPGRI). Rome, Italy. Disponible en: <http://www.ipgri.cgiar.org/publication/pdf/161.pdf>.
- Henning, R.K. 1998. Use of *Jatropha curcas* L. (JCL): A household perspective and its contribution to rural employment creation. Regional Workshop on the Potential of *Jatropha curcas* in Rural Development & Environmental Protection. Harare, Zimbabwe. 5 p.
- Henning, R. K. 2007. Identification, selection and multiplication of high yielding *Jatropha curcas* L. plants and economic key points for viable *Jatropha* oil production costs. International consultation on pro-poor *Jatropha* development. Rome. IFAD. <http://www.ifad.org/events/Jatropha/>.

- Hoffmann, G. 1989. The chemistry and technology of edible oils and fats and their high fat products; Academia Press, Londres.
- Hooda, N., y V. R. S. Rawat. 2005. Role of bio-energy plantations for carbon dioxide mitigation with special reference to India. Disponible en: <http://www.accstrategy.org/simiti/Hooda-Rawat.pdf>. (Consulta 18 de mayo 2015).
- IAP. 1999. Cultivo de las plantas medicinales. Piñón blanco. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Disponible en: [http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap2/capitulo III-35.htm](http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap2/capitulo%20III-35.htm). (Consulta 26 de abril 2015).
- IICA. 2004. Etanol, Cadena agroindustrial. IICA. JICA. MAGFOR. Nicaragua, C.A. 24 p.
- Ishii, Y. and R. Takeuchi. 1987. Transesterified curcas oil blends for farm diesel engines. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 30(3):605-609.
- Inurreta, A. H. D. Potencial para producir *Jatropha curcas* L. como material prima para bioédisel en el estado de Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano. 106 p.
- Irigoyen, J; y M. Cruz. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros frutales. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa nacional de frutas de el Salvador. El Salvador. 38 p.
- Jayasingh, J.M. 2004. The use of biodiesel by the Indian railways. In Hegde D. M. Daniel J.N., Dhar S. (eds) *Jatropha* and Other Perennial Oilseed Crops. BAIF. Development Research Foundation, Pune, India. pp 31-33.
- Joker, D., and J. Jepsen. 2003. "Seed leaflet". *Jatropha curcas* L. Disponible en: http://www.dfsc.dk/pdf/Seedleaflets/jatropha_curcas83.pdf. (Consulta 16 de abril 2015).
- Jones, N., and J. Miller. 1992. *Jatropha curcas* a multipurpose species for problematic sites. The World Bank Asia Technical Department Washington: 39 p.
- Jongschaap R.E.E., W.J. Corre, P.S. Bindraban, and W.A. Brandenburg. 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158. Plan Research International BV, Wageningen. The Netherlands and Stichting Het Groene Woudt, Laren. The Netherlands. 42 p.
- Kaushik, N., and S. Kumar. 2006. *Jatropha curcas* L. silviculture and Uses. 2nd revised ed., Jodhpur: Agrobios, India.
- Kehira, A. A.A., N. M.M. Atta. 2009. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit; yield, water use efficiency and oilseed characteristics. Biomass and Bioenergy 33:1343-1350.

- King, A., W. He, J. Cuevas, M. Freudenberger, D. Ramiamanana, L. Graham. 2009. Potential of *Jatropha curcas* as source of renewable oil and animal feed. *Journal of Experimental Botany* 60(10):2897-2905.
- Kobilke, H. 1989. Untersuchungen zur Bestandesbegründung von Purgiernus (*Jatropha curcas* L.) Diploma thesis. University Hohenheim, Stuttgart.
- Larochas, L. 1948. Les huiles siccatives de l'industrie française. Le Pourghère. *Oléagineux* 3(6/7):321-328.
- Laviola, B.G., and L.A.D. Días. 2008. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Ciencia Solo* 32:1969-1975.
- Laviola, B. G., L. L. Bhering, J. C. Albrecht, S. S. Márquez, y L. T.B. Rosado. 2009. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão manso. In: Congresso Brasileiro de plantas Oleaginosas, Oléos, Gorduras e Biodiesel 2009, Montes Claros. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Oléas, Gorduras e Biodiesel. Lavras: UFLA, 2009.
- Lozoya, X. 2009. Una antigua medicina. In *La Xuta se come A kin xuta tawuay, xuta, Jatropha, piñón o Ashtle patrimonio de Totonacapan*. Universidad Veracruzana. pp. 30-33.
- Laviola, G. B.; Bhering, L. L.; Mendoca, S.; Rosado, B. T. y Albrecht, J. C. 2011. Caracterização Morfo-Agronômica do Banco de Germoplasma de Pinhao Manso na Fase Jovem. *EMBRAPA. Biosci J Uberlândia*. 27(3):371-379.
- Maass, J.M., y A. Martínez-Yrizar. 1990. Los ecosistemas: definición, origen importancia del concepto. *Ciencias* 4:10-19.
- Maes, W.H., A. Trabucco, W.M.J. Achten and B. Muys. 2008. Climatic growing conditions of *J. curcas* L. *Biomass and Bioenergy* 33:1481-1485.
- Maes, W., Achten, W., Reubens, B., Raes, D., Samson, R. and Muys, B. 2009. Plant water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L., seedlings under different levels of drought stress. *Journal of Arid Environments* 73: 877-884.
- Machado, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L., Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34(3):267-280.
- Machado, R., y J. Suárez. 2009. Comportamiento de tres procedencias de *Jatropha curcas* en el banco de germoplasma de la EEPF "Indio Hatuey". *Pastos y Forrajes* 32:29.

- Manco, E. y D. Pérez 2009. Implementación de un Banco de Germoplasma de ecotipos de Piñón en Perú. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria. San Martín, Perú. 46 p.
- Martínez J. 2005. El Piñón, una planta nativa de México con potencial alimentario y agroindustrial. Disponible en <http://hypatia.morelos.gob.mx/No12/pinon.html>. (Consultado 23 de agosto 2015).
- Martínez, J., P. Siddhuraju, G. Francis, G. Dávila, y K. Becker. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels in four provenances of *Jatropha curcas* L., from México. Food Chemistry 96: 80-89.
- Martínez-Dávila, J. P., C. Landeros-Sánchez, y A. Pérez Vázquez. 2004. Concepto de Agroecosistemas. Un enfoque de cadenas de producción-consumo. Memorias del Primer Coloquio sobre Agroecosistemas y Sostenibilidad. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Martínez, J. 2005. El piñón, una planta nativa de México con potencial alimentario y agroindustrial. Disponible en: <http://hypatia.morelos.gob.mx/No12/pinon.html>. (Consulta 16 de junio 2015).
- Martínez, P. D., S. J. G. Partida, y P. E. Pérez. 2009. Especies Vegetales para Biocombustibles en Sistemas Agrícolas Diversificados en Veracruz, México. Revista Brasileña de Agroecología 4(2):4338-4342.
- Matsuno, T., U. Ohsawa, H. Toyohara and K. Nishiyama 1985. Investigation of oil plants and characteristics of some oil plant seeds. Journal of Agricultural Science Japan 29(3):160-174.
- Mayorga, L. 2006. "Acerca del Taller Biodiesel y Cooperación en Madrid. Ponencias del Taller Internacional sobre Biodiesel y Cooperación para el Desarrollo". Universidad Politécnica de Madrid. 67 marzo. Editorial Ingeniería sin Fronteras. Asociación para el Desarrollo. p.105.
- Mendoza, J.H. 2008. Cultivos energéticos en Ecuador: Caso proyecto piñón (*Jatropha*). Taller: La Agroenergía en la Región Andina. Situación actual e intercambio de experiencia en Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Bogotá, Colombia.
- Mishra D. 2009. Selection of candidate plus phenotypes of *Jatropha curcas* L. using method of paired comparisons. Biomass and Bioenergy 33: 542-545.
- Montes, L. 2008. Potencial de producción de semilla de *Jatropha curcas* en Sinaloa. (en línea). Universidad Autónoma de México. 14 p. Disponible en:

<http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treRebecaLM09.pdf> (Consultado 18 de marzo 2015).

- Mukherjee, P., A. Varshney, T. S. Johnson, T. B. Jha. 2011. *Jatropha curcas*: A review on Biotechnological Status and Challenges, Plant Biotechnol Rep. Doi: 10.1007/s11816-011-0175-2.
- Naigeon, C. 1987. Pourghére, graine de relance. Inter Tropiques 7(22):25-27.
- Ndog, R, M., O. Montrejaud-Vignoles, B. Saint Girons, R. Gabrielle, M. P. Domergue, and C. Sablayrolles. 2009. Life Cycle Assessment of Biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: A Field Study. GCB Bioenergy 1: 197-210.
- Nielsen S. 1998. (ed); Food Analysis Second Edition; An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland.
- Nielsen S. 2003. (ed); Food Analysis Laboratory Manual; Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York.
- Nunes, L. 2007. Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). Dissertação de Mestrado, Universidad Federal de Lavras, Brasil, 78 p.
- Octagon S.A. 2006. *Jatropha curcas* su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energética. (en línea). GT. Disponible en http://www.sica.int/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_9504_1_2106 2006.pdf.
- Oliveira Y., L. Hernández, D.R. Cruz, W. Ramírez y J.C Lezcano. 2009 Nota técnica: Caracterización morfobotánica de tres especies cespitosas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Cuba 32 (2). pp. 1-8.
- Openshaw, K. 2000. "A Review of *Jatropha curcas* L.: An Oil Plant of Unfulfilled Promise. Biomass Bioenergy 19: 1–15.
- Ovando-Medina, I., F. Espinosa-García, J. Núñez-Farfán, and M. Salvador-Figueroa. 2009. Does biodiesel from *Jatropha curcas* represent a sustainable alternative energy source? Sustainability 1(4):1035-1041. Doi: 10.3390/su1041035
- Parsons, K. 2005. *Jatropha* in África: fighting the desert and creating wealth. EcoWorld. Disponible em <http://www.ecoword.org/Home/Articles2.cfm?TID=367>. (Consulta 16 de agosto 2015).
- Pedraza, E.A. y D.G. Cayón. 2010. Caracterización morfofisiológica de *Jatropha curcas* L., variedad Brasil cultivada en dos zonas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Acta Agronomica. 59(1):30-36.

- Peixoto, A.R. 1973. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo. BR. Nobel, 284 p.
- Pérez-Vázquez, A. 1996. El concepto de Agroecosistema: definiciones y enfoques. Serie Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México. 11 p.
- Perlack, R., L. Wright, A. Turhollow, R. Graham, B. Stokes, and D. Erbach. 2005. Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: The technical feasibility of a Billion-Ton Annual Supply Department or Energy. ORNL/TM-2005/66.
- Pimentel, D., and T. W. Patzek. 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. Natural Resources Research 14(1):65-76. Doi: 10.1007/s11053-005-4679-8
- Pramanik, K. 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. Renewable Energy 28:239-248.
- Raju, A. J.S., and V. Ezradanam. 2002. Pollination ecology and fruiting behavior in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). Current Science 83:1395-1398.
- Ramesh, D., A. Samapathrajan, and P. Venkatachalam. 2006. Production of Biodiesel from *Jatropha curcas* Oil by Using Pilot Biodiesel Plant. The *Jatropha* Journal 18-09:1-6.
- Reubens, B., W.M.J. Achten, W.H. Maes, F. Danjon, R. Aerts, J. Poesen, and B. Muys. 2011. More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. Journal of Arid Environments 75: 201-205.
- Rossell J.B., Pritchard J. L.R. 1991. Analysis of Oilseeds, fats and Fatty Foods; Elsevier Science Publishers Ltd, Irlanda.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. Interciencia 31:140-145.
- Sakaguchi, S. y M. Somabhi. 1987. Exploitation of promising crops of Northeast Thailand. Siriphar Offset, Khon Kaen. 50 p
- Sánchez. 2009. Extracción de aceites esenciales experiencia Colombiana. II Congreso Internacional de plantas medicinales y aromáticas. Disponible en: <http://sisav.valledelcauca.gov.com>. (Consulta 19 de mayo 2015).
- Sandoval, C., y J. Villanueva. 2009. Scope, Sections, Policies and language issues in TSA. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: i-ii.

- Sanhueza, E. 2009. Agroetanol ¿un combustibles ambientalmente amigable? INCI, ISSN 0378-1844. Venezuela. 34(2):106-112
- Sarín, R., M. Sharma, S. Sinharay, and R. Malhotra. 2007. *Jatropha*-Palma biodiesel blend: An optimum mix for Asia. Fuel 86:1365-1371.
- Santoso, B., H. Hasnam, H. Hariyadi, S. Susanto, B. S. Purwoko. 2008. Vegetative Propagation of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) by Stem Cuttings Effects of Cutting Length and Diameter. Bul. Agron (36) (3) 255-262.
- Saturnino, M. H. 2005. Produção de oleaginosas para biodiesel. Informe Agropecuario 26(229): 44-78.
- SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Informe Técnica de semilla de *Jatropha curcas* mexicana para exportación. www.senasica.gob.mx. 35 p.
- SENER-BID-GTZ. (Secretaria de Energía, Banco Interamericano de Desarrollo Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (Cooperación técnica alemana). 2006. Potenciales y viabilidad del uso de Bioetanol y Biodiesel para el transporte en México. 91 p.
- Serra, M.C.1950. O valor da purgueira na economia de Cabo Verde. Revista do Ultramar 3 (17):9-16.
- Severino, L., G. Cardoso, L. Vale, y J. Santos. 2004. Método para determinação da área foliar da mamoneira. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras 8(1):753-762.
- Silva, P.H.M. 2005. Sistemas de propagación de plántulas de especies forestales. Instituto de pesquisas y estudios forestales (IPEF) BR. Disponible en: <http://www.ipef.br/silvicultura/producaomudaspropagacao.asp>. (Consulta 23 de abril 2015).
- Silveira, J. C. da. 1934. Contribution a l'étude du Pulghère aux îles duCap Vert. Anais Instituto Superior Agronomia (Lisboa) 6(1):116-126.
- Solís-Guzmán, B.F. 2011. Potencial de integración del piñón (*Jatropha curcas* L.) Agroecosistemas de la Región Centro Chiapas, México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 70 p.
- Soriano, A., y M.R. Aguilar. 1998. Estructura y funcionamiento de Agroecosistemas. Ciencia e Investigación 50:63-74.

- Sudhakar J., N. Eswaran, and M. Sujatha. 2011. Molecular approaches to improvement of *Jatropha curcas* Linn. As a sustainable energy crop. *Plant Cell Reports* 30:1573-1591.
- Sujatha, M., H.P.S. Makkar, and K. Becker. 2005. Shoot but proliferation from axillary nodes and leaf sections of non-toxic *Jatropha curcas* L. *Plant Growth Regulation* 47:83-90.
- Srivastava, A., and R. Prasad. 2000. Triglycerides-based diesel Fuels. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 4:111-113.
- Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61:61-93.
- Thijs, Adriaans. 2006. Suitability of solvent extraction for *Jatropha curcas*. Ingenia Consultants & Engineers, for FACT Foundation.
- Thomas G. C. 2003. Análise Teórico Experimental da Extração de Óleo de Soja em Instalação Industrial do tipo Rotocell, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Tiwari A. K., A. Kumar, H. Raheman. 2007. Biodiesel production from *Jatropha* Oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acid: An optimized process. *Biomass Bioenergy* 31:569-575.
- Toral, O.; Iglesias, J. M.; Montes, S.; Sotolongo, J. A.; Garcia. S. y Torsti, M. 2008. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes* 31:91-207.
- Torres, C. 2007. *Jatropha curcas*: desarrollo fisiológico y técnico. Boletín CUBAENERGÍA. Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía. La Habana, Cuba. 7 p. <http://www.cubaenergia.cu/>. (Consultado el 20 de Julio 2015).
- Trabucco, A., W. M. J. Achten, C. Bowe, R. Aerts, J. Van Orshoven, L. Norgrove, and B. Muys. 2010. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Global Change Biology Bioenergy* 2:139-151.
- Valdés-Rodríguez, O. A., A. Pérez-Vázquez, E. García-Pérez, H.D. Inurreta-Aguirre, C. Ávila-Reséndiz, O. Ruiz-Rosado. 2013. Condiciones agroecológicas de procedencias nativas de *Jatropha curcas* L., en el estado de Veracruz. Libro de Energía Alternativa y Biocombustible Innovación e Investigación para un Desarrollo Sustentable. 1ª edición. pp. 143-151.
- Van Gigch, J.P. 1990. Teoría General de Sistemas. Quinta Edición. Ed. Trillas. México. 607 p.

- Von Bertalanffy, L. 1976. El significado de la Teoría General de Sistemas. En la teoría general de sistemas. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. México pp. 30-53.
- Vilaboa-Arroniz, J., P. Díaz-Rivera, O. Ruiz-Rosado, D. E. Platas-Rosado, S. González-Muñiz y F. Juárez-Lagunes. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los Agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(1):53-62.
- Vilaboa, J. 2011. Agroecosistemas: Una forma de entender la relación sociedad-naturaleza. *Agroentorno* 131:27-30.
- Weibe, K., A. Croppenstedt, T. Raney, J. Skoet, M. Zurek, J. Tschirley, and M. Cluff. 2008. The state of food and agriculture 2008. Biofuels; prospects, risks and opportunities. FAO, Rome.
- Wilbur, R.L. 1954. A synopsis of *Jatropha*, subsection *Eucurcas*, with the description of two new species from México. *Journal Elisha Mitchell Scientific Society* 70:90-101.
- Ywe J. F. 2009. Manual de *Jatropha*. Fuels From Agriculture in Communal Technology p. 32
- Zahawi, R. A. 2005. Establishment and growth of living fence species: an overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. *Restoration Ecology* 13:92-102.
- Zamarripa, C. A. y G. Días P. 2008. Áreas de potencial productivo del piñón *Jatropha curcas* L., como especie de interés bioenergético en México. *Oleaginosas en cadena Boletín No. 16*. México, D.F. p. 4-6.
- Zamarripa C. A., P. A. Ruíz-Cruz, B. J. L. H. J Solís, Martínez, D. S. A. Olivera, V. B.B. Martínez. 2009. Biocombustibles: perspectivas de producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas* L. en el trópico de México. Folleto Técnico No.12 INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 46 p.

CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS DE *Jatropha curcas* L., NO TÓXICAS DE MÉXICO

RESUMEN

Jatropha, comúnmente conocida como piñón, es una planta oleaginosa, que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, crece en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Es considerada como una planta multipropósito, el interés en los últimos años de esta planta es por su potencial como materia prima para producción de biodiesel. El objetivo de esta investigación fue evaluar las características morfológicas y productivas de accesos de *Jatropha curcas* L., no tóxicos, recolectadas de distintas regiones del estado de Veracruz, propagadas por semilla y vareta y establecidos en la región centro. El material vegetal fueron 28 accesos con cinco repeticiones, propagados por semilla y vareta, las plantas tienen tres años de edad. Las variables registradas en la planta fueron: altura, diámetro de tallo, ramas (primarias, secundarias, terciarias), longitud de hoja, ancho de hoja, brotes florales, racimos, frutos; longitud, ancho, color y número de semillas por fruto; en semillas se registró el peso, longitud, ancho y espesor. Además se registró el peso total de semillas por planta. Mediante el análisis de varianza se detectó que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre accesos, para la mayoría de las variables. Los dos primeros componentes en la propagación por semilla explicaron el 57.66 % y en vareta el 60.80 % de la variación por propagación. Las características morfológicas en las plantas propagadas por semilla sobresalieron: altura de planta, ancho de hoja, peso, longitud y ancho de semilla, y por vareta el diámetro de tallo, ramas primarias, ramas secundarias, peso ancho y espesor de semilla. Los accesos I-34, I-32 e I-47, se destacan en las características de brotes florales, número de racimos, número de frutos y peso de semilla, por lo que tienen un mayor potencial y vigor para ser incluidos en un programa de mejoramiento genético. En el tipo de propagación, las plantas propagadas por semilla tuvieron un mejor desempeño, que las propagadas por vareta.

Palabras clave: Producción, propagación, *Jatropha curcas*.

MORPHOLOGICAL AND PRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF NON-TOXIC *Jatropha curcas* L., OF MÉXICO

ABSTRACT

Jatropha, locally named as *piñon*, is an oilseed plant, which belongs to the *Euphorbiaceae* botanic family. It grows in tropical and subtropical regions and is a multipurpose plant. It has reached a high interest in the last years for its potential as a raw material for biodiesel production. The objective of this research was to assess the morphological and production characteristics of *Jatropha curcas* L. in nontoxic accessions, collected in different regions of the state he state of Veracruz, propagated by seed and cuttings and established in the central region of Veracruz. The plant materials three years old 28 accessions with five replicates, propagated by cuttings and seed. Plants of three years old were measured. The evaluated recorded were: plant height, stem diameter, branches (primary, secondary and tertiary), leaf length and width, buds, clusters, fruits; length, width, color and number of seeds per fruit; seed weight, length, width and thickness; besides the total weight of seeds per plant was recorded. Analysis of variance was performed and it was found significant differences ($P \leq 0.05$) amongst accessions for most variables. The first two principal components in plants propagated by seed accounted for 57.66% and 60.80% for cuttings. The morphological characteristics in plants by seed had high value in: plant height, leaf width, weight, length and width of seed, cuttings and stem diameter, primary branches, secondary branches, width and thickness of seed weight. Accessions I-34, I-32 and I-47, stand in terms of productive such as buds, number of bunches, fruit number and weight of seed, so they have a greater yield potential and vigor to be included in a genetic program. According to the type of propagation, plants from seed outperformed as compared to that propagated by cuttings.

Palabras clave: Production, propagation, provenance, *Jatropha curcas*.

1. INTRODUCCIÓN

Jatropha, comúnmente conocida como piñón, es una planta oleaginosa originaria de América Tropical (Berry, 1929), que pertenece a la familia *Euphorbiaceae* con aproximadamente 188 especies, las cuales están distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Heller, 1996; Henning, 2004; Mabberley, 2005). Es una planta multipropósito, pero el interés en los últimos años es por su potencial como materia prima para producción de biodiesel (Openshaw, 2000; Rajagopal, 2008), los extractos de la semillas y hojas presentan propiedades como insecticidas y fungicidas (Nwosu y Okafor, 1995; Liu *et al.*, 1997). Se reportan varios usos medicinales del látex de las hojas (Mujumdar y Misar, 2004), y en México, en la región del Totonacapan, existe un uso generalizado y tradicional como alimento, pero estos materiales son no tóxicos (Martínez *et al.*, 2006; Makkar *et al.*, 2007).

La caracterización agronómica de diferentes cultivos agrícolas, permite conocer la constitución y funcionamiento de los componentes de las plantas (Oliveira *et al.*, 2009). Este procedimiento describe las características morfológicas, fenológicas y productivas que distinguen a un material de otro dentro de una misma especie. Investigaciones de este tipo son útiles, para identificar materiales con potencial para la producción comercial y agroindustria, así como describir los atributos sobresalientes de los accesos para procesos de selección y mejoramiento genético (Bonilla *et al.*, 2008). En los últimos años se ha puesto gran atención en características fisiológicas, agronómicas, agroecológicas y de producción de *J. curcas* (Makkar *et al.*, 2008; Guerrero *et al.*, 2011; Nietsche *et al.*, 2013). La caracterización morfológica de *J. curcas*, implica considerar diversos descriptores, cuantitativos y cualitativos (Campuzano, 2009; Laviola, 2009).

Las características agronómicas de *J. curcas*, son diversas (Mendoza 2008), lo que facilita diferenciar entre accesos y su potencial agronómico (Campuzano, 2009). Además, de que, es una planta con una amplia plasticidad agroecológica por su capacidad para desarrollarse bajo condiciones de estrés hídrico (Achten *et al.*, 2008; Ndong *et al.*, 2009; Trabucco *et al.*, 2010; Pérez-Vázquez *et al.*, 2013), y crecer en suelos

poco fértiles (Zahawi, 2005; Kehira y Atta, 2009; Balota *et al.*, 2011). Es decir, es una planta de bajos requerimientos nutricionales, que logra desarrollarse en zonas con escasa precipitación y suelos marginales (Saturnino *et al.*, 2005; King *et al.*, 2009).

Hasta ahora el cultivo de *Jatropha* con fines industriales presenta baja rentabilidad (Basha *et al.*, 2009; Sudhakar *et al.*, 2011), esto en virtud de ser una planta semi-domesticada, con problemas de heterogeneidad de maduración de frutos y bajos rendimientos (Downes y Wold, 1994; Machado y Suarez, 2009). Sólo en México existen genotipos de *J. curcas*, tóxicos y no tóxicos (Heller, 1996; Martínez-Herrera *et al.*, 2006; Becker y Makkar, 2008; Pecina-Quintero *et al.*, 2014), estos últimos se encuentran particularmente en la zona norte del estado de Veracruz (zona del Totonacapan), donde sus semillas se emplean como botana y para elaborar platillos tradicionales (Schmook y Sánchez, 2000; Martínez-Herrera *et al.*, 2012). Por tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar las características morfológicas y productivas de accesos de *Jatropha curcas* L., no tóxica, recolectada de distintas regiones del estado de Veracruz, propagadas por semilla y vareta y establecidos en la región centro.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Se trabajó con plantas de *J. curcas* del Banco de Germoplasma, ubicado en el campo experimental del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, situado en las coordenadas geográficas de 19° 11' 38.62' LN y 96° 20' 31.26" LO, a una altitud de 24 m. La investigación se realizó de Mayo a Octubre del año 2014.

Medición de temperaturas: Se obtuvieron datos diarios de temperatura y precipitación de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados CPVerAS1, Campus Veracruz correspondiente al año 2014.

Análisis de suelo. Se realizó un muestreo de suelo en las dos parcelas, en forma de zig-zag con cuatro puntos a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), las cuales se enviaron

al laboratorio de Agua-Suelo y Planta del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, para analizar las características físicas y químicas. También

Material vegetativo. Se trabajó con 28 accesos de *J. curcas*, de tres años de edad, recolectadas en el Estado de Veracruz. En el año 2011 se colectaron frutos y material vegetativo, y a partir de ello se estableció en 2012 el Banco de Germoplasma. Las semillas y estacas fueron sembradas en bolsas de polietileno negro y se trasplantaron a campo en marzo del 2012. En el Cuadro 5, se muestra la ubicación geográfica de los accesos recolectadas.

Cuadro 5. Ubicación geográfica original de los 28 accesos de *J. curcas*, que forman parte del Banco de Germoplasma del Campus Veracruz.

Accesos	Localidad	Municipio	Latitud N	Longitud O	Altura (msnm)
I-02	El Molino	Panuco	21°54' 55.9"	98°17' 41.5"	30
I-04	Santa Mónica	Tantoyuca	21°18' 32.8"	98°20' 29.3"	130
I-05	Tepatlan Grande	Tantoyuca	21°18' 20.9"	98°16' 30.0"	94
I-08	Tzitlan	Ixcatepex	21°11' 50.8"	97°59' 18.9"	228
I-11	Zacamixtle	Tancoco	21°14' 55.3"	97°43' 27.6"	136
I-13	Papantla	Papantla	20°27' 28.9"	97°19' 16.2"	173
I-14	Papantla	Papantla	20°27' 26.8"	97°19' 11.6"	170
I-16	Paso del Correo	Papantla	20°19' 11.2"	97°16' 12.6"	31
I-18	Insurgentes Socialistas	Papantla	20°11' 25.5"	97°15' 53.4"	119
I-22	Totomoxtle	Papantla	20°28' 01.0"	97°15' 19.0"	43
I-25	Costa Esmeralda	Tecolutla	20°15' 22.8"	96°48' 00.6"	5
I-26A	Cementerés	San Rafael	20°10' 38.9"	96°53' 37.0"	9
I-26B	Cementerés	San Rafael	20°10' 38.9"	96°53' 37.0"	9
I-27	Progreso	Martínez de la Torre	20°06' 57.0"	96°00' 51.1"	70
I-30	Reforma Km 9	Misantla	19°53' 19.6"	96°48' 33.8"	631
I-31	Yecuatla	Yecuatla	19°50' 35.0"	96°48' 29.1"	1054
I-32	Tuzamapan	Coatepec	19°24' 00.7"	96°52' 05.9"	892
I-34	Alvarado	Alvarado	18°47' 26.1"	95°45' 31.7"	22
I-41	Revolución de Abajo	San Andrés Tuxtla	18°38' 53.9"	95°06' 50.0"	8
I-47	El Chichón	Las Choapas	17°45' 10.2"	94°06' 32.6"	50
I-48	Acalapa II	Moloacan	17°57' 47.1"	94°13' 58.7"	42
I-62	Cuatlapan	Ixtaczoquitlan	18°53' 05.4"	97°01' 02.0"	1006
I-64	Colegio de Postgraduados	Manlio Fabio Altamirano	19°11' 39.7"	96°20' 38.0"	16
I-65	Colegio de Postgraduados	Manlio Fabio Altamirano	18°11' 41.1"	96°20' 37.2"	16
I-77	Pueblillo	Papantla	20°15' 15.0"	97°15' 48.0"	78
I-78	Paso del Correo	Papantla	20°21' 24.0"	97°14' 30.0"	39
I-79	El Remolino	Papantla	20°23' 26.0"	97°12' 34.0"	114
I-80	Buenos Aires	Misantla	19°56' 09.0"	95°50' 00.0"	321

Diseño experimental. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, y una planta con cinco repeticiones. De 28 accesos originales que se establecieron por contener más del 40 % de aceite y no presentar toxicidad, se lograron establecer 23 propagados por semilla y 26 por vareta, con cinco repeticiones y una planta como unidad experimental. Cada tipo de propagación se estableció en lotes experimentales separados, las plantas se sembraron a una distancia de 3 m entre surco x 2 m entre plantas. Durante la investigación la única práctica de manejo que se hizo fue control de maleza en forma periódica.

Variables morfológicas evaluadas. Se tomaron datos de plantas propagadas por semilla y vareta. Los descriptores utilizados fueron los indicados por Campuzano (2009), Laviola (2009) y la Red de *Jatropha spp* (SAGARPA-SNICS 2014). Las variables que se registraron fueron las siguientes: altura de la planta (API), se midió desde la base hasta el ápice de la planta con un flexómetro; diámetro del tallo (DT), se midió con un vernier a 10 cm por arriba del nivel del suelo; longitud y ancho de hoja (LH y AH), se midió la parte media de lámina de la hoja con regla graduada. Ramas primarias, secundarias, terciarias (NR1, NR2, NR3), brotes florales (NBF), racimos (NRA) y frutos (NF) por planta, longitud (LF), ancho (AF), forma (FF) de fruto y color del fruto (CF) de acuerdo a la tabla Munsell, semillas (NSF) por fruto. Las semillas se extrajeron de forma manual del fruto, una vez secas se tomó una muestra al azar de 30 y con un vernier digital se determinó la longitud (LS), ancho (AS) y el espesor (ES). Se registró el peso de semillas (PS) por planta.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo Excel Versión 2010®. El análisis estadístico se realizó usando el programa SAS (*Statistical Analysis System*), v. 9.4, se hizo un ANOVA y prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$). Además un análisis de componentes principales (CP) con todas las variables, al usar una matriz de correlaciones mediante el procedimiento PRINCOMP de SAS. La representación gráfica de los componentes principales (CP1) y (CP2), permitió apreciar las similitudes y diferencias entre los accesos de cada propagación. Posteriormente, se hizo un análisis de conglomerados, mediante la distancia euclidiana y el método de agrupamiento de

UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), con el paquete estadístico NTSYS® (Rohlf, 2009), esto con el propósito de agrupar los accesos evaluados.

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las temperaturas mínima, media y máxima presentes durante el año 2014. En el periodo de evaluación tuvo una temperatura máxima de 33 °C durante el mes de julio y la mínima de 11 °C en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con una precipitación de 310 mm en el mes de septiembre. En el periodo de lluvias se registró una precipitación de 103 mm.

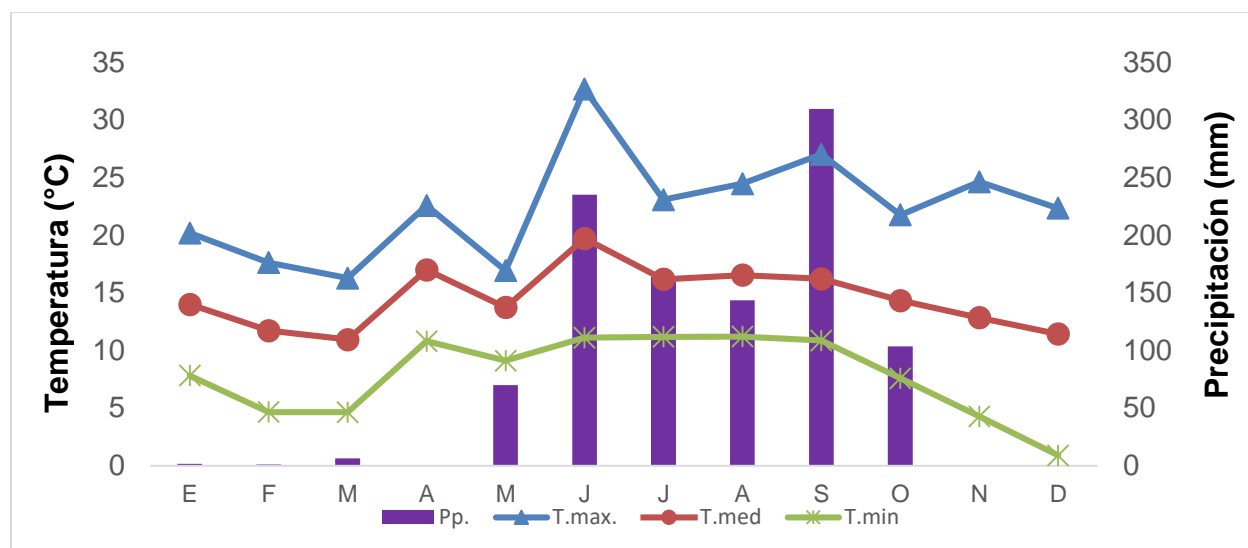


Figura 1. Variación de temperatura y precipitación durante el periodo de evaluación.

Análisis de suelo. El tipo de suelo donde se ubicaron las plantas es franco-arcilloso (García, 1988). El análisis de suelo se muestra en el Cuadro 6, donde el pH tiende a ser moderadamente ácido, en las dos parcelas de ambas profundidades, el cual se encontró dentro del parámetro aceptable para *J. curcas*, ya que puede ser un cultivo que se siembre en suelos marginales, bajos en nutrientes y nulas condiciones áridas y semiáridas, con un pH de 6 a 8 (Jones y Miller, 1992; Kumar y Sharma, 2008). La parcela propagada por semilla presentó una alta concentración de nitrógeno (N), es un componente esencial ya que el cultivo requiere de una alta concentración de nitrógeno (Achten *et al.*, 2008).

En el fósforo (P) para las dos parcelas los valores fueron iguales en cada una de las profundidades. En potasio (K) no hubo diferencia en ambas parcelas, ya este elemento ayuda a tener mejor tamaño de granos y semillas, siendo un elemento esencial para la formación y desplazamiento de almidón, azúcares y aceite (Molieri, 1979). En la conductividad eléctrica fue mayor en la parcela por vareta a diferencia de la parcela propagada por semilla. En efecto *J. curcas*, se adapta a sitios de baja fertilidad y a suelos alcalinos, pero para una mejor producción se debe aplicar pequeñas cantidades de calcio, magnesio y azufre (Coello y Gnecco, 2000).

La materia orgánica fue mayor en la parcela por vareta con un 6.34 %. Para el tipo de textura se determinó suelos franco arcilloso y arcilla. Por lo contrario existen estudios donde mencionan que *J. curcas* se desarrolla mejor en suelos arenosos o de grava con buena aireación (Foidl *et al.*, 1996). Sin embargo no tolera suelos inundados (Jongschaap *et al.*, 2007).

Cuadro 6. Caracterización fisicoquímica del suelo.

DETERMINACIÓN 0-20								
Propagación	pH	C.E	M.O.	TEXTURA	Nitritos	Amonio	K	P
	u. pH	µs/cm	%		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Semilla	6.25	102.9	6.28	Franco arcilloso	80	5.0	20	10
Vareta	6.25	118.5	6.34	Franco arcilloso	100	15	22	10
DETERMINACIÓN 20-40								
Semilla	6.3	120.5	3.89	Arcilla	60	5	12	5
Vareta	6.27	140.1	3.82	Franco arcilloso	50	10	7	5

C.E= Conductividad eléctrica, M.O= Materia orgánica, K= Potasio, P= Fosforo.

Caracterización morfológica. En el Cuadro 7 se presentan las medias de las principales variables evaluadas en la propagación por semilla. El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas entre accesos en 10 de los 20 descriptores morfológicos evaluados, para las variables altura de planta (P=0.0001), ancho de hoja (P=0.0018), brotes florales (P=0.0001), racimos (P=0.0001), frutos (P=0.0001), número

de semillas por fruto ($P=0.0001$), peso de semilla ($P=0.0001$), longitud de semilla ($P=0.0001$), ancho de semilla ($P=0.0001$) y peso de semillas ($P=0.0001$).

De acuerdo a la prueba de medias Tukey ($P\leq 0.05$), para altura de planta los valores máximos fueron de 3.13 y 3.00 m en los accesos I-77, I-13 e I-26B, que fueron superiores al resto, Manurung (2007), menciona que *J. curcas* es capaz de alcanzar entre 3 y 5 m o incluso hasta 6 m de altura en pleno desarrollo. En ancho de hoja el acceso I-11 sobresalió con 15.78 cm, este valor se encuentran dentro del intervalo reportados por Stevens *et al.* (2001) quienes mencionan que la hoja puede alcanzar de 9-16 cm de ancho. El acceso I-77 presentó el mayor número de brotes florales con 264.

El valor máximo de racimos fue para el acceso I-34 con 181.60. Los accesos I-32 e I-34 sobresalieron con los mayores números de frutos por planta con 558.40 y 530.60; estos resultados son superiores a lo encontrado por Machado y Suárez (2009), quienes mencionan que la procedencia africana presentó 455 frutos a los 240 días de estar establecidas en campo; Machado (2011), para una procedencia de cabo verde de un año de edad, reporta 102 frutos; Srivastava *et al.* (2011), reportaron solo 210 frutos en plantas de tres años de edad propagadas por semilla.

El acceso I-25, sobresalió en el número de semillas por fruto con una media de 2.80, lo que es indicador de que la mayor cantidad de frutos tuvo tres semillas, esto coincide con lo reportado por Basha y Sujatha, (2007). En la caracterización de semilla, el acceso I-22 sobresalió en peso con media de 0.84 g, el acceso I-62 tuvo la mayor longitud con 20.13 mm y el acceso I-34 se destacó con 11.01 mm en ancho. Estos valores coinciden con lo reportado por Sotolongo *et al.* (2007), Martínez *et al.* (2010) y Valdés *et al.* (2013), con peso promedio de 0.84 g, 17.41 mm en longitud, y 11.45 mm de ancho de semilla respectivamente. Para el peso de semilla por planta, sobresalieron los accesos I-34 e I-32 con 754.1 y 667.6 g; estos resultados son superiores a lo encontrado por Sosa-Segura *et al.* (2012), que reportan de 30 a 36 frutos por planta, en germoplasma procedente de los estados de Puebla y Morelos y una producción de semilla de 39 a 50 g en plantas de un año de edad.

Estos datos aun cuando no son comparables con los resultados del presente estudio por las diferencias de edad de las plantas, son una referencia importante sobre el comportamiento productivo de *Jatropha curcas*. Guerrero *et al.* (2011) mencionan, que las características morfológicas y productivas de mayor interés son: longitud de semilla, ancho de semilla, relación largo y ancho de semilla, número de semillas por fruto, peso de semilla, número de frutos por racimos y número de ramas por planta, en este estudio se encontró una importante variación y accesos sobresalientes en la mayoría de estas variables.

Cuadro 7. Características morfológicas de 23 accesos de *J. curcas* propagadas por semilla, sembrados en la región centro del estado de Veracruz.

ACC	API (m)	AH (cm)	NBF	NR	NF	NSF	PS (g)	LS (mm)	AS (mm)	PPS (g)
I-04	2.53±0.3ab	14.44±0.7ab	167.60±41.7ab	101.40±34.2ab	368.40±124.1ab	2.47±0.1ab	0.68±0.02cf	18.61±0.2cd	9.94±0.2de	247.6±65.4dc
I-05	1.68±0.9ab	15.29±0.5ab	57.50±6.4ab	37.50±16.3ab	118.50±6.4ab	2.31±0.3ab	0.74±0.03bc	19.22±0.4ab	10.05±0.1cd	91.7±58.7dc
I-08	2.60±0.4ab	13.70±0.8ab	197.00±68.7ab	91.00±32.6ab	304.80±102.0ab	1.97±0.3ab	0.69±0.04c	17.99±0.2cd	9.77±0.4e	173.3±79.8dc
I-11	2.20±0.3ab	15.78±1.0a	55.67±18.3ab	64.00±69.4ab	99.00±47.2ab	2.04±0.5ab	0.70±0.07de	18.14±0.8de	9.72±0.1e	51.3±47.9d
I-13	3.00±0.3a	13.34±0.6b	163.20±33.6ab	134.60±35.4ab	382.20±92.2ab	2.28±0.1ab	0.72±0.02cd	18.04±0.2cd	10.14±0.1bc	291.0±77.6bc
I-14	2.54±0.2ab	13.22±0.7b	138.80±41.4ab	56.40±24.3ab	150.00±57.1ab	2.22±0.2ab	0.81±0.04ab	19.07±0.5bc	10.17±0.2bc	147.2±79.8dc
I-18	2.68±0.2ab	14.65±0.5ab	110.60±11.3ab	76.8±7.9ab	251.60±42.3ab	2.40±0.1ab	0.77±0.02ab	18.82±0.3cd	10.31±0.2bc	240.3±149.4dc
I-22	1.99±0.5ab	14.76±0.9ab	46.00±1.0ab	39.50±50.2ab	142.50±188.8ab	2.08±0.0ab	0.84±0.0a	19.82±ab	10.61±ab	183.5±0.0dc
I-25	2.61±0.4ab	15.19±0.7ab	172.20±38.5ab	133.00±57.3ab	407.80±223.1ab	2.80±0.0a	0.74±0.02bc	18.47±0.2cd	10.10±0.2cd	374.3±b191.1cd
I-27	2.63±0.2ab	14.96±1.0ab	167.80±55.0ab	110.60±48.4ab	383.20±146.4ab	2.56±0.1ab	0.73±0.02bc	18.53±0.4cd	10.33±0.5bc	276.3±84.9dc
I-30	2.86±0.2ab	15.17±0.9ab	154.00±33.7ab	104.80±55.7ab	233.60±78.0ab	2.65±0.2ab	0.77±0.02ab	18.27±0.2de	10.61±0.2ab	257.2±56.6dc
I-31	2.74±0.1ab	14.48±1.0ab	185.40±21.4ab	68.20±22.1ab	190.20±43.9ab	2.45±0.1ab	0.72±0.04de	18.09±0.3de	10.00±0.3cd	70.8±19.8d
I-32	2.81±0.3ab	14.97±1.3ab	225.40±51.6ab	162.00±25.9ab	558.40±122.1a	2.64±0.1ab	0.78±0.03ab	18.56±0.4cd	10.77±0.2ab	667.6±50.7ab
I-34	2.89±0.2ab	15.43±1.0ab	198.80±62.4ab	181.60±58.1a	530.60±248.0ab	2.53±0.1ab	0.79±0.03ab	18.53±0.2cd	11.01±0.1a	754.1±398.2a
I-41	2.91±0.1ab	14.67±0.9ab	191.20±47.2ab	95.60±49.3ab	371.40±219.3ab	2.42±0.2ab	0.76±0.01ab	18.31±0.5cd	10.56±0.1ab	361.2±191.1bc
I-47	2.74±0.2ab	15.34±1.0ab	153.20±45.5ab	111.60±29.1ab	434.40±126.8ab	2.48±0.2ab	0.79±0.03ab	18.92±0.4bc	10.19±0.1bc	465.3±156.4abc
I-48	2.60±0.2ab	14.73±1.2ab	128.25±34.4ab	99.25±6.8ab	396.75±84.0ab	2.43±0.1ab	0.78±0.03ab	18.63±0.5cd	10.19±0.4bc	286.5±62.2dc
I-62	2.50±0.2ab	14.38±0.8ab	144.00±50.0ab	88.80±18.5ab	377.00±101.34ab	2.50±0.2ab	0.81±0.05ab	20.13±0.2a	10.31±0.1bc	287.5±90.1dc
I-64	2.58±0.2ab	14.62±0.6ab	121.67±29.8ab	96.67±16.8ab	347.33±88.9ab	2.63±0.2ab	0.73±0.02ab	18.20±0.1de	10.74±0.2ab	357.8±99.4bc
I-77	3.13±0.3a	15.48±0.2ab	246.00±38.0a	94.00±6.2ab	278.67±56.0ab	2.44±0.1ab	0.74±0.01bc	18.25±0.0de	10.22±0.0bc	239.0±27.8dc
I-80	2.87±0.4ab	14.63±0.8ab	167.80±89.9ab	66.20±22.0ab	158.40±89.9ab	2.24±0.1cd	0.76±0.01ab	18.59±0.2cd	10.07±0.2cd	125.1±55.3dc
I-26A	2.64±0.3ab	14.30±0.9ab	135.00±3ab	99.00±18.0ab	288.33±46.3ab	2.76±0.1ab	0.75±0.04bc	18.85±0.5cd	10.31±0.3bc	294.8±146.8bc
I-26B	3.00±0.3a	15.11±1.0ab	191.60±57.7ab	117.00±25.2ab	381.44±130.2ab	2.76±0.1ab	0.78±0.03ab	19.02±0.4bc	10.29±0.2bc	360.8±86.3bc

Medias con letras diferentes de una misma columna son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), ACC=Accesión, API=Altura de planta, AH=Ancho de hoja, NBF=Número de brotes florales, NR=Número de racimos, NF=Número de frutos, NSF=Semillas por fruto, PS=Peso de semilla, LS=Largo de semilla, AS=Ancho de semilla, PS= Peso de semillas.

Para la propagación por vareta en el análisis de varianza permitió detectar diferencias estadísticas significativas entre accesos, en nueve de los 20 descriptores morfológicos evaluados (Cuadro 8). Las variables con significancia estadística fueron; diámetro de tallo ($P=0.0052$), ramas primarias ($P=0.008$), ramas secundarias ($P=0.0009$), así como en el número de brotes florales ($P=0.0001$), racimos ($P=0.0001$), frutos ($P=0.0010$), peso de semilla ($P=0.0027$), ancho de semilla ($P=0.0001$) y espesor de semilla ($P=0.008$). Es importante indicar que aun cuando se evaluaron las mismas variables, son diferentes los valores que se obtuvieron entre los tipos de propagación, por lo que las variables con diferencias significativas no son las mismas, lo que indica que hay diferencias en el crecimiento de las plantas, fruto y semilla.

De acuerdo con la prueba de medias Tukey ($P\leq 0.05$), el acceso I-25, sobresale en la variable diámetro de tallo con una media de 70.5 mm, pero este es inferior a lo reportado por Guerrero *et al.* (2011), con promedio de 84.5 mm en plantas de 18 meses de edad. En ramas primarias la media máxima y superior fue de 4.40 en el acceso I-27, este resultado es inferior a lo reportado por Machado (2011), ya que obtuvo valores medios de 10 ramas primarias en la procedencia SSCS-3. Para ramas secundarias se tuvo un valor máximo de 32 en el acceso I-08. Sobre este descriptor, Laviola *et al.* (2009) mencionan que el número de ramas secundarias es uno de los componentes de producción más importante para un programa de mejoramiento genético, ya que las inflorescencias se producen en los brotes terminales de las ramas, por tanto la producción de frutos dependerá del mayor número de ramas. El acceso I-78 sobresale con mayor número de brotes florales (233.75), racimos (138.75) y frutos por planta (392.75).

Los accesos sobresalientes en peso de semilla fueron I-32, I-64 e I-79, con 0.82, 0.81 y 0.77 g respectivamente, con una media de 10.85 en ancho de semilla sobresalió el I-64 y en espesor sobresalieron los accesos I-26B e I-32 con 9.18 y 9.21 mm, estos resultados concuerdan con lo reportado por Martínez *et al.* (2010) y Valdés *et al.* (2013).

Cuadro 8. Características morfológicas de 26 accesos de *J. curcas* L., propagadas por vareta, sembrados en la región centro del estado de Veracruz.

ACC	DT (mm)	NR1	NR2	NBF	NR	NF	PS (g)	AS (mm)	ES (mm)
I-02	58.86±10.9ab	3.20±1.3abc	16.80±4.6abc	133.40±52.8abcd	47.80±29.5abc	139.00±106.4ab	0.68±0.1ab	9.32±0.4ab	8.61±0.4ab
I-04	62.36±7.8ab	3.25±0.5abc	22.00±5.7abc	182.75±30.6abcd	60.25±30.5abc	163.25±98.5ab	0.68±0.0ab	9.91±0.1ab	8.48±0.1ab
I-05	51.80±19.4ab	2.00±0.8abc	15.25±9.5abc	108.00±71.6abcd	64.33±29.6abc	190.33±105.0ab	0.76±0.0ab	10.07±0.1ab	8.74±0.2ab
I-08	53.38±17.1ab	2.50±1.7abc	32.00±19.4a	195.50±121.3abc	87.25±56.9abc	187.25±130.5ab	0.65±0.1b	9.80±0.2ab	8.42±0.2b
I-11	53.76±5.1ab	2.98±0.7abc	18.13±abc	174.75±69.3abcd	62.25±23.5abc	161.50±88.3ab	0.73±0.0ab	10.17±0.9ab	8.63±0.1ab
I-13	66.94±8.1ab	4.00±0.8ab	28.25±10.8ab	171.50±97.5abcd	90.00±78.2abc	280.00±277.4ab	0.71±0.1ab	10.15±0.4ab	8.60±0.3ab
I-14	61.85±7.2ab	2.80±0.5abc	20.00±4.6abc	115.00±59.3abcd	73.80±50.3abc	219.00±185.0ab	0.69±0.0ab	9.94±0.2ab	8.59±0.1ab
I-16	53.83±6.4ab	2.50±0.6abc	10.50±2.6bc	72.50±14.2dc	47.75±21.4abc	162.25±76.7ab	0.69±0.0ab	9.55±0.2ab	8.51±0.1ab
I-22	56.68±10.8ab	2.50±0.6abc	16.25±3.3abc	134.25±81.8abcd	36.25±24.4abc	89.50±64.59ab	0.79±0.0ab	10.30±0.2ab	8.85±0.2ab
I-25	70.50±7.0a	3.33±0.6ab	23.67±2.1abc	207.33±30.9abc	105.00±23.1abc	267.67±54.1ab	0.70±0.0ab	10.09±0.1ab	8.66±0.1ab
I-27	67.15±3.0ab	4.40±0.6a	27.80±6.6ab	204.60±40.8abc	134.20±54.2ab	290.40±123.5ab	0.75±0.0ab	10.10±0.3ab	8.93±0.1ab
I-30	61.65±5.3ab	2.33±0.6abc	15.00±1.0abc	116.00±12.1abcd	56.00±14.7abc	155.33±69.1ab	0.74±0.0ab	10.33±0.1ab	8.65±0.0ab
I-31	44.88±7.3ab	2.20±1.3abc	14.56±9.3abc	95.00±56.0abcd	22.40±15.5c	51.40±31.2b	0.76±0.0ab	10.09±0.3ab	8.98±0.1ab
I-32	48.09±4.3ab	2.33±0.6abc	13.33±5.5abc	83.67±35.0bcd	33.67±23.1c	82.00±51.1b	0.82±0.1a	10.78±0.1ab	9.21±0.2a
I-34	58.92±12.2ab	1.80±0.5bc	17.00±8.2abc	119.00±65.5abcd	43.00±29.2abc	123.40±94.8ab	0.72±0.1ab	10.18±0.5ab	8.81±0.3ab
I-41	66.13±6.1ab	3.00±0.8abc	20.75±7.9abc	224.00±14.1ab	93.50±11.2abc	269.25±53.8ab	0.75±0.0ab	10.50±0.1ab	8.75±0.1ab
I-47	60.67±6.2ab	2.40±0.6abc	13.40±7.4abc	102.40±31.7abcd	69.00±26.3abc	222.20±80.7 ab	0.75±0.0ab	9.89±0.2bc	8.52±0.2ab
I-62	64.31±7.3ab	4.11±1.7ab	25.27±4.7abc	186.80±38.0abcd	86.60±14.3abc	277.00±28.9ab	0.78±0.1ab	10.23±0.3ab	8.80±0.3ab
I-64	62.22±11.0ab	2.40±0.6abc	13.60±4.2abc	101.00±36.0abcd	43.80±43.3abc	114.80±111.9ab	0.81±0.1a	10.85±0.6a	9.16±0.5ab
I-65	68.04±7.0ab	3.00±1abc	19.00±7.8abc	140.00±35.5abcd	88.80±48.4abcd	267.20±169.1ab	0.74±0.1ab	10.53±0.2ab	8.91±0.4ab
I-78	62.79±16.0ab	3.13±1.4abc	20.76±11.1abc	233.75±35.4a	138.75±20.0a	392.75±63.1a	0.73±0.0ab	10.28±0.3ab	9.08±0.5ab
I-79	56.81±8.0ab	2.58±0.5abc	15.78±3.7abc	105.80±30.6abcd	31.40±16.5c	90.60±7.3ab	0.77±0.0a	10.15±0.2ab	9.01±0.2ab
I-80	60.23±9.7ab	3.20±0.8abc	23.00±7.7abc	120.20±46.3abcd	39.20±30.7bc	90.20±71.2ab	0.71±0.0ab	10.11±0.2ab	8.85±0.3ab
I-26A	54.41±11.2ab	2.50±1.3abc	17.75±8.0abc	117.75±56.2abcd	53.25±35.1abc	148.50±110.6ab	0.71±0.0ab	9.90±0.2ab	8.87±0.2ab
I-26B	50.34±13.0ab	1.50±0.6c	11.75±5.3bc	103.50±62.5abcd	58.00±65.8abc	140.25±221.5ab	0.80±0.1ab	10.23±0.2ab	9.18±0.0a

Medias con letras diferentes de una misma columna son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), ACC=Accesión, DT=Diámetro de planta, NR1=Número de ramas primarias, NR2=Número de ramas secundarias, NBF=Número de brotes florales, NR=Número de racimos, NF=Número de frutos, PS=Peso de semillas, AS=Ancho de semilla, ES=Espesor de semilla.

Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron 57.66 % de la variación total observada, para las plantas propagadas por semilla. El primer componente explicó 34.84 %, el segundo 22.82 %. Las variables con mayor valor descriptivo integradas en el CP1 son: número de racimos, brotes florales, longitud de hoja, altura de planta, número de frutos por planta y peso de semillas. El CP2 integro las variables: peso de semilla, ancho de semilla, ancho de hoja, longitud de semilla, semillas por fruto, ramas secundarias, y espesor de semilla (Cuadro 9).

Cuadro 9. Vectores y valores del análisis de componentes principales (CP) con las variables de mayor valor descriptivo de la variable total en planta, fruto y semilla de *J. curcas*, propagadas por semilla, provenientes del estado de Veracruz.

Características	CP1	CP2
Altura (m)	0.301671	-0.165093
Diámetro (mm)	0.265919	-0.095816
Ramas primarias	0.257299	-0.129041
Ramas secundarias	0.227279	-0.272969
Longitud de hoja (cm)	0.308554	0.137911
Ancho de hoja (cm)	0.163223	0.321368
Número de brotes florales/planta	0.325952	-0.189021
Racimos/árbol	0.34729	0.11357
Número de frutos/planta	0.30123	0.141859
Longitud de fruto(mm)	0.020323	0.108105
Ancho de fruto(mm)	0.20841	0.224884
Semillas/fruto	0.185248	0.281105
Color de fruto	0.230813	-0.188615
Peso de semilla (g)	-0.108579	0.379092
Longitud de semilla (mm)	-0.204955	0.284673
Ancho de semilla (mm)	0.103584	0.3709
Espesor de semilla (mm)	-0.068378	0.263486
Peso de semillas (g)	0.283445	0.269734
Varianza explicada (%)	34.84	22.82
Varianza acumulada (%)	34.84	57.66

Distribución de la diversidad. La representación gráfica de los dos primeros componentes principales, para las plantas propagadas por semilla, se muestra la distribución el Grupo I quedó conformado por los accesos, I-34, I-32, I-26B, I-30, I-25, I-47, I-26A, I-64 e I-27, que se caracterizaron por presentar mayor número de racimos, brotes florales, longitud de hoja, altura de planta, número de frutos por planta y peso de semillas. El Grupo II

estuvo formado por los accesos I-22, I-62, I-48 e I-18, se distinguió por presentar mayor en peso de semilla, ancho de semilla, ancho de hoja, longitud de semilla, semillas por fruto, ramas secundarias, y espesor de semilla. En el Grupo III se ubican los accesos I-14, I-80, I-31 e I-04, este grupo presentó valores intermedios en diámetro de tallo, ancho de fruta, pero valores menores en racimos, frutos y peso de semilla. Finalmente en el Grupo IV se agruparon los accesos I-08, I-13, I-41 e I-77, en este grupo se destaca ya que presentó mayor número de ramas primarias, color de fruta y ancho de fruta, además de tener un valor intermedio en brotes florales y peso de semilla (Figura 2).

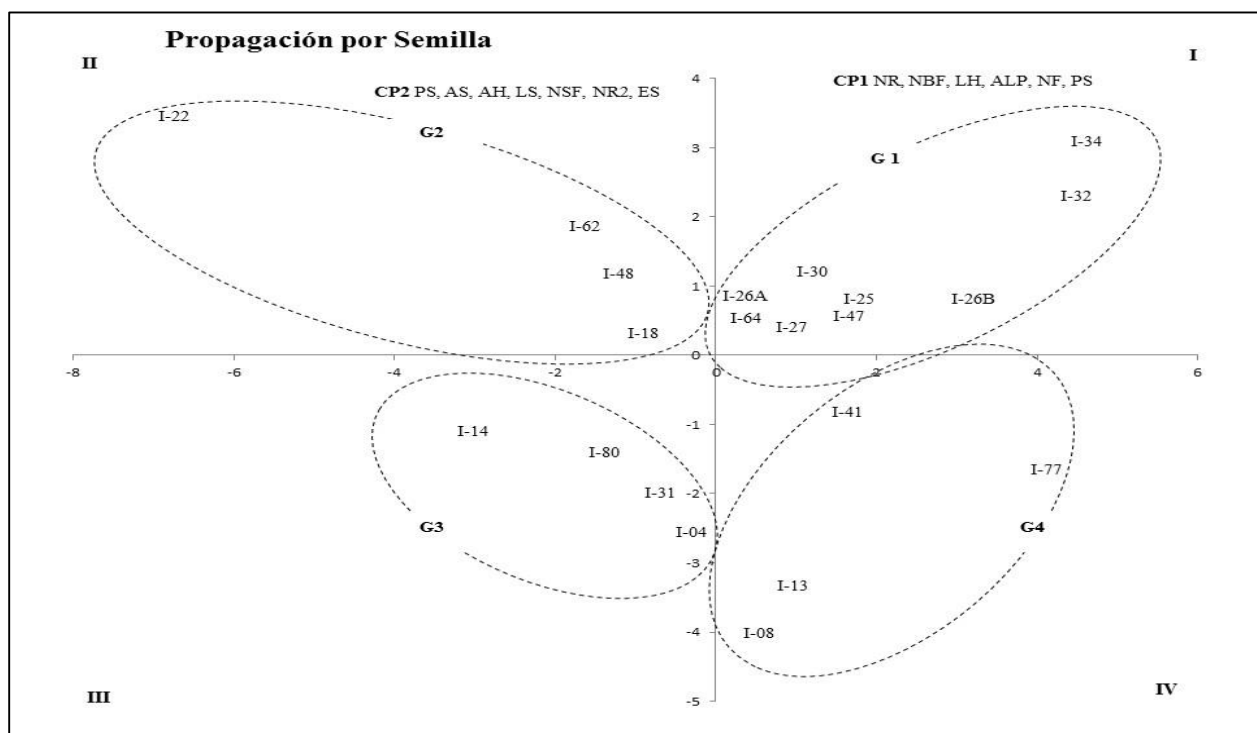


Figura 2. Diagrama de dispersión de 23 accesos de *Jatropha curcas* L., propagados por semilla, con base en los dos primeros componentes principales de 18 variables morfológicas y productivas. APL= Altura de planta, LH=Largo de hoja, NBF= Número de brotes florales, NR=Número Racimos, NF=Número de frutos, PS= Peso de semilla, AH= Ancho de hoja, NS=Número de semillas, PS= Peso de semilla, LS= Largo de semilla, AS= Ancho de semilla.

Los dos componentes principales en la propagación por vareta explicaron el 60.80 % de la variación total, con 39.27 %, 21.53 % respectivamente. Las variables con mayor valor descriptivo integradas en el CP1 son: número de racimos, brotes florales, número de

frutos, ramas secundarias, ramas primarias y diámetro de tallo. El CP2 integro las variables de semilla peso, ancho y espesor de semilla así como el ancho de fruto (Cuadro 10).

Cuadro 10. Vectores y valores del análisis de componentes principales (CP) con las variables de mayor valor descriptivo de la variable total en planta, fruto y semilla de *J. curcas*, propagadas por vareta, provenientes del estado de Veracruz.

Características	CP1	CP2
Altura (m)	0.213082	0.299098
Diámetro (mm)	0.330002	0.243534
Ramas primarias	0.332621	-0.013574
Ramas secundarias	0.366527	-0.030365
Número de brotes florales/planta	0.37615	0.126974
Racimos/árbol	0.380189	0.168574
Número de frutos/planta	0.36939	0.166198
Longitud de fruto(mm)	-0.106629	-0.013915
Ancho de fruto(mm)	-0.078122	0.396487
Semillas/fruto	-0.225791	0.194028
Peso de semilla (g)	-0.244534	0.404504
Longitud de semilla (mm)	-0.091971	0.502222
Espesor de semilla (mm)	-0.203778	0.408744
Varianza explicada (%)	39.27	21.53
Varianza acumulada (%)	39.27	60.8

La representación gráfica en la propagación por vareta, en los dos primeros componentes principales el Grupo I quedó conformado por los accesos I-65, I-62, I-41, I-25, I-78 e I-27, estos accesos presentaron valores máximos en número de racimos, brotes florales, ramas secundarias, ramas primarias y diámetro de tallo, pero menor ancho de fruto. El Grupo II estuvo formado por los accesos I-64, I-32, I-26B, I-79 e I-30, se distinguió por presentar mayor peso, ancho y espesor así como el ancho de fruta, pero menor número de racimos. El Grupo III estuvo integrado los accesos I-22, I-34, I-26A, I-47, I-05 e I-016 tuvo los valores más altos en longitud de fruta, con menor número frutos y peso de semilla. Finalmente el Grupo IV lo conformaron los accesos I-13, I-11, I-80, I-04, I-14, I-02 e I-08, las plantas presentaron mayor altura de planta, valores intermedios en número de frutos, pero menor longitud de semilla (Figura 3).

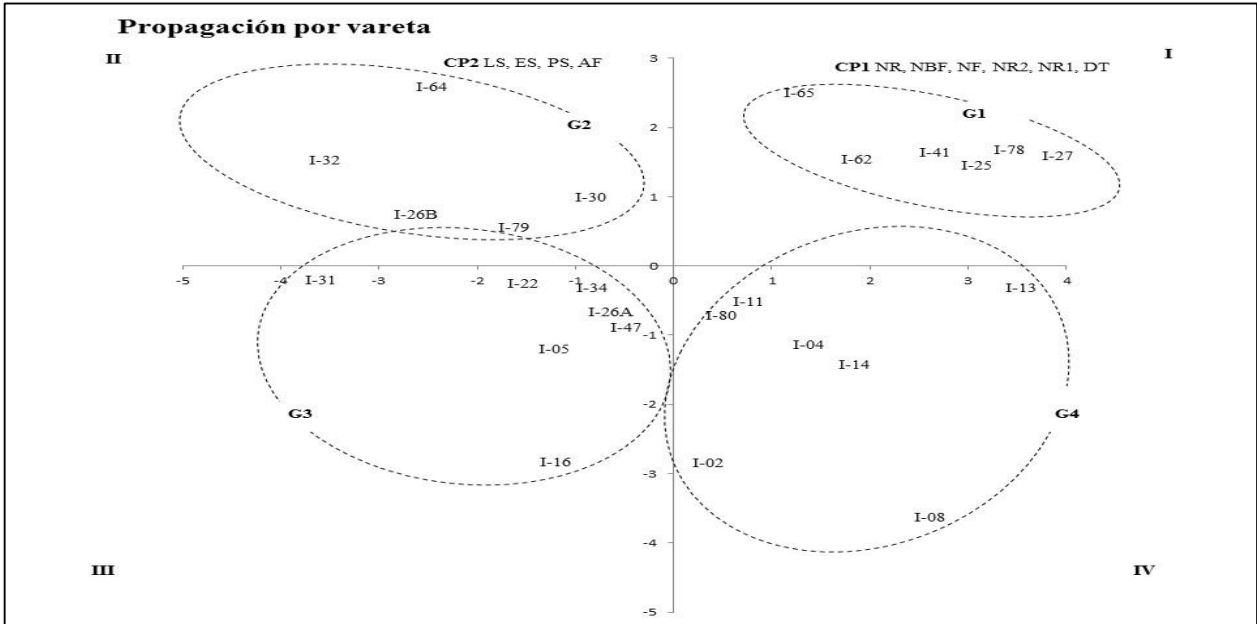


Figura 3. Diagrama de dispersión de 26 accesos de *Jatropha curcas* L., propagados por vareta, con base en los dos primeros componentes principales de 13 variables morfológicas y productivas. DT= Diámetro de tallo, NR1= Ramas primarias, NR2= Ramas secundarias, NBF= Número de brotes florales, NR= Número de racimos, NF= Número de frutos, PS= Peso de semilla, AS= Ancho de semilla ES= Espesor de semilla.

El análisis de conglomerados para las plantas propagadas por semilla, formo cuatro grupos (Figura 4), los cuales difirieron en su conformación con los obtenidos en el análisis de componentes principales. Esta diferencia se debe a que en el análisis de componentes principales se utilizan únicamente las variables que explican lo CP1 y CP2, mientras que el análisis de conglomerados utiliza todas las variables evaluadas en la obtención del dendograma.

En el Grupo I se incluyeron los I-04, I-27, I-13, I-48, I-62, I-18, I-26A, I-25, I-41, I-26B, I-32, I-47, I-64, I-30 y I-34, que se caracterizaron por presentar diámetro de tallo de 65.67 mm, largo y ancho de hoja de 14.10 y 14.74 cm, 161.63 en brotes florales, racimos de 114.18, número de frutos con 380.83, largo y ancho de fruto de 30.21 mm-23.26 mm y peso de semillas con 368.15 g. En Grupo II se ubicó el acceso I-22, que presentó 14.76 cm en ancho de hoja, peso semilla con 0.84 g, ancho 19.82 mm y con un espesor de 10.61 mm respectivamente. Mientras que en el Grupo III fueron los accesos I-08, I-14, I-

77 y I-80, este grupo se destacó por presentar un alto promedio en altura de planta con 2.79 m, ramas secundarias de 29.50 y florales de 185 finalmente en el Grupo IV se encontró el acceso I-31 la cual, se caracterizó por presentar un bajo peso de semilla por planta (Cuadro 11).

Cuadro 11. Promedios de la variación de cuatro grupos formados en el análisis de conglomerados de 23 accesos de *J. curcas* L., propagadas por semilla.

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Altura de Planta (m)	2.73	1.99	2.79	2.74
Diámetro de tallo (mm)	65.67	52.77	65.28	65.29
Número de ramas primarias	4.47	3.00	5.00	5.00
Número de ramas secundarias	27.93	14.00	29.50	25.00
Longitud de hoja (cm)	14.01	13.28	13.75	13.74
Ancho de hoja (cm)	14.74	14.76	14.07	14.48
Número de brotes florales	161.63	13.28	185.05	185.4
Número de racimos	114.18	39.5	76.9	68.2
Número de frutos	380.83	142.5	222.97	190.2
Longitud de fruto (mm)	30.21	28.6	29.58	30.8
Ancho de fruto (mm)	23.26	21.58	21.81	23.41
Número de semillas por fruto	3.00	2.00	2.00	2.00
Color de fruto	5.00	4.00	5.00	5.00
Peso de semilla (g)	0.76	0.84	0.75	0.72
Longitud de fruto (mm)	18.66	19.82	18.48	18.09
Ancho de fruto (mm)	10.39	10.61	10.06	10.00
Espesor de fruto (mm)	8.81	9.15	8.9	8.94
Peso de semillas (g)	368.15	183.5	171.16	70.84

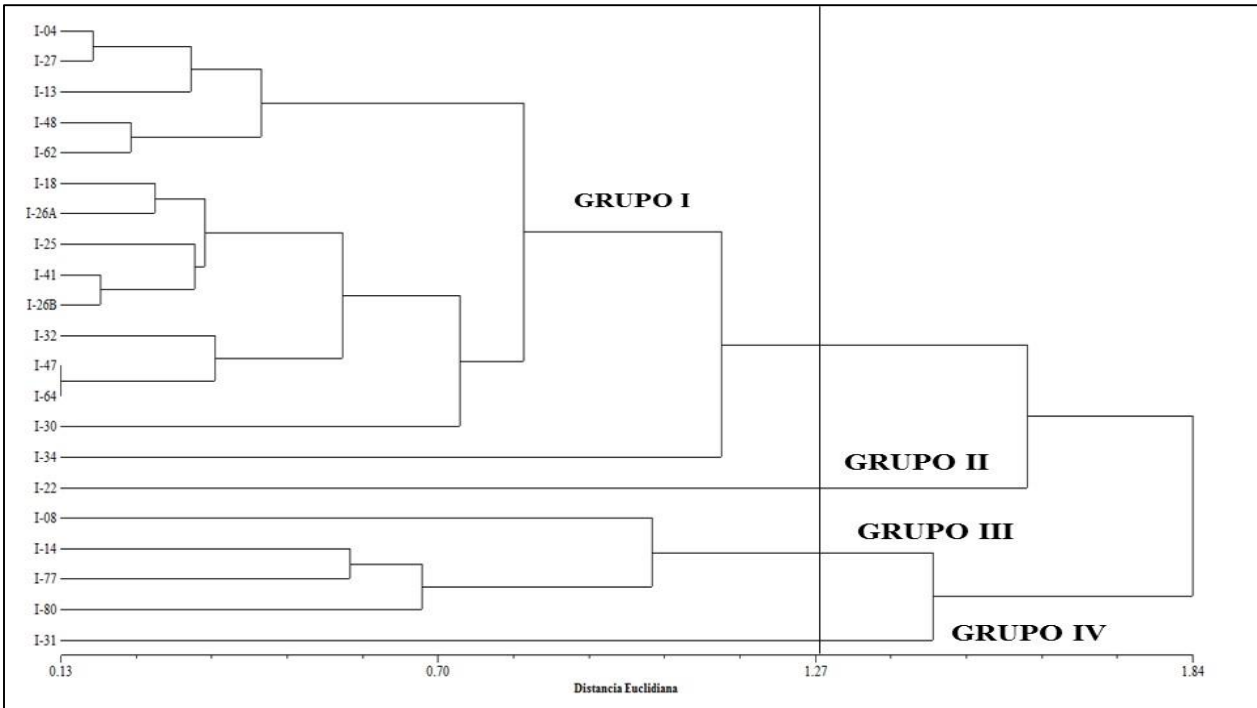


Figura 4. Dendrograma de 23 accesos de *J. curcas*, propagadas por semilla, con base a 18 variables sobresalientes.

En la propagación por vareta el análisis de conglomerados formo tres grupos con características diferentes, los cuales difirieron del análisis de componentes principales (Figura 5).

El Grupo I estuvo integrado por los accesos I-02, I-04, I-11, I-08, I-32, I-34 e I-64, se distinguió por tener mayor diámetro de tallo con 56.80 mm y en semilla con ancho y espesor de 10.15 mm y 8.76 mm respectivamente. El Grupo II formado por los accesos I-22, I-79, I-80 e I-31, sobresalieron por presentar mayor tamaño en fruto y semilla. Mientras que el Grupo III se ubicó los accesos I-05, I-14, I-65, I-16, I-47, I-13, I-62, I-78, I-25, I-41, I-27, I-30 I-26A e I-26B, se destacaron por presentar mayor diámetro, ramas secundarias, brotes florales y número de racimos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Promedios de la variación de tres grupos formados en el análisis de conglomerados de 26 accesos de *J. curcas* L., propagadas por vareta.

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Altura de planta (m)	2.20	2.17	2.29
Diámetro de tallo (mm)	56.8	54.65	61.46
Número de ramas primarias	2.57	2.75	2.93
Número de ramas secundarias	19.00	17.50	19.29
Número de brotes florales	141.44	113.81	150.22
Número de racimos	54.00	32.31	82.78
Número de frutos	138.74	80.43	234.44
Longitud de fruto (mm)	30.32	30.68	29.89
Ancho de fruto (mm)	22.36	22.93	22.85
Número de semillas	2.43	2.75	2.50
Peso de semilla (g)	0.73	0.76	0.74
Ancho de semilla (mm)	10.15	10.16	10.13
Espesor de semilla (mm)	8.76	8.92	8.77

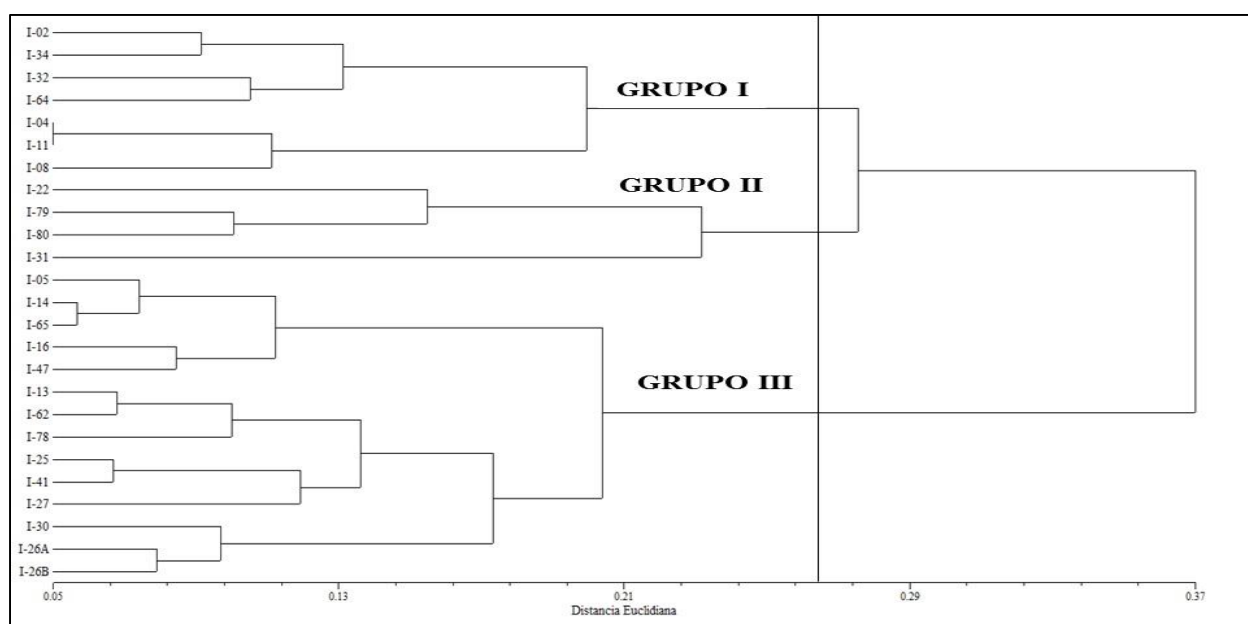


Figura 5. Dendrograma de 26 accesos de *J. curcas*, propagadas por vareta, con base a 13 variables sobresalientes.

Machado (2011), en un estudio de caracterización morfológica en diferentes procedencias de *J. curcas*, en Cuba, propagadas a partir de varetas y semillas, encontró diferencias significativas en las características morfológicas de altura, número de ramas primarias, secundarias y terciarias. Muchos estudios establecen que la mejor forma de propagación es por semilla, ya que la planta puede producir la raíz pivotante que le permite mejorar el anclaje al suelo, obtener agua y nutrientes a mayor profundidad (Heller, 1996; Reubens *et al.*, 2011), ya que mediante propagación por vareta sólo produce las raíces laterales (Francis *et al.*, 2005; Achten *et al.*, 2008). Si se establece o propaga por semillas el porcentaje de supervivencia puede ser bajo. Sin embargo, la producción es mayor y presentan tolerancia a plagas y enfermedades. Por otra parte, la propagación por vareta se recomendada si se desea un establecimiento más rápido y una producción en menor tiempo (Heller, 1996; Gosh y Singh, 2010).

J. curcas, es considerada una planta promisoría por los productos que se obtienen de ella. Sin embargo su descripción morfológica y floral es limitada (Steinmann, 2002), ya que sus poblaciones presentan una gran variabilidad en sus estructuras morfológicas (Torralba *et al.*, 2008), lo cual podría ser una limitante para su domesticación. Henning, (2004) menciona, que la biología floral y la heterogeneidad en los ciclos de producción son características que se deben mejorar para hacer posible un cultivo de explotación comercial. Al respecto Achten *et al.* (2008), mencionan que se carece de información en propiedades ecológicas y agronómicas del cultivo como condiciones de crecimiento, capacidad de respuesta de entrada de producción y rendimiento de semilla. Francis *et al.* (2005) mencionan que el rendimiento de planta dependerá de las condiciones establecidas (precipitación, tipo y fertilidad de suelo), así como la genética, edad de la planta y manejo (método de propagación, poda, fertilización y riego, entre otros.) De acuerdo a lo anterior los resultados de la presente investigación es una contribución al conocimiento de genotipos sobresalientes que cuenta el estado de Veracruz, de las cuales las más importantes son número de brotes florales y producción de semilla a partir de tres años de edad y sin uso de insumos químicos a la planta.

1.4. CONCLUSIONES

Los accesos evaluados presentaron diferencias en las características morfológicas, las plantas propagadas por semilla sobresalieron las variables: altura de planta, ancho de hoja, peso, longitud y ancho de semilla, y por vareta el diámetro de tallo, ramas primarias, ramas secundarias, peso ancho y espesor de semilla.

Para las características productivas, destacan el número de brotes florales, número de racimos, número de frutos y peso de semillas, en ambas propagaciones, los valores más altos fueron en las plantas propagadas por semillas.

Los accesos I-47, I-34 e I-32, propagados por semilla fueron los más importantes, ya que se destacaron por tener una mayor número de brotes florales, racimos, frutos y peso de semillas, siendo las variables de mayor interés, procedentes de las regiones de Capital, Nautla y Olmeca. En la propagación por semilla los accesos I-65, I-62, I-64 e I-32 presentaron mayor tamaño en ancho de hoja, número de semillas por fruto, peso, largo y ancho de semilla de la región de Montañas, Olmeca y Totonaca.

En el tipo de propagación, sobresalieron las plantas propagadas por semilla, ya que tuvieron un mayor desarrollo y rendimiento a diferencia de vareta. Estos descriptores son importantes para la caracterización del germoplasma de *J. curcas*. Por tanto, podrían ser incluidas en un programa de mejoramiento genético de *J. curcas* L.

1.5. LITERATURA CITADA

- Achten, W.; Verchot, J.; Franken, Y.; Mathijs, E.; Singh, V.; Aerts, R.; and Muys, B. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32:1063-1084. DOI: 10.1016 / j.biombioe.2008.03.003.
- Balota, E. L.; Machineski, O.; Truber, P. V.; Scherer, A. and Souza, F.S. 2011. Physic nut plants present high mycorrhizal dependency under conditions of low phosphate availability. *Brazilian Journal Plant Physiology* 23(1):33-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202011000100006>.
- Basha S. D.; Francis, G.; Makkar, H. P. S.; Becker, K. and Sujatha, M. 2009. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L., germplasm from different countries *Plant Science*. 176. 812-823. DOI:10.1016/j.plantsci.2009.03.008.
- Basha, S. D. and Sujatha, D. 2007. Inter and intra-population variability of *Jatropha curcas* L., characterized by RAPD and ISSR markers and development of population-specific SCAR markers. *Euphytica* 375-386. DOI 10.1007/s10681-007-9387-5.
- Becker, k. and Makkar, H. P. S. 2008. *Jatropha curcas*: A potential source for tomorrow's oil and biodiesel. *Lipid Technology* 20(5):104-107. DOI.10.1002/lite.200800023.
- Berry, E. W. 1929. An Eogene tropical forest in the Peruvian desert. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 15:345-346.
- Bonilla, B. M. L.; Espinosa, P. K.; Posso, T. A. M.; Vásquez, A. H. D. y Muñoz, F. J. M. 2008. Establecimiento de una colección de trabajo de uchuva del suroccidente Colombiano. *Acta Agronómica* 57(2):95.
- Coello, J. y M. Gnecco. 2000. El biodiesel. Documento interno de ITDG. Perú.
- Campuzano, L. F. 2009. Perspectivas de la investigación de *Jatropha curcas* L., en Colombia PARTE I: Componente Genético. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 62(3):51-63.
- Downes, R. D. and Wold, C. 1994. Biodiversity prospecting rules of the game. *BioScience* 44(2):95-98.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sánchez, M. Mittelbach, and S. Hackel. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology* 58:77-82.

- Francis, G.; Edinger, R. and Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. In Natural Resources Forum 29(1):12-24. DOI: 10.1111/j.1477-8947.2005.00109.x.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana 4 a (Ed.) Offset Larios, México.
- Gosh, L. and Singh, L. 2010. Study of factors influencing vegetative propagation of *Jatropha curcas*. Indian Forester. 136:1637-48.
- Guerrero Pinilla, J. A.; Campuzano, L. F.; Rojas, S. and Pachon-García, J. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L.*. Orinoquia 15(2):131-147.
- Heller, J. 1996. Physic nut (*Jatropha curcas* L.) Promoting the conservation and use of underutilization and neglected crops. International Plant Genetics Resources Institute (IPGRI). Rome, Italy. p.p. 66.ISBN 92-9043-278-0.
- Henning, R. K. 2004. The *Jatropha* System. In An integrated approach of rural development.
- Jones, N., and J. Miller. 1992. *Jatropha curcas* a multipurpose species for problematic sites. The World Bank Asia Technical Department Washington: 39 p.
- Jongschaap R.E.E., W.J. Corre, P.S. Bindraban, and W.A. Brandenburg. 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158. Plan Research International BV, Wageningen. The Netherlands and Stichting Het Groene Woudt, Laren. The Netherlands. 42 p.
- Kehira, A. A. A. and Atta, N. M. M. 2009. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit; Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. Biomass and Bioenergy 33:1343-1350. DOI: 10.1016/j.biombioe.2008.05.015.
- King, A; He, W.; Cuevas, J.; Freudenberger, M.; Ramiamanana, D. and Graham, L. 2009. Potential of *Jatropha curcas* as source of renewable oil and animal feed. Journal of Experimental Botany 60(10):2897-2905. DOI:10.1093/jxb/erp025.
- Kumar, A., y A. Sharma. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. Industrial Crops and Products 28:1-10 p
- Laviola, B. G.; Bhering, L. L.; Albrecht, J. C.; Marques, S. S. y Rosado, L. T. B. 2009. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão manso. In: Congresso Brasileiro de plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel 2009,

Montes Claros. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Oléas, Gorduras e Biodiesel. Lavras: UFLA, 6.

- Liu, S. Y.; Sporer, F.; Wink, M.; Jourdane, J.; Henning, R.; Li, Y. L. a Ruppel A. 1997. Anthraquinones in *Rheum palmatum* and *Rumex dentatus* (Polygonaceae), and phorbol esters in *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) with molluscicidal activity against the schistosome vector snails *Oncomelania*, *Biomphalaria* and *Bulinus*. *Tropical Medicine & International Health*. 2(2):179-188. DOI: 10.1046/j.1365-3156.1997.d01-242.x.
- Mabberley, J. D. 2005. *The Plant Book, A portable dictionary of vascular plants*. Cambridge University Press.
- Machado, R. and Suárez, J. 2009. Comportamiento de tres procedencias de *Jatropha curcas* en el banco de germoplasma de la EEPF "Indio Hatuey". *Pastos y Forrajes* 32(1):29-37.
- Machado, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L., Cuba. *Pastos y Forrajes* 34(3):267-280.
- Makkar, H. P. S.; Francis, G. and Becker, K. 2007. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal*. 1(9):1371-1391. DOI: 10.1017/S1751731107000298.
- Makkar, H. P. S.; Martínez-Herrera, J. and 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*. *Journal of Plant Sciences* 3(3): 260-265. DOI: 10.1017/S1751731107000298.
- Manurung, R. 2007. Valorization of *Jatropha curcas* using the biorefinery concept. Expert seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics. FACT Foundation. Wageningen. The Netherlands.
- Martínez, H. J.; Martínez, A. A. L.; Makkar, H.; Francis, G. and Becker, K. 2010. Agroclimatic conditions, chemicals and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L., from México. *European Journal Scientific Research* 39(3):396-407.
- Martínez-Herrera, J.; Jiménez-Martínez, C. and Guemes-Vera, N. 2012. Use of *Jatropha curcas* L. (Non-Toxic Variety) as Traditional Food and Generation of New Products in Mexico (Chapter 17). In: N. Carels et al. (eds.), *Jatropha, Challenges for a New Energy Crop: 1: 333 Farming, Economics and Biofuel*. DOI 10.1007/978-1-4614-4806-8_17, © Springer Science+Business Media New York.

- Martínez-Herrera, J.; Siddhuraju, P.; Francis, G.; Dávila-Ortiz, G. and Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry* 96(1):80-89. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.01.059.
- Mendoza, J. H. 2008. Cultivos energéticos en Ecuador: Caso proyecto piñón (*Jatropha*). Taller: La Agroenergía en la Región Andina. Situación actual e intercambio de experiencia en Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Bogotá, Colombia.
- Molieri, E. 1979. Importancia de la evaluación de fertilidad de los suelos en sistemas de cultivos, Nicaragua (inédito).
- Mujumdar, A. y Misar, A. 2004. Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. *Journal of Ethno pharmacology* 90:11-15. DOI: 10.1016/j.jep.2003.09.019.
- Ndong, R.; Montrejaud-Vignoles, M.; Saint-Girons, O.; Gabrielle, B.; Pirot, R.; Domergue, M. and C. Sablayrolles, C. 2009. Life Cycle Assessment of Biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: A Field Study. *Global Change Biology Bioenergy* 1(3):197-210. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2009.01014.x.
- Nietsche, S.; Vendrame, W. A.; Crane, J. H. and Pereira, M. C. T. 2014. Assessment of reproductive characteristics of *Jatropha curcas* L. in south Florida. *Global Change Biology Bioenergy* 6(4):351-359. DOI: 10.1111/gcbb.12051.
- Nwosu, M. O.; and Okafor, J. I. 2007. Jarak pagar dan pembuatan biodiesel (*Jatropha* and making of biodiesel) "(in Indonesian)". Kanisius Publication. Yogyakarta.
- Oliveira Y., L. Hernández, D.R. Cruz, W. Ramírez y J.C Lezcano. 2009 Nota técnica: Caracterización morfológica de tres especies cespitosas. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes, Cuba* 32 (2). pp. 1-8.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil planta of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19:1-15.
- Pecina-Quintero, V.; Anaya-López, J. L.; Zamarripa-Colmenero, A.; Núñez-Colín, C. A.; Montes-García, N.; Solís-Bonilla, J. L. and Jiménez-Becerril, M. F. 2014. Genetic structure of *Jatropha curcas* L. in México and probable centre of origin. *Biomass and Bioenergy* 60:147-155.
- Pérez-Vázquez, A., Hernández-Salinas, G.; Ávila-Reséndiz, C.; Valdés-Rodríguez, O. A.; Gallardo-López, F.; García-Pérez, E. and Ruíz-Rosado, O. 2013. Effect of the soil water content on *Jatropha* seedlings in a tropical climate. *International Agrophysics*. 27(3):351-357. DOI: 10.2478/intag-2013-0004.

- Rajagopal, R. 2008. Best practices for long-term *Jatropha* development. KnowGenix, Mumbai, India.
- Reubens, B.; Achten, W. M. J.; Maes, W.H.; Danjon, F.; Aerts, R.; Poesen, J. and Muys, B. 2011. More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. *Journal of Arid Environments*. 75(2):201-205. DOI:10.1016/j.jaridenv.2010.09.01.
- Rohlf, F. J. 2009. NTSYSpc: numerical taxonomy system, version 2.21. Exeter Software, New York.
- SAGARPA-SNICS. (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Guía Técnica para la Descripción Varietal. (*Jatropha curcas* L.). 2014. 22 p.
- Saturnino, M. H., Pacheco, D. D.; Kakida, J.; Tominaga, N. y Goncalves, N. P. 2005. Produção de oleaginosas para biodiesel. *Informe Agropecuario* 26(229):44-78.
- Schmook, B. and Sánchez, S. O. 2000. Uso y potencial de *Jatropha curcas* L., en la península de Yucatán, México. *Revista Foresta Veracruzana* 2(2):7-11.
- Srivastava, P.; Behera, K. S.; Gupta, J.; Jamil, S.; Singh, N. and Sharma, Y. K. 2011. Growth performance, Variability in Yield traits and oil content of selected accessions of *Jatropha curcas* L. growing in a large scale plantation site. *Biomass and Bioenergy* 35(9):3936-3942. [Doi:10.1016/j.biombioe.2011.06.008](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.06.008).
- Sosa-Segura M.P.; Angulo-Escalante M.A.; Valdez-Torres J.B.; Heredia J.B.; Osuna-Enciso T.; Allende-Molar R. and Oomah B.D. 2012. Phenology, productivity, and chemical characterization of *Jatropha curcas* L., as tool for selecting non-toxic elite germplasm. *African Journal of Biotechnology* 11(93): 15988-15993. Doi:10.5897/AJB12.2556.
- Sotolongo, J. A.; Díaz, A.; Montes de Oca, S. Atala y García, S. 2007. Potencialidades energética y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* L., en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la providencia de Guantamo. *Tecnología Química*. 27(2):76-81.
- Sudhakar, J.; Eswaran, N. and Sujatha, M. 2011. Molecular approaches to improvement of *Jatropha curcas* Linn. As a sustainable energy crop. *Plant Cell Reports* 30:1573-1591. DOI: 10.1007/s00299-011-1083-1
- Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61:61-93.

- Stevens, W. D.; Ulloa, C.; Pool, C. and Mantiel O. M. 2001. Flora de Nicaragua- Introducción Gimnosperma y Angiosperma (Acanthaceae-Euphorbiaceae). Missouri Botanical Garden Press. 85 tomo I. ISBN 0915279959, 9780915279951.
- Toral, O.; Iglesias, J. M.; Montes, S.; Sotolongo, J. A.; García. S. y Torsti, M. 2008. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. Pastos y forrajes. 31:91-207.
- Trabucco, A.; Achten, W. M. J.; Bove, C.; Aerts, R.; Van Orshoven, J.; Norgrove, L. and Muys, B. 2010. Global mapping of *Jatropha curcas* Yield based on response of fitness to and future climate. Global Change Biology Bioenergy 2:139-151. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2010.01049.x.
- Valdés, R. O. A.; Sánchez, S. O.; Pérez, A. y Zavala del Ángel, I. 2013. Alelometría de semillas de *Jatropha curcas* L., mexicanas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5:967-978.
- Valdés, R. O. A.; Sánchez, S. O.; Pérez, V. A. and Caplan, J. 2013. The Mexican Non-toxic *Jatropha curcas* L., Food resource or biofuel? Ethnobotany Research and Applications 11: 001-007.
- Zahawi, R. A. 2005. Establishment and growth of living fence species: An overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. Restoration Ecology. The Journal of the Society for Ecological Restoration 13(1):92-102. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2005.00011.x.

CAPÍTULO II. CONTENIDO DE ACEITE EN ACCESOS DE *Jatropha curcas* L. NO TÓXICA, EN VERACRUZ, MÉXICO

RESUMEN

Las semillas de *Jatropha curcas* L., presentan alto contenido de aceite, y por tanto posee un alto potencial como materia prima para la producción de biodiesel. Sin embargo, se desconoce el nivel de producción y contenido de aceite en accesos no tóxicos de Veracruz. El objetivo de este estudio fue determinar el contenido y rendimiento de aceite de diferentes accesos de *J. curcas* no tóxicos, recolectados en diferentes regiones del estado de Veracruz, propagados por semilla y vareta, y establecidos en la región centro de Veracruz. El material vegetal fueron 16 accesos no tóxicos, propagados por semilla y vareta. En plantas de tres años de edad se hicieron las determinaciones morfo-productivas, y se colectaron semillas durante el ciclo 2014. Para la extracción de aceite, se utilizó el equipo Goldfish®, empleando hexano como solvente. No se encontraron diferencias estadísticas entre accesos para el contenido de aceite. En general todos los accesos presentaron valores altos en contenido de aceite. En plantas propagadas por semilla fluctuó entre 54.13 a 60.98 %, y en las originadas por vareta fue de 51.75 a 58.48 %. Se encontraron correlaciones positivas significativas entre el número de frutos y contenido de aceite ($r=0.74$) y peso de semilla y contenido de aceite ($r=0.79$) en plantas propagadas por semilla. El mayor rendimiento de aceite por hectárea, con base al número de frutos (157) (184) y peso de semillas (641.1 g/planta) (817.8 g/planta), correspondió a los accesos I-32 e I-34, con 590.55 y 761.68 L ha⁻¹, respectivamente en plantas propagadas por semilla. Se concluye que plantas propagadas por semilla tuvieron un mejor desempeño que sus similares propagadas por vareta.

Palabras clave: Semillas, aceite no tóxico, propagación, biocombustible.

CONTENT OF OIL OF NO TOXIC ACCESSES OF *Jatropha curcas* L., IN VERACRUZ, MÉXICO

ABSTRACT

Seeds of *Jatropha curcas* L., have high oil content, and therefore have high potential as raw material for biodiesel production. However, the level of production and oil content in nontoxic access from Veracruz are unknown. The aim of this study was to determine the content and oil yield in different nontoxic accesses of *J. curcas* collected in different regions of Veracruz state, propagated sexually and asexually, and established in the central region of Veracruz. The biologic material was 16 nontoxic accessions, propagated by seed and croquet. In a plantation of three years of age, morpho-productive determinations were made, and seeds were collected during 2014. Oil extraction was made using Goldfish® equipment, and hexane as a solvent. No statistical difference was found between accessions related to oil content. In general, all accessions had high oil content. In plants propagated by seed, oil content fluctuated between 54.13 to 60.98 %, and those by cuttings were 51.75 to 58.48 %. Significant positive correlations between the number of fruits and oil content ($r= 0.74$) and seed weight and oil content ($r= 0.79$) were found in plants grown from seed. The highest estimated yield of oil per hectare, based on the number of fruits (157) (184) and seed weight (641.1 g / plant) (817.8 g / plant), belonging to accesses I-32 and I-34 with 590.55 and 761.68 L ha⁻¹ respectively in plants grown from seed. It is concluded that plants propagated by seed performed better than their counterparts propagated by cuttings.

Keywords: Seeds, non-toxic oil, propagation, biofuel.

2.1. INTRODUCCIÓN

Jatropha curcas L., es considerada una planta importante para la producción de biodiesel por el contenido y calidad de aceite en sus semillas (Achten *et al.*, 2008). Es un arbusto que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, (CATIE, 2003; Muñoz y Jiménez, 2009), originaria de México y Centroamérica, crece preferentemente en los trópicos y subtropicos, y susceptible a inundaciones (Berger, 2010). Se desarrolla en distintos suelos y condiciones agroclimáticas (Heller, 1996; Srivastava *et al.*, 2011); aunque normalmente crece en suelos pedregosos o arenosos con bajo contenido en nutrimentos y humedad en el suelo (Li *et al.*, 2008; Wiebe *et al.*, 2008). Esta planta se puede emplear para recuperar áreas degradadas y poco fértiles y es relativamente resistente a plagas y enfermedades (Francis *et al.*, 2005; Zahawi 2005). El género *Jatropha* es morfológicamente diverso y comprende unas 188 especies, 48 de ellas se encuentran en México, de las cuales el 81 % son endémicas (Steinmann, 2002; Martínez *et al.*, 2006). De éstas, se destaca *J. curcas*, por el alto contenido de aceite en sus semillas y por ello ha sido considerada como fuente bioenergética promisoría por la Secretaria de Energía (SENER), en su plan de “Introducción de Fuentes Bioenergéticas” (SENER, 2009).

El interés mundial por *J. curcas*, surge debido a la necesidad de encontrar una planta con alto contenido en aceite y que no sea comestible (King *et al.*, 2009; Lafargue *et al.*, 2012). La conversión de aceite vegetal en biodiesel, es un proceso desarrollado desde el siglo XX, por Rudolf Diesel, al extraer aceite de maní para hacer funcionar un motor. Recientemente con el incremento de los precios del petróleo, asociado a la posible disminución de las reservas de combustibles fósiles, surge la necesidad de buscar fuentes alternas de energía (Salaet y Roca, 2009; SENER, 2012), para reducir el uso de combustibles fósiles y con esto reducir las emisiones de CO₂, y de esta forma contribuir a la mitigación del cambio climático (Mergier, 2007).

A nivel mundial, existen diferentes plantas oleaginosas utilizadas para extracción de aceite y la producción de biodiesel, como son el girasol, soya, palma de aceite y colza. Sin embargo, estos aceites son esencialmente para consumo humano, lo que generó

grandes críticas y discusiones a nivel mundial, ya que se puede afectar la oferta de alimentos e impactar en el precio de los mismos (Martínez *et al.*, 2006; Achten *et al.*, 2008; Muñoz y Jiménez, 2009). Por tanto, se han buscado nuevas fuentes de materia primas, entre ellas *J. curcas*, opción que no es un producto alimenticio, y que tiene un alto contenido de aceite en sus semillas (Arruda *et al.*, 2004; Nunes, 2007). Además, la torta después de la extracción de aceite puede ser utilizada como fertilizante; las ramas como energía y la glicerina para la elaboración de jabón (Achten *et al.*, 2009). *J. curcas*, es una planta que tiene grandes propiedades para uso industrial (Johannes e Hirata, 2007), en la medicina (Mujumdar y Misar, 2004), como coagulante o anticoagulante de la sangre (Osoniyi y Onajobi, 2003), para tratamiento de infecciones y enfermedades de transmisión sexual en el ser humano (Aiyelaagbe *et al.*, 2007). En México existen genotipos de *J. curcas* no tóxicas, cuyas semillas pueden ser comestibles (Schmook y Sánchez, 2000; Martínez *et al.*, 2010). En la región del Totonacapan en el estado de Veracruz, las semillas de *J. curcas* no tóxica se consumen en platillos típicos (Martínez *et al.*, 2006).

Para la extracción de aceite existen dos métodos, uno de ellos es mediante prensado y el otro con la utilización de solventes (Forson *et al.*, 2004). La extracción con solventes es mejor, ya que presenta una recuperación del 95% del aceite con alta calidad y pureza (Achten *et al.*, 2008).

La extracción por el método de solvente, se originó en Europa en el año de 1870 con el proceso de Batch. Los procesos basados en este método, utilizan solventes como el hexano, acetona o éter. La semilla de *J. curcas*, puede tener un contenido de aceite entre 21 % y 40 %, que dependerá de las condiciones ambientales y manejo del cultivo (Gübitz *et al.*, 1999; Shah *et al.*, 2005; Henning, 2009). Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido y rendimiento de aceite de diferentes accesos de *J. curcas* no tóxicos, recolectados en diferentes regiones del estado de Veracruz, propagados de forma sexual y asexual, y establecidos en la región centro de Veracruz.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Se trabajó con plantas de *J. curcas* del Banco de Germoplasma, ubicado en el campo experimental del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados situado en las coordenadas 19° 11' 38.62" LN y 96° 20' 31.26" LO, a una altitud de 24 m. El clima es de tipo Aw (w) (i) g, que corresponde cálido subhúmedo con lluvias en verano, una precipitación media anual de 1100 mm y con una temperatura media de 26 °C y una fluctuación de temperatura de 5-7 °C con un 5 % de precipitación en invierno (García, 1988).

Material vegetativo. En el año 2011 se colectaron frutos y material vegetativo de *J. curcas* de diferentes localidades del estado de Veracruz, estos se propagaron en semilla y varetas, para integrar el Banco de Germoplasma del Campus Veracruz (Cuadro 13). El criterio de selección de los accesos a establecer, fue por el contenido de aceite igual o superior al 40 %.

El diseño experimental es en bloques completos al azar, con tres repeticiones, en plantas de tres años de edad. Cada tipo de propagación se estableció en parcelas separadas y las plantas se trasplantaron a una distancia de 3 m entre surco x 2 m entre plantas. La cosecha de frutos se realizó durante los meses de mayo a octubre del año 2014. Se extrajeron las semillas y se secaron a temperatura ambiente, las determinaciones de contenido de aceite se realizaron de noviembre 2014 a febrero 2015 en el Laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

Variables registradas. Para este estudio se evaluaron 16 accesos de *J. curcas*, las variables fueron: Altura de la planta (APL), número de ramas primarias (NR1), número de ramas secundarias (NR2), número de racimos (NR), número de frutos (NF), peso de semillas (PS), contenido de aceite (%) y rendimiento de aceite.

Cuadro 13. Ubicación geográfica original de los 16 accesos de *J. curcas* L., que forman parte del Banco de Germoplasma del Campus Veracruz.

Accesos	Localidad	Municipio	Latitud N	Longitud O	Altura (msnm)
I-04	Santa Mónica	Tantoyuca	21°18' 32.8"	98°20' 29.3"	130
I-08	Tzitlan	Ixcatepex	21°11' 50.8"	97°59' 18.9"	228
I-13	Papantla	Papantla	20°27' 28.9"	97°19' 16.2"	173
I-14	Papantla	Papantla	20°27' 26.8"	97°19' 11.6"	170
I-25	Costa Esmeralda	Tecolutla	20°15' 22.8"	96°48' 00.6"	5
I-26A	Cementerios	San Rafael	20°10' 38.9"	96°53' 37.0"	9
I-27	Progreso	Martínez de la Torre	20°06' 57.0"	96°00' 51.1"	70
I-30	Reforma Km 9	Misantla	19°53' 19.6"	96°48' 33.8"	631
I-31	Yecuatla	Yecuatla	19°50' 35.0"	96°48' 29.1"	1054
I-32	Tuzamapan	Coatepec	19°24' 00.7"	96°52' 05.9"	892
I-34	Alvarado	Alvarado	18°47' 26.1"	95°45' 31.7"	22
I-41	Revolución de Abajo	San Andrés Tuxtla	18°38' 53.9"	95°06' 50.0"	8
I-47	El Chichón	Las Choapas	17°45' 10.2"	94°06' 32.6"	50
I-62	Cuatlapan	Ixtaczoquitlan	18°53' 05.4"	97°01' 02.0"	1006
I-64	Colegio de Postgraduados	Manlio Fabio Altamirano	19°11' 39.7"	96°20' 38.0"	16
I-80	Buenos Aires	Misantla	19°56' 09.0"	95°50' 00.0"	321

Toma de muestras. Se tomó al azar una muestra de 20 semillas de *J. curcas*, de tres plantas por acceso. Se registró el peso inicial de la muestra, posteriormente se procedió al secado en una estufa Riossa (modelo H-33) a una temperatura de 55 °C durante cinco horas, dejando reposar por 20 minutos en un desecador con sílica.

Preparación de muestras. La eliminación de la testa se hizo manualmente. El molido de la almendra se realizó con un mortero, posteriormente en una balanza analítica se pesaron 8 g de muestra en un dedal (alundum) de extracción, se selló con algodón y se colocó dentro del tubo (muestra).

Extracción de Aceite. Para la extracción de aceite, se utilizó el equipo Goldfish®. La muestra se colocó en el equipo de extracción, se cerró con un anillo y empaque, se colocaron 30 ml de hexano en vasos de extracción previamente estabilizados a peso constante y secados en la estufa Riossa (modelo H-33), a una temperatura de 100 °C durante una hora.

El proceso de extracción tuvo una duración de cinco horas, después se retiraron los tubos (muestra) y se insertaron al equipo los tubos de recuperación de solvente, una vez recuperado el solvente se retiraron los vasos con el aceite obtenido, se metieron a la estufa de secado durante cuatro horas, para eliminar totalmente el solvente. Para finalizar, se filtró el aceite con papel filtro (Wattman) de número 44, en tubos de ensayo de 16 ml. El contenido de aceite se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de aceite (\%)} = \text{Rendimiento de aceite (g)} / \text{Peso de la muestra (g)} \times 100.$$

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se capturaron en una hoja de cálculo Excel Versión 2010®, el análisis estadístico se realizó usando el programa SAS (*Statistical Analysis System*), v. 9.4, con ANOVA y prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el procedimiento PROC GLM. Además se realizó un análisis de correlación Pearson, para determinar la relación de las variables morfo-productivas y el contenido de aceite.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 14, se muestran las medias de las principales variables morfo-productivas, asociadas a la producción y rendimiento final de frutos, semillas y contenido de aceite en plantas de *J. curcas* de tres años de edad, establecidas en la propagación por semilla.

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas para el número de frutos ($P=0.021$) y el peso en producción de semilla ($P=0.007$). De acuerdo con la prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$), el acceso I-34 fue la más sobresaliente en el número de frutos (693) y peso de semillas (817.8 g/planta). En contraste con el acceso I-14, que presentó menor número de frutos (69) y el acceso I-31 tuvo menor peso de semillas (80.9 g/planta). Estos resultados son superiores a lo encontrado por Machado (2011) en la variedad cabo verde de un año de edad, quién reporta una producción de 102 frutos. Sin embargo, Srivastava *et al.* (2011) reporta, 210 frutos en plantas de tres años propagadas por semilla. Sosa-Segura *et al.* (2012), reporta de 30 a 36 frutos como número máximo por planta, en germoplasma procedente de los estados de Puebla y Morelos y una

producción de semilla de 39 a 50 g/planta de un año de edad. Lo reportado en este estudio es superior a lo encontrado por Sosa-Segura.

Al respecto, Francis *et al.* (2005), reportan que empleando insumos mínimos en el cultivo, en tierras baldías de la India, obtuvieron en el primer año una producción de 0.370 kg/planta, en el segundo año 0.925 kg/planta, lo cual podría ser sin duda la edad y el manejo agronómico, que favorecieron en el aumento en la producción. Así mismo Wani *et al.* (2012), reportaron que de siete accesos establecidos en diferentes localidades, evaluadas en 2007-2008 el acceso J001 alcanzó una producción de 0.635 kg/planta.

Cuadro 14. Características morfológicas de 16 accesos de *J. curcas* propagadas por semilla, provenientes del estado de Veracruz.

ACC	APL(m)	NR1	NR2	NR	NF	PS (g)
I-04	2.5±0.2	4.7±1.5	36.7±6.7	181.3±41.4	107.0±28.9 ab	260.6±43.3 bc
I-08	2.4±0.3	5.7±3.2	29.0±3.5	206.3±4.4	77.7±22.5 ab	131.8±33.7 bc
I-13	2.4±0.3	4.3±2.3	41.0±5.2	160.7±43.9	144.7±47.5 ab	338.2±60.8 ab
I-14	2.5±0.3	3.7±2.3	33.0±2.1	121.0±58.1	69.0±14.4 ab	203.3± 4.2 bc
I-25	2.3±0.5	5.0±1.0	22.7±6.8	153.3±8.0	121.3±37.5 ab	273.8±118.2 bc
I-26A	2.6±0.3	5.0±2.7	24.3±3.1	126.7±24.1	98.7±17.0 ab	294.8±146.8 bc
I-27	2.7±0.2	3.7±1.6	33.0±8.7	193.7±47.1	117.7±31.2 ab	248.2±53.3 bc
I-30	2.9±0.1	4.7±1.5	23.3±2.3	167.7±35.4	125.3±62.1 ab	273.8±73.3 bc
I-31	2.7±0.0	5.5±0.7	27.0±1.4	166.5±6.4	75.5±28.1 ab	80.9±20.1 c
I-32	2.7±0.3	5.0±2.7	27.3±2.3	221.7±57.3	157.3±38.8 ab	641.1±49.2 ab
I-34	2.7±0.3	5.7±0.6	26.7±13.3	215.3±66.2	184.0±64.1 a	817.8±548.3 a
I-41	2.8±0.1	3.3±2.1	25.3±3.8	184.3±56.6	110.3±6.51 ab	348.7±260.0 ab
I-47	2.7±0.2	4.7±2.1	26.0±5.6	152.3±49.5	110.7±36.2 ab	412.4±194.9 ab
I-62	2.4±0.3	2.7±1.5	23.7±10.3	121.0±30.5	84.7±20.8 ab	275.7±39.8 bc
I-64	2.5±0.2	4.3±0.6	27.0±6.1	115.3±21.5	95.7±15.9 ab	357.8±99.4 ab
I-80	2.8±0.4	3.7±0.6	18.7±2.0	181.3±20.3	60.3±25.3 ab	163.8±21.2 bc

Medias Tukey P≤0.05. ACC= Acceso, APL=Altura de planta, NR1=Número de ramas primarias, NR2=Número de ramas secundarias, NR=Número de racimos, NF= Número de frutos, PS= Peso de semillas.

Para el contenido de aceite en las semillas, no hubo diferencias estadísticas, en los accesos evaluados (Figura 6). El contenido de aceite estuvo en un intervalo de 54.15 % a 60.98 % con una media general de 56. 71 %, por tanto, todos los accesos presentan un buen contenido de aceite, haciendo hincapié en que se partió de accesos con

contenidos de aceite superior a 40 %, sin hacer ninguna agregación de insumos a las plantas y esta respuesta se encuentra en el extremo superior de lo reportado por Martínez *et al.* (2011), quienes reportan variaciones en el contenido de aceite de 18 % a 60 %, en accesos colectados en México. Por otra parte Naresh *et al.* (2012), reportan que plantas de tres años de edad en la India, el acceso KM presentó un contenido de aceite del 50 % y Cheng-Yuan *et al.* (2012), en plantas procedentes de China reportan contenidos de hasta el 61 %.

Lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio. Silip *et al.* (2011), reportan contenidos de 59 % a 63 % y Chen *et al.* (2012) reportan valores de 55.6 %, que se ubican dentro de los intervalos reportados en este estudio. Ovando-Medina *et al.* (2009), encuentran que es posible que exista una relación en la variación del contenido de aceite (entre 12.09 % a 44.28 %), en *J. curcas*, con el nivel de precipitación, siendo mayor en zonas más secas. Es decir, que las condiciones del ambiente determinan en gran medida variables como peso de la semilla, contenido de proteína, y contenido de aceite (Heller, 1996; Sakaguchi y Somabhi, 1987).

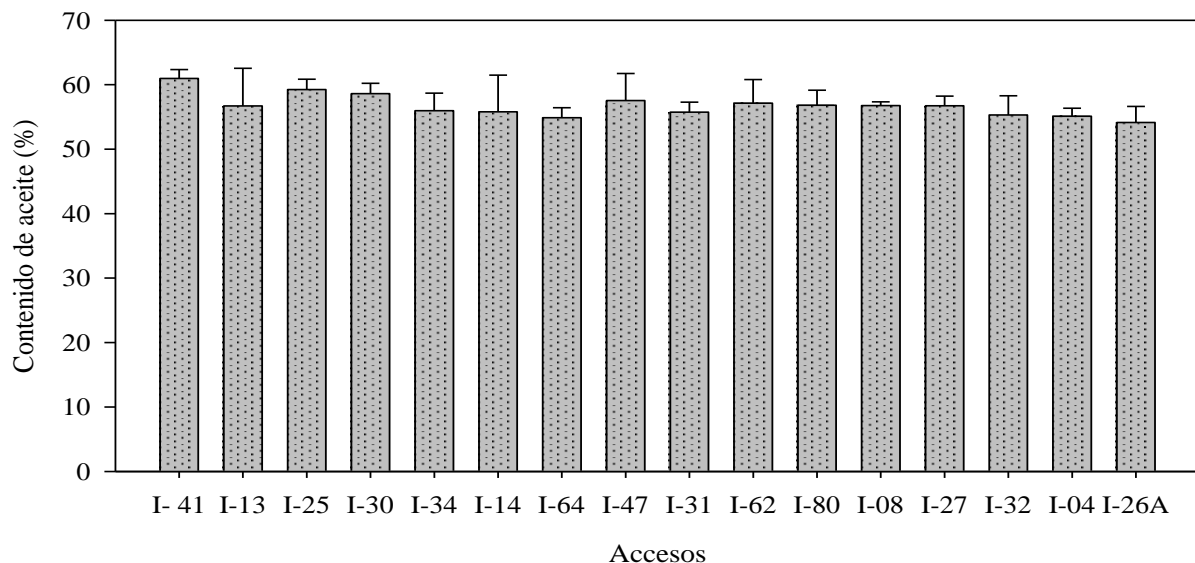


Figura 6. Contenido de aceite (%), en accesos de *J. curcas* no tóxica, en plantas de tres años propagadas por semilla.

Al hacer las correlaciones entre las variables morfo-productivas y el contenido de aceite (Cuadro 15), para plantas propagadas por semilla. Se encontró correlación significativa entre número de frutos con el peso de semillas ($r=0.79$) y contenido de aceite ($r=0.74$), así como también el peso de semillas y contenido de aceite ($r=0.79$). Sosa-Segura *et al.* (2012) encuentra que el peso de semillas presenta una alta correlación con el número de inflorescencias, ($r=0.935$) y con el número de frutos por planta ($r=0.991$).

Cuadro 15. Análisis de correlación entre las variables morfo-productivas en plantas de *J. curcas* L., propagadas por semilla.

VARIABLES	ALP	NR1	NR2	NR	NF	PS	CA
ALP	1.00	-0.09	0.18	0.38	0.15	0.24	0.23
RP		1.00	0.17	0.15	0.28	0.14	0.02
RS			1.00	0.27	0.32	0.35	0.20
NR				1.00	0.33	0.47	0.24
NF					1.00	0.79*	0.74*
PS						1.00	0.79*
CA							1.00

*Todas las correlaciones marcadas son significativas $P \leq 0.05$. APL=Altura de planta, NR1=Número de ramas primarias, NR2=Número de ramas secundarias, NR=Número de racimos, NF= Número de frutos, PS= Peso de semillas.

Con respecto a la propagación por vareta existieron diferencias significativas solo para el número de ramas secundarias ($P=0.003$). De acuerdo con la prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$), el acceso I-08 sobresalió con un promedio de 41.3 ramas secundarias (Cuadro 16). En contraste el acceso I-31, presentó el menor número de ramas secundarias (12.7). Sonnenholzner (2008), menciona que las plantas propagadas por vareta presentan un sistema radicular escaso en relación al follaje, lo que genera un estrés en la planta y hace más lento el desarrollo en la etapa inicial.

En este sentido Laviola *et al.* (2009), mencionan que el número de ramas secundarias es un componente de producción más interesante para un programa de mejoramiento genético, ya que las inflorescencias se producen en los brotes terminales de las ramas, así mismo la producción de frutos dependerá del mayor número de ramas.

Cuadro 16. Características morfológicas de 16 accesos de *J. curcas* propagadas por vareta, provenientes del estado de Veracruz.

ACC	APL(m)	NR1	NR2	NR	NF	PS (g)
I-04	2.3±0.2	3.3±0.6	24.7±2.5 ab	73.3±8.1	204.0±42.2	175.1±136.1
I-08	2.1±0.1	3.0±1.7	41.3±6.4 a	114.0±10.4	249.0±53.1	85.3±61.7
I-13	2.6±0.3	4.3±0.6	31.7±10.3 ab	121.7±65.7	377.7±257.5	246.5±199.1
I-14	2.5±0.3	3.0±0.0	19.3±4.9 b	89.3±56.6	254.0±213.6	207.9±97.1
I-25	2.6±0.2	3.3±0.6	23.3±2.1 ab	103.0±23.5	268.0±61.5	187.3±68.1
I-26A	2.1±0.2	2.3±1.5	19.7±8.6 b	63.3±38.5	171.0±126.8	59.1±55.9
I-27	2.7±0.4	4.3±0.6	28.7±9.0 ab	123 ±57.5	346.3±142.7	329.3±220.3
I-30	2.3±0.4	2.3±0.6	15.0±1.0 b	54.0±17.4	147.3±74.3	67.6±19.1
I-31	2.2±0.3	2.3±1.5	12.7±7.4 b	32.7±16.0	74.3±22.7	56.8±59.9
I-32	2.2±0.2	2.3±0.6	13.3±0.5 b	35.0±32.5	84.0±72.1	55.5±69.9
I-34	2.5±0.4	2.0±0.0	18.7±10.2 b	41.0±22.9	110.7±79.0	123.7±57.4
I-41	2.5±0.2	3.3±0.6	19.7±9.3 b	94.3±15.6	268.3±73.2	227.1±74.1
I-47	2.2±0.2	2.7±0.6	16.0±8.5 b	77.0±34.2	265.3±110.3	247.0±114.5
I-62	2.2±0.2	4.6±2.3	24.3±7.7 ab	79.0±21.8	250.0±42.0	164.4±47.6
I-64	2.2±0.4	2.7±0.6	13.0±1.7 b	60.0±66.7	153.0±169.2	142.1±96.6
I-80	2.4±0.3	3.3±0.6	21.7±3.2 ab	46.3±32.7	112.7±75.7	140.8±93.9

Medias Tukey $P \leq 0.05$. ACC= Acceso, APL= Altura de planta, NR1=Número de ramas primarias, NR2=Número de ramas secundarias, NR=Número de racimos, NF= Número de frutos, PS= Peso de semilla.

El contenido de aceite en plantas propagadas por vareta no presentó diferencias estadísticas en los accesos evaluados (Figura 7). El contenido de aceite estuvo en un intervalo de 50.29 % a 59.38 %, son muy superiores a lo reportado por Machado (2011), quien encontró en Cuba contenidos de 32.8 % a 35.0 %, en plantas propagados por vareta, de un año de edad de las procedencias de SSCE-10 y Cabo Verde.

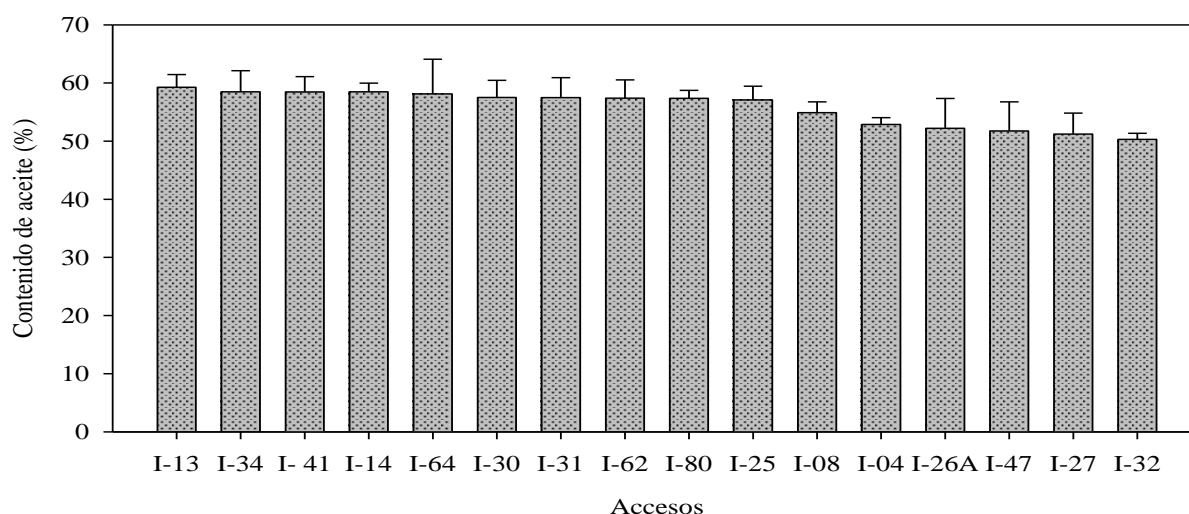


Figura 7. Contenido de aceite (%), en accesos de *J. curcas* no tóxica, en plantas de tres años propagadas por vareta.

La correlación entre las variables morfo-productivas y el contenido de aceite, para plantas propagadas por vareta (Cuadro 17). Se encontró correlación significativa entre la altura y el número de frutos ($r=0.56$). El número de racimos tuvo muy alta correlación con el número de frutos ($r=0.94$) y peso de semillas ($r=0.67$) y finalmente el número de frutos se correlaciono con el peso de semillas ($r=0.69$).

No se encontró correlación significativa entre las variables morfo-productivas y contenido de aceite, posiblemente por la influencia del tamaño de las plantas y baja producción de semilla. Avelar (2005) señala que la productividad de las plantas está relacionada al número de frutos, número de semillas y peso de frutos.

Cuadro 17. Análisis de correlación entre las variables morfo-productivas, en plantas de *J. curcas* L., propagadas por vareta.

VARIABLES	ALP	NR1	NR2	NR	NF	PS	CA
ALP	1.00	0.27	0.17	0.54	0.56*	0.43	0.31
NR1		1.00	0.55	0.53	0.51	0.54	0.21
NR2			1.00	0.52	0.40	0.30	0.04
NR				1.00	0.94*	0.67*	0.16
NF					1.00	0.69*	0.18
PS						1.00	0.31
CA							1.00

*Todas las correlaciones marcadas son significativas $P \leq 0.05$. APL=Altura de planta, NR1=Número de ramas primarias, NR2=Número de ramas secundarias, NR=Número de racimos, NF= Número de frutos, PS= Peso de semillas.

Con base en la producción media de semilla por planta, la densidad de plantación (1666 plantas ha^{-1}) y el contenido de aceite, se estimó la producción de semilla y los litros de aceite por hectárea.

Para las plantas propagadas por semilla la producción máxima, la tuvo el acceso I-34, en condiciones de temporal y sin insumos y fue de 1361.12 kg ha^{-1} , si el contenido promedio de aceite de este acceso es de 55.96 %, entonces la cantidad de aceite factible de obtener es de aproximadamente 761.68 L ha^{-1} , para el acceso I-32 la producción fue de 1067.91 kg ha^{-1} , con un contenido promedio de aceite es de 55.30 %, la cantidad de aceite a obtener es de 590 L ha^{-1} , el resto de accesos presentan producciones menores (Cuadro 18).

Estos rendimientos de semilla, quedan dentro de lo reportado por Jones-Miller (1992), Openshaw (2000) y Parsons (2005), quienes señalan rendimientos de 0.4 a 12 t ha^{-1} en plantas de cinco años. Por otro lado Zamarripa (2011), menciona que deben ser consideradas las tres primeras cosechas para determinar el mejor genotipo. En plantas propagadas por semilla, se obtienen mejores resultados en el número de frutos, peso de semillas y contenidos de aceite, debido que en la propagación por estaca estos rendimientos son inferiores (Octagon, 2006). Sin embargo, la propagación por varetta es más rápida, barata y fácil de establecer, además conserva la misma información genética de la planta madre (Sonnenholzner, 2008).

Cuadro 18. Rendimiento estimado de semilla y de aceite por hectárea, en plantas de *J. curcas*, de tres años de edad, propagadas por semilla.

ACC	ALP (m)	PS (kg)	Rto. (kg ha ⁻¹)	CA (%)	P. Aceite (L ha ⁻¹)
I-04	2.5	0.260	433.16	55.10	238.67
I-08	2.4	0.131	218.25	56.76	123.88
I-13	2.4	0.338	563.11	56.70	319.28
I-14	2.5	0.203	338.20	55.79	188.68
I-25	2.3	0.273	454.82	59.23	269.39
I-26A	2.6	0.294	489.80	54.15	265.23
I-27	2.7	0.248	413.17	56.74	234.43
I-30	2.9	0.273	454.82	58.62	266.61
I-31	2.7	0.080	133.28	55.74	74.29
I-32	2.7	0.641	1067.91	55.30	590.55
I-34	2.7	0.817	1361.12	55.96	761.68
I-41	2.8	0.348	579.77	60.98	353.54
I-47	2.7	0.412	686.39	57.53	394.88
I-62	2.4	0.275	458.15	57.14	261.79
I-64	2.5	0.357	594.76	54.88	326.41
I-80	2.8	0.163	271.56	56.80	154.24

ACC=Acceso, ALP=Altura de planta, PS (kg)=Peso de semillas, Rto.=Rendimiento (kg ha⁻¹), CA=Contenido de aceite (%), P. Aceite (L ha⁻¹)=Producción de aceite.

En las plantas propagadas por vareta la producción máxima de semilla, se obtuvo en el acceso I-27 con 548.114 kg ha⁻¹, con un contenido de aceite 51.22 %, se estima una producción de aceite de 280.74 L ha⁻¹ (Cuadro 19). Cabe señalar, que los accesos sobresalientes en la propagación por semilla, no son los de mayor producción en la propagación por vareta y viceversa.

Machado (2011), en un estudio con plantas propagadas por vareta de un año de edad, sembradas a una densidad de 2 500 plantas ha⁻¹, reporta rendimiento de semillas de 325.6 g/planta, para la procedencia de Cabo Verde, con lo que estima un rendimiento de 814.0 kg ha⁻¹, muy superior a lo que se obtuvo en este estudio para la propagación por vareta, pero inferior a la producción de las plantas sobresalientes propagadas por semilla, aun con la diferencia en densidad.

Cuadro 19. Rendimiento estimado de semilla y de aceite por hectárea, en plantas de *J. curcas*, de tres años de edad, propagadas por vareta.

ACC	APL (m)	PS (kg)	Rto. (kg ha ⁻¹)	CA (%)	P. Aceite (L ha ⁻¹)
I-04	2.3	0.175	291.55	52.87	154.14
I-08	2.1	0.085	141.61	54.91	77.76
I-13	2.6	0.246	409.84	59.27	242.91
I-14	2.5	0.207	344.86	58.47	201.64
I-25	2.6	0.187	311.54	57.09	177.86
I-26A	2.1	0.059	98.294	52.21	51.32
I-27	2.7	0.329	548.11	51.22	280.74
I-30	2.3	0.067	111.62	57.51	64.19
I-31	2.2	0.056	93.30	57.49	53.64
I-32	2.2	0.055	91.63	50.29	46.08
I-34	2.5	0.123	204.92	58.48	119.84
I-41	2.5	0.227	378.18	58.47	221.12
I-47	2.2	0.247	411.50	51.75	212.95
I-62	2.2	0.164	273.22	57.39	156.80
I-64	2.2	0.142	236.57	58.12	137.50
I-80	2.4	0.140	233.24	57.36	133.79

ACC=Acceso, ALP=Altura de planta, PS (kg)=Peso de semillas, Rto.=Rendimiento (kg ha⁻¹), CA=Contenido de aceite (%), P. Aceite (L ha⁻¹)= Producción de aceite.

La importancia de estudiar los materiales no tóxicos de *J. curcas*, radica en su posible uso comercial en la alimentación humana, independientemente de que se emplee para la producción de biodiesel. Makkar *et al.* (1997) y Martínez-Herrera *et al.* (2012), señalan el potencial alimenticio que puede tener *J. curcas*, para humanos y animales, por la calidad de su aceite, contenido de lípidos y valor proteico. El aceite está compuesto por ácido oleico (41.5–48.8 %), linoleico (34.6–44.4 %), palmítico (10.5–13.0 %) y esteárico (2.3–2.8 %), según reporta Martínez *et al.* (2006).

Otro aspecto importante, de la caracterización morfológica y productiva de *J. curcas*, es la identificación de material promisorio con potencial para su cultivo comercial o para integrarse a un programa de mejoramiento genético (Becker y Makkar, 2008). Finalmente, señalar que los genotipos elite deseados, deben tener un alto rendimiento de semilla, alto contenido de aceite y proteína, sincronización en la madurez del fruto, planta de porte bajo, tolerancia a plagas y enfermedades y a crecer bien aún en condiciones de sequía y baja fertilidad del suelo.

2.4. CONCLUSIONES

Los accesos evaluados presentaron valores altos en contenido de aceite, las plantas propagadas por semilla variaron de 54.13 a 60.98 %, y las originadas por vareta de 51.75 a 58.48 %.

Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre las variables morfo-productivas y el contenido de aceite en plantas propagadas por semilla, destacan el número de frutos y contenido de aceite ($r=0.74$) y peso de semilla y contenido de aceite ($r=0.79$).

La estimación de rendimiento de aceite en litros por hectárea, con base en el número de frutos (157) (184) y peso de semillas (641.1 g/planta) (817.8 g/planta) y contenido de aceite, sobresalieron los accesos I-32 e I-34 con 590.55 y 761.68 L ha⁻¹ respectivamente, en plantas propagadas por semilla.

2.5. RECOMENDACIÓN

Se sugiere seguir evaluando estas plantas, tomando en cuenta las mismas variables para los próximos tres años y para registrar el contenido y rendimiento de aceite. Así mismo, hacer un estudio para determinar si se mantiene la no toxicidad de los accesos.

2.6. AGRADECIMIENTOS

S Se agradece al CONACYT por el apoyo de la beca de Postgrado número 300974. Además, al proyecto FOMIX 127702 y a la LP3 (Energía Alternativa y Biomateriales) del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento de la presente investigación.

2.7. LITERATURA CITADA

- Achten, W. M. J.; Verchot, L.; Franken, Y. J.; Mathijs, E.; Singh, V. P.; Aerts, A. and Muys, B. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. Biomass and Bioenergy. 32(12):1063-1084. [Doi:10.1016/j.biombioe.2008.03.003](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.03.003).
- Achten, W.; Maes, W.; Aerts, R.; Verchot, L.; Trabucco, A.; Mathijs, E.; Singh, V. and Muys, B. 2009. *Jatropha*: From global hype to local opportunity: Journal of Arid Environments. 74:164-165. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2009.08.010.
- Aiyelaagbe, O.; Adeniyi, B.; Fatunsin, O. and Arimah, B. 2007. *In vitro* antimicrobial activity and phytochemical analysis of *Jatropha curcas* roots. International Journal Pharmacology. 3(1):106-110. Doi: [10.3923/ijp.2007.106.110](https://doi.org/10.3923/ijp.2007.106.110).
- Avalar, R. C.; Deperon J. M. A.; Carvalho, J.P.F.; Dourado, D. C.; Danfa, S.; Quintilliano, A. A.; Fraga, A.C. y Castro N.P. 2005. Producción de plantulas de Piñon manso (*Jatropha curcas* L.) en bolsa.
- Arruda, F. P.; Beltrão, N. E. M.; Andrade de A. P.; Pereira, W. E. and Severino, L. S. 2004. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), como alternativa para o semi-árido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas. 8(1):789-799.
- Becker K and Makkar H.P.S. 2008. *Jatropha curcas*: A potential source for tomorrow's oil and biodiesel. Lipid Technology 20(5): 104-107. Doi 10.1002/lite.200800023.
- Berger, N. 2010. Manual para el manejo del cultivo de *Jatropha curcas*. Valle del Yegüare, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 14 p. Doi: 10.1002/lite.200800023.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2003. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Cordero, J. y Boshier, D. Turrialba, CR. 1079 p.
- Cheng-Yuan, Y.; Zhen, F.; Bo, L. and Yun-Feng, L. 2012. Review and prospects of *Jatropha* biodiesel industry in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16(4): 2178-2190. Doi:10.1016/j.rser.2012.01.043.
- Chen, C. R.; C. Yang-Jung; C. Yern-Chee; D. Hsiang and J. C. Chieh-Ming. 2012. Green production of energetic *Jatropha* oil from de-shelled *Jatropha curcas* L. seeds using supercritical carbon dioxide extraction, The Journal of Supercritical Fluids. 66:137-143.
- Francis, G.; Edinger, R. and Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. Natural Resources. Forum. 29:12-24. Doi: 10.1111/j.1477-8947.2005.00109.x.

- Forson, F. K.; Oduro, E. K. and Hammond-Donkoh, E. 2004. Performance of *Jatropha* oil blends in a diesel engine. *Renewable and Sustainable Energy*. 29:1135-1145. Doi:10.1016/j.renene.2003.11.002.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana 4 a (Ed.) Offset Larios, México.
- Gübitz, G. M.; Mittelbach, M. and Trabi, M. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology*. 67:73-82. Doi: [10.1016/S0960-8524\(99\)00069-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00069-3).
- Heller, J. 1996. *Physic Nut. Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, International Plant Genetic Resources Institute, Rome Italy.
- Henning, K. 2009. The *Jatropha* System. An integrated approach of rural development. Disponible en <http://www.jatropha.de/>. (Consultado julio 2015).
- Johannes, H. y Hirata, S. 2007. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L., seed oil with a high content of free fatty acids. *Science Direct. Bioresource Technology*. 99:1716-1721. [Doi:10.1016/j.biortech.2007.03.051](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.051).
- Jones, N. and Miller, J. H. 1992. *Jatropha curcas*: a multipurpose species for problematic sites. Washington DC: The World Bank. Land Resources Ser. 1:1-12.
- King, A.; He, W.; Cuevas, J.; Freudenberger, M.; Ramiamanana, D. and Graham, I. 2009. Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. *Journal of Experimental Botany*. 60:2897-2905. Doi:10.1093/jxb/erp025.
- Lafargue P. F.; Barrera V. N.; Assuncao N. J. C.; Díaz V. M. y Rodríguez M. C. 2012. Caracterización físico-química del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L. *Tecnología química*. 32 (2):162-165.
- Laviola, B. G.; Bhering L. L.; Albrecht, J. C.; Marques, S. S.; Rosado L. T.B. 2009. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão manso. Montes Claros. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Oléas, Gorduras e Biodiesel. Lavras: UFLA.
- Li, J.; Li, M. R.; Wu, P. Z.; Tian, C. E.; Jiang, H. W. and Wu, G. J. 2008. Molecular cloning and expression analysis of a gene encoding a putative B-ketoacyl-acyl carrier protein (ACP) synthase III (KAS III) from *Jatropha curcas*. *Tree Physiology*. 28:921-927. Doi: 10.1093/treephys/28.6.921.
- Machado, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L., Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34(3):267-280.

- Martínez, J.; Siddhuraju, P.; Francis, G.; Dávila, G. y Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels in four provenances of *Jatropha curcas* L., from México. Food Chemistry Elsevier. 96:80-89. [Doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.059](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.059).
- Martínez, H. J.; Martínez, A. A. L.; Makkar, H.; Francis, G. and Becker, K. 2010. Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L. from México. European Journal of Scientific Research. 39(3):396-407.
- Martinez, V. B. B.; Zamarripa, C. A y Solis, B. J. L. 2011. Caracterización química del aceite de semillas de piñón Mexicano (*Jatropha curcas* L.). In VI reunión nacional de investigación agrícola. León Guanajuato, México. pág. 225.
- Martínez H. J.; Jiménez M.C. and Guemes V. N. 2012. Use of *Jatropha curcas* L. (Non-Toxic Variety) as Traditional Food and Generation of New Products in México. In: N. Carels *et al.* (eds.), *Jatropha*, Challenges for a New Energy Crop: Volume 1: 333 Farming, Economics and Biofuel. Doi 10.1007/978-1-4614-4806-8_17.
- Mergier, A. M. 2007. El destino nos alcanza. Proceso Semanario de información y análisis. México. 1580:51-56.
- Mujumdar, A. and Misar, A. 2004. Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. Journal. Ethnopharmacology. 90:11-15. [Doi:10.1016/j.jep.2003.09.019](https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.09.019).
- Muñoz, M. y Jiménez, E. 2009. Caracterización morfométrica de cuatro ecotipos de piñón (*Jatropha curcas*) asociados con teca (*Tectona grandis*). Guayaquil, EC. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). 102 p.
- Naresh, B.; Srikanth, M. R.; Vijayalakshmi, P.; Reddy, P. and Devi, P. 2012. Physico-chemical screening of accessions of *Jatropha curcas* for biodiesel production. Biomass and Bioenergy. 40:155-161. [Doi:10.1016/j.biombioe.2012.02.012](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.02.012).
- Nunes, L. 2007. Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Brasil, 78 p.
- Octagon, S.A. Biocombustibles. 2006. *Jatropha curcas* L., su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energético. Guatemala. 25 p.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy. 19:1-15.

- Osoniyi, O. and Onajobi, F. 2003. Coagulant and anticoagulant activities in *Jatropha curcas* latex. Journal Ethnopharmacology. 89(1):101-105. [Doi: 10.1016/S0378-8741\(03\)00263-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00263-0).
- Ovando-Medina I.; Adriano-Anaya L.; Salvador-Figueroa M.; Ruiz S. y Vázquez A. 2009. Piñón (*Jatropha curcas*): Bioenergía para el desarrollo de Chiapas. Biotecnología Agropecuaria Biodiversidad en Chiapas. 2: 1-24.
- Parsons, K. 2005. *Jatropha* in Africa fighting the desert and creating wealth. EcoWorld. Disponible en <http://www.ecoworld.org/home/Articles2.cfm?TID=367>. (Consultado agosto 2015).
- Sakaguchi S. and Somabhi M. 1987. Exploitation of promising crops Northeast Thailand. Agricultural Development Research Center. p. 61.
- Salaet, S. y Roca J. 2009. Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO₂: algunos posibles escenarios futuros de emisiones. Revista Galega de economía. 19(1):1-19. ISSN 1132-2799.
- SENER (Secretaria de Energía). 2009. Programa de Introducción de Bioenergéticos. México, 2009. 33 p.
- SENER (Secretaria de Energía). 2012. Perspectivas de energías renovables. 2012-2016. 151 p.
- Shah, S.; Sharma, A. and Gupta, M. N. 2005. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L., seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. Bioresource Technology. 96:121-123. [Doi:10.1016/j.biortech.2004.02.026](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.026).
- Silip, J. J.; Tambunan, A. H.; Hambali, H.; Surahman M.; and Mardjan S. 2011. High accumulation of lipids during off-tree ripening and senescence in *Jatropha curcas* Luanti accession kernels. American Journal of scientific and Industrial Research. 2(2):246-250. Doi: 10.5251/ajsir.2011.2.2.246.250.
- Schmook B.; Sánchez, S. O.; 2000. Usos y potencial de *Jatropha curcas* L. en la península de Yucatán, México. Revista Forestal Veracruzana. 2(2):7-11.
- Sonnenholzner, D. R. 2008. A Review on the Potentials of the *Jatropha curcas* L., for Power Generation and Sustainable Development of Rural Areas. Case Study: Ecuador and the Isabela Island Galapagos. Diploma Thesis. 211 p.
- Sosa-Segura M.P.; Angulo-Escalante M.A.; Valdez-Torres J.B.; Heredia J.B.; Osuna-Enciso T.; Allende-Molar R. and Oomah B.D. 2012. Phenology, productivity, and chemical characterization of *Jatropha curcas* L., as tool for selecting non-toxic elite germplasm. African Journal of Biotechnology 11(93): 15988-15993. Doi:10.5897/AJB12.2556.

- Srivastava, P.; Behera, K. S.; Gupta, J.; Jamil, S.; Singh, N. and Sharma, Y. K. 2011. Growth performance, Variability in Yield traits and oil content of selected accessions of *Jatropha curcas* L. growing in a large scale plantation site. Biomass and Bioenergy. 35(9):3936-3942. [Doi:10.1016/j.biombioe.2011.06.008](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.06.008).
- Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. Acta Botánica Mexicana. 61:61-93.
- Wani, T. A.; Kitchlu, S. and Ram, G. 2012. Genetic variability studies for morphological and qualitative attributes among *Jatropha curcas* L. accessions grown under subtropical conditions of North India. South African Journal of Botany. 79:102-105.
- Wiebe, K.; Croppenstedt, A.; Raney, T.; Skoet, J.; Zurek, M.; Tschirley, J. and Cluff, M. 2008. The state of food agriculture. 2008. Biofuels: prospect, risks and opportunities. FAO. Roma.
- Zhawji, R. A. 2005. Establishment and growth of living fence species: an over-looked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. Restoration Ecology. 13 (1):92-102. Doi:10.1111/j.1526-100X.2005.00011.x.

CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES

La hipótesis general indica que: Existe diferencias morfológicas y de rendimiento entre accesos de *J. curcas* L., recolectados en el estado de Veracruz y establecidos bajo las mismas condiciones edafoclimáticas mediante propagación semilla y vareta, lo que permite diferenciar materiales sobresalientes. De acuerdo a los resultados obtenidos no se rechaza la hipótesis general, ya que corrobora que hubo diferencias entre accesos, siendo los más productivos los accesos I-32, I-34 e I-47 y que el tipo de propagación influye en el rendimiento, ya que la propagación por semilla presentó mejores resultados en racimos, frutos y peso de semilla, en comparación con la propagación por vareta, que presentó menores valores en las características de interés.

Hipótesis específica uno: Los accesos de *J. curcas*, establecidos en las mismas condiciones edafoclimáticas presentan variación en las características morfológicas y productivas, independientemente del tipo de propagación. Con base en los resultados obtenidos se acepta la hipótesis, ya que los accesos fueron diferentes estadísticamente en las características morfológicas relacionadas con altura, número de racimos, brotes florales, frutos y peso de semilla en cada acceso. Pero además hubo diferencias entre los tipos de propagación.

Hipótesis específica dos, establece que: El contenido de aceite de accesos de *J. curcas* L., recolectados en diferentes localidades y establecidos en las mismas condiciones edafoclimáticas presentan variación, independientemente del tipo de propagación. De acuerdo a los resultados se acepta la hipótesis, ya que no hubo diferencias significativas en el contenido de aceite en los accesos y tampoco entre propagaciones (semilla y vareta).

Por lo anterior, se recomienda continuar con las evaluaciones de esta plantación por lo menos tres años más para determinar si los descriptores (cuantitativos y cualitativos) se mantienen en el transcurso de los años, incluyendo el contenido de aceite en la semilla. Esto permitiría tener información base, para iniciar un programa de mejoramiento

genético con material sobresaliente de *J. curcas* no tóxica. Que pueda ser empleada no solo para producción de biocombustible sino como alimento humano y animal.

ANEXOS

CAPITULO I

Datos de las variables evaluadas en la caracterización morfológica y productiva.

PROP= Propagación (1: Sexual, 2: Asexual), TRAT= Tratamientos, API=Altura de la planta, DT= Diámetro del tallo, NR1= Número de ramas primarias, NR2= Número de ramas secundarias, LH= Largo de hoja, AH= Ancho de hoja, NBRF= Número de brotes florales, NR=Número Racimos, NF=Número de frutos, PS= Peso de semilla, LS= Largo de semilla, AS= Ancho de semilla, ES=Espesor de semilla, PF= Peso de fruto, LF= Longitud de fruto, AF= Ancho de fruto, NSF=Número de semillas por fruto, FF= Forma de fruto CF= Color del fruto, PPS= Producción de peso de semilla.

PROP	TRAT	ALP	DT	NR1	NR2	LH	AH	NBRF	NR	NF	PS	LS	AS	ES	PF	LF	AF	NSF	FF	CF	PPS
1	I-04	2.5	58.9	4	32	14.2	14.4	167.6	101.4	368.4	0.7	18.6	9.9	8.3	6.3	29.8	21.4	2	2	5	247.6
1	I-08	2.6	67.1	6	32	13.6	13.7	197.0	91.0	304.8	0.7	18.0	9.8	8.6	7.2	30.8	21.6	2	1	5	173.3
1	I-11	2.2	50.2	2	12	14.0	15.8	55.7	64.0	382.2	0.7	18.1	9.7	8.4	8.3	30.3	23.2	2	1	5	51.3
1	I-13	3.0	69.6	4	38	13.3	13.3	163.2	134.6	150.0	0.7	18.0	10.1	8.7	6.4	27.5	21.9	2	2	5	291.0
1	I-14	2.5	60.6	4	31	13.2	13.2	138.8	56.4	251.6	0.8	19.1	10.2	9.2	5.9	29.7	21.9	2	2	5	147.2
1	I-22	2.0	52.8	3	14	13.3	14.8	13.3	39.5	142.5	0.8	19.8	10.6	9.2	6.6	28.6	21.6	2	2	4	183.5
1	I-25	2.6	62.3	5	26	14.0	15.2	172.2	133.0	407.8	0.7	18.5	10.1	8.8	8.6	31.2	24.4	3	1	5	374.3
1	I-27	2.6	61.1	4	30	14.2	15.0	167.8	110.6	383.2	0.7	18.5	10.3	8.8	6.5	32.7	22.8	3	2	5	276.3
1	I-30	2.9	65.0	4	25	14.4	15.2	154.0	104.8	233.6	0.8	18.3	10.6	8.9	8.4	30.1	24.4	3	1	5	257.2
1	I-31	2.7	65.3	5	25	13.7	14.5	185.4	68.2	190.2	0.7	18.1	10.0	8.9	7.8	30.8	23.4	2	1	5	70.8
1	I-32	2.8	67.2	5	29	15.1	15.0	225.4	162.0	558.4	0.8	18.6	10.8	9.0	8.2	29.0	23.9	3	2	5	667.6
1	I-34	2.9	72.1	5	28	14.5	15.4	198.8	181.6	530.6	0.8	18.5	11.0	9.1	8.2	30.3	23.4	3	1	5	754.1
1	I-41	2.9	71.2	4	29	14.1	14.5	191.2	95.6	371.4	0.8	18.3	10.6	8.7	7.8	28.1	22.7	2	2	5	361.2
1	I-47	2.7	73.9	5	26	14.0	15.3	153.2	111.6	434.4	0.8	18.9	10.2	8.7	8.5	31.0	23.5	2	1	5	465.4
1	I-48	2.6	62.4	4	18	14.0	14.7	128.3	99.3	396.8	0.8	18.6	10.2	8.7	8.7	30.8	23.7	2	1	4	286.5
1	I-62	2.5	57.5	4	24	13.7	14.4	144.0	88.8	377.0	0.8	20.1	10.3	8.9	7.5	31.6	21.6	3	1	5	287.5
1	I-64	2.6	64.4	4	27	13.7	14.6	121.7	96.7	347.3	0.7	18.2	10.7	8.8	7.6	29.3	23.2	3	2	5	357.8
1	I-77	3.1	63.9	6	30	14.7	14.7	246.0	94.0	278.7	0.7	18.3	10.2	8.8	7.3	28.5	22.0	2	2	5	239.1
1	I-80	2.9	69.6	4	25	13.4	14.6	158.4	66.2	158.4	0.8	18.6	10.1	9.1	6.1	29.3	21.8	2	2	5	125.1

1	I-26A	2.6	63.1	5	24	14.2	14.3	135.0	99.0	288.3	0.8	18.9	10.3	8.9	7.6	30.2	23.7	3	1	5	294.8
1	I-26B	3.0	68.3	6	38	14.4	15.1	191.6	117.0	381.4	0.8	19.0	10.3	9.1	8.8	30.5	24.6	3	1	5	360.8
2	I-02	2.1	58.9	3	17	13.7	14.5	133.4	47.8	139.0	0.7	17.9	9.3	8.6	7.4	32.1	22.5	2	1	5	117.3
2	I-04	2.2	62.4	3	22	12.2	13.0	182.8	60.3	163.3	0.7	17.9	9.9	8.5	9.9	30.2	22.9	3	1	4	124.7
2	I-05	1.9	51.8	2	15	15.2	15.1	108.0	64.3	190.3	0.8	19.7	10.1	8.7	7.4	31.1	22.0	2	1	5	85.7
2	I-08	1.8	53.4	3	32	12.7	12.7	195.5	87.3	187.3	0.7	17.9	9.8	8.4	5.1	28.2	19.6	2	2	5	64.4
2	I-11	2.5	53.8	3	18	13.7	13.7	174.8	62.3	161.5	0.7	18.8	10.2	8.6	7.5	32.2	22.3	2	1	5	95.7
2	I-13	2.4	66.9	4	28	13.4	13.7	171.5	90.0	280.0	0.7	18.6	10.2	8.6	6.7	28.2	21.5	2	2	5	246.5
2	I-14	2.4	61.9	3	20	12.5	12.4	115.0	73.8	219.0	0.7	18.4	9.9	8.6	5.7	27.6	21.0	2	2	5	137.2
2	I-16	2.2	53.8	3	11	13.8	14.0	72.5	47.8	162.3	0.7	18.5	9.6	8.5	4.8	30.6	20.1	3	2	5	74.6
2	I-22	2.0	56.7	3	16	12.0	12.4	134.3	36.3	89.5	0.8	19.4	10.3	8.9	6.3	30.4	21.1	3	1	5	90.6
2	I-25	2.6	70.5	3	24	13.6	13.8	207.3	105.0	267.7	0.7	18.2	10.1	8.7	8.7	30.8	24.1	3	1	4	187.3
2	I-27	2.4	67.2	4	28	13.9	13.9	204.6	134.2	290.4	0.8	18.5	10.1	8.9	8.0	29.8	23.7	2	2	4	306.1
2	I-30	2.3	61.7	2	15	14.0	14.1	116.0	56.0	155.3	0.7	19.8	10.3	8.7	8.9	29.6	25.0	3	2	4	40.8
2	I-31	2.0	44.9	2	15	13.0	13.4	95.0	22.4	51.4	0.8	18.5	10.1	9.0	9.7	32.1	24.7	3	1	4	56.8
2	I-32	2.2	48.1	2	13	14.6	15.1	83.7	33.7	82.0	0.8	19.3	10.8	9.2	5.3	28.9	22.3	3	2	6	46.5
2	I-34	2.4	58.9	2	17	14.4	14.3	119.0	43.0	123.4	0.7	22.0	10.2	8.8	7.9	30.6	23.2	2	2	4	83.0
2	I-41	2.6	66.1	3	21	14.2	14.1	224.0	93.5	269.3	0.8	19.3	10.5	8.8	7.0	30.3	22.7	2	2	5	254.5
2	I-47	2.1	60.7	2	13	14.4	13.7	102.4	69.0	222.2	0.8	19.2	9.9	8.5	8.2	30.6	23.2	2	1	4	176.9
2	I-62	2.2	64.3	4	25	13.0	13.3	186.8	86.6	277.0	0.8	19.8	10.2	8.8	8.6	32.4	23.6	3	1	4	179.1
2	I-64	2.2	62.2	2	14	14.3	14.6	101.0	43.8	114.8	0.8	19.1	10.9	9.2	8.2	29.9	23.7	3	2	5	113.1
2	I-65	2.5	68.0	3	19	14.6	14.8	140.0	88.8	267.2	0.7	18.5	10.5	8.9	8.7	29.5	24.5	3	1	4	235.8
2	I-78	2.3	62.8	3	21	13.7	13.4	233.8	138.8	392.8	0.7	17.9	10.3	9.1	7.3	29.0	22.3	2	2	5	292.6
2	I-79	2.3	56.8	3	16	12.8	13.2	105.8	31.4	90.6	0.8	19.0	10.2	9.0	7.8	30.5	23.3	3	1	5	51.5
2	I-80	2.3	60.2	3	23	13.5	13.6	120.2	39.2	90.2	0.7	18.2	10.1	8.9	7.4	29.8	22.7	2	2	5	122.7
2	I-26A	2.0	54.4	3	18	13.4	13.8	117.8	53.3	148.5	0.7	18.4	9.9	8.9	7.7	29.6	23.5	3	2	5	45.2
2	I-26B	2.0	50.3	2	12	14.0	14.2	103.5	58.0	140.3	0.8	19.6	10.2	9.2	6.9	29.4	22.7	3	2	5	115.7

CAPITULO II

Variables evaluadas y contenido de aceite.

ACC= Acceso, REP= Repeticiones, NR= Número de racimos, NBRF= Número de brotes florales, NF= Número de frutos, PPS= Producción en peso de semilla, RA= Rendimiento de aceite, CA= Contenido de aceite.

DATOS DE PROPAGACION POR SEMILLA

ACC	REP	NR	NBRF	NF	PPS	RA	CA
I-04	1	128	161	423	219.01	4.47	55.89
I-04	2	119	229	526	305.47	4.29	53.65
I-04	3	74	154	245	257.20	4.46	55.76
I-08	1	55	156	168	118.83	4.60	57.50
I-08	2	78	302	279	106.65	4.40	55.01
I-08	3	100	161	369	170.06	4.62	57.70
I-13	1	147	187	449	273.55	4.60	57.44
I-13	2	96	110	272	346.61	4.97	62.15
I-13	3	191	185	565	394.34	4.04	50.52
I-14	1	85	65	100	207.49	4.32	54.02
I-14	2	57	181	217	199.18	4.38	54.79
I-14	3	65	117	167	203.13	4.73	59.08
I-25	1	81	145	273	145.93	4.59	57.42
I-25	2	155	161	321	296.56	4.85	60.58
I-25	3	128	154	454	378.95	4.78	59.70
I-26A	1	98	143	315	282.30	4.18	52.30
I-26A	2	116	138	351	447.51	4.25	53.17
I-26A	3	82	99	249	154.68	4.55	56.91
I-27	1	131	145	416	242.19	4.34	54.30
I-27	2	82	239	412	198.07	4.23	57.14
I-27	3	140	197	535	304.25	4.72	58.97
I-30	1	100	185	360	333.29	4.60	57.52
I-30	2	79	191	174	191.97	4.63	57.91
I-30	3	197	127	206	296.10	4.83	60.44
I-31	1	50	164	154	60.70	4.96	61.97
I-31	2	96	162	266	100.90	4.27	53.61
I-31	3	55	171	184	81.10	4.56	57.02
I-32	1	189	198	737	642.89	4.36	54.53
I-32	2	114	180	474	590.99	4.69	58.59
I-32	3	169	287	666	689.30	4.22	52.78
I-34	1	115	143	330	384.35	3.83	49.14
I-34	2	244	230	1091	1434.26	4.75	59.36

I-34	3	193	273	658	634.89	4.71	58.87
I-41	1	104	247	639	48.71	4.79	59.84
I-41	2	117	137	468	490.74	5.00	62.51
I-41	3	110	169	415	506.64	4.85	60.60
I-47	1	100	154	365	259.30	4.58	57.25
I-47	2	81	102	374	346.14	4.33	54.14
I-47	3	151	201	619	631.88	4.47	55.83
I-62	1	61	90	290	306.20	4.71	58.87
I-62	2	93	151	458	290.13	4.77	59.62
I-62	3	100	122	485	230.64	4.23	52.93
I-64	1	86	105	254	244.80	4.53	56.66
I-64	2	114	140	392	397.14	4.18	53.95
I-64	3	87	101	424	431.45	4.32	54.04
I-80	1	89	165	317	175.04	4.49	56.14
I-80	2	51	175	105	139.32	4.55	56.82
I-80	3	41	204	94	177.08	4.58	57.31

DATOS DE PROPAGACION POR VARETA

ACC= Acceso, REP= Repeticiones, NR= Número de racimos, NBRF= Número de brotes florales, NF= Número de frutos, PPS= Producción en peso de semilla, RA= Rendimiento de aceite, CA= Contenido de aceite.

ACC	REP	NR	NF	NF	PPS	RA	CA
I-04	1	64.0	188.0	158.0	128.71	4.34	54.22
I-04	2	79.0	194.0	241.0	328.26	4.16	52.04
I-04	3	77.0	216.0	213.0	68.18	4.19	52.34
I-08	1	102.0	193.0	188.0	19.03	3.88	53.02
I-08	2	120.0	267.0	274.0	141.13	3.99	49.83
I-08	3	120.0	284.0	285.0	95.87	3.52	53.00
I-13	1	164.0	232.0	635.0	274.89	4.58	57.25
I-13	2	155.0	292.0	378.0	429.78	4.72	58.97
I-13	3	46.0	111.0	120.0	34.70	4.93	61.60
I-14	1	152.0	190.0	498.0	278.37	4.53	56.72
I-14	2	42.0	78.0	101.0	248.08	4.70	59.24
I-14	3	74.0	106.0	163.0	97.12	4.76	59.47
I-25	1	127.0	244.0	306.0	262.14	4.76	59.50
I-25	2	80.0	191.0	197.0	126.27	4.56	56.97
I-25	3	102.0	188.0	301.0	173.33	4.39	54.81

I-26A	1	105.0	190.0	315.0	123.14	4.46	55.72
I-26A	2	29.0	96.0	76.0	33.46	3.79	47.35
I-26A	3	56.0	110.0	122.0	20.60	4.45	56.00
I-27	1	188.0	185.0	510.0	563.27	4.63	57.86
I-27	2	79.0	226.0	248.0	298.82	4.07	50.90
I-27	3	102.0	274.0	281.0	125.94	4.48	55.95
I-30	1	74.0	128.0	233.0	67.14	4.44	55.46
I-30	2	46.0	117.0	100.0	48.76	4.49	56.16
I-30	3	42.0	90.0	109.0	86.87	4.87	60.90
I-31	1	16.0	137.0	50.0	29.52	4.12	51.49
I-31	2	34.0	94.0	78.0	15.40	3.60	47.00
I-31	3	48.0	148.0	95.0	125.48	4.30	53.77
I-32	1	12.0	62.0	33.0	6.12	4.01	51.36
I-32	2	31.0	65.0	78.0	28.60	3.94	49.23
I-32	3	58.0	124.0	135.0	104.91	3.98	50.29
I-34	1	46.0	179.0	121.0	162.42	4.75	59.39
I-34	2	61.0	122.0	184.0	57.72	4.46	55.74
I-34	3	16.0	61.0	27.0	150.90	5.04	63.00
I-41	1	96.0	211.0	326.0	237.16	4.84	60.50
I-41	2	109.0	240.0	293.0	149.63	4.75	59.41
I-41	3	78.0	187.0	186.0	296.97	4.29	55.49
I-47	1	109.0	135.0	326.0	200.36	4.19	52.34
I-47	2	81.0	167.0	332.0	377.55	4.62	57.76
I-47	3	41.0	78.0	138.0	163.20	4.99	62.37
I-62	1	94.0	160.0	280.0	177.10	4.82	60.21
I-62	2	89.0	177.0	268.0	204.35	4.32	53.97
I-62	3	54.0	181.0	202.0	111.74	4.64	57.98
I-64	1	137.0	144.0	349.0	253.44	5.00	62.50
I-64	2	24.0	88.0	64.0	79.95	4.10	51.29
I-64	3	19.0	112.0	46.0	92.92	4.85	60.55
I-80	1	84.0	148.0	199.0	249.07	4.68	58.52
I-80	2	30.0	144.0	81.0	89.79	4.47	55.85
I-80	3	25.0	107.0	58.0	83.40	4.62	57.70

Anexo. Imágenes del desarrollo de *J. curcas* en el año 2013.



Anexo. Imágenes del desarrollo de *J. curcas* en el año 2014.



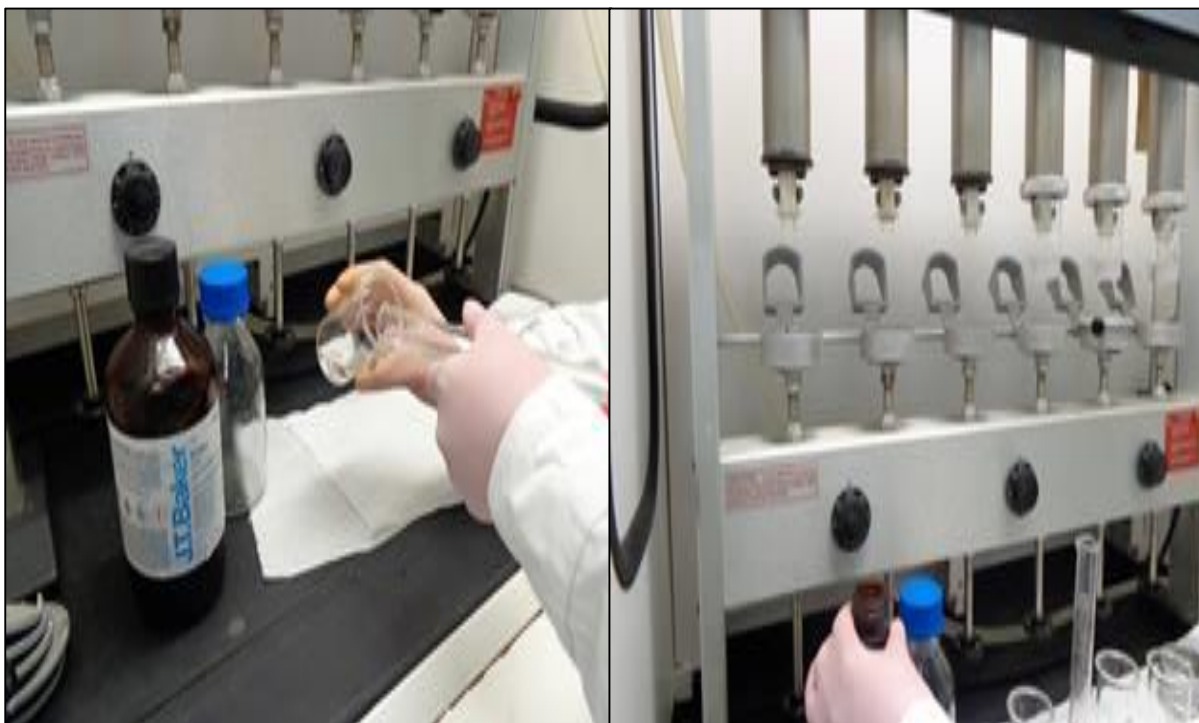
Anexo. Imágenes de frutos de *J. curcas*.



Anexo. Imágenes de la etapa de reposo de *J. curcas* 2014.



Anexo. Imágenes de la extracción de aceite.



Anexo. Filtrado de aceite.

