



Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ingeniería Agronómica
Carrera de Agronomía



Trabajo de Integración Curricular

Modalidad:

Proyecto de Investigación

Presentado como requisito para la obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA

Respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón
(*Jatropha curcas* L.), en la parroquia Lodana

Autores

Suárez Navarrete Viviana Carolina

Bermúdez Talledo Jean Carlos

Tutor

Ing. Freddy Eli Zambrano Gavilanes, PhD.

Cotutor:

Ing. Eddie Ely Zambrano Zambrano Mg. Sc

Santa Ana - Manabí, Ecuador

Octubre 2022

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Manabí en especial a la facultad de Ingeniería Agronómica, a sus docentes que ayudaron en mi formación académica y al personal administrativo.

A mi tutor, Ing. Freddy Zambrano Gavilanes PhD., gracias por el rigor, la dirección, las sugerencias e ideas, sus consejos y conocimientos me guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto y fueron indispensables para alcanzar los resultados que buscaba.

Me es esencial extender mis más sinceros agradecimientos al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR) por el financiamiento y seguimiento del proyecto, al igual que el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, extensión Portoviejo, en especial al departamento de Agro energía – Maíz, por abrirme las puertas y brindarme su apoyo en cada actividad, al Ing Favio Ruilova, Ing Eddi Zambrano, Ing Ever Macías, Don Colón Navarrete y Don Orlando Macías, por brindarme su confianza y amistad.

A mi querido Leonardo Mendieta, cuyas palabras de aliento y ayuda fueron imprescindibles en cada etapa de este trabajo, ya que me llenaron de confianza y me permitieron superarme ante las dificultades, gracias por ayudarme a creer en mí misma y ser mi pilar, mano derecha y apoyo en cada momento.

A mis compañeros de carrera y grandes amigos: Andrea Avellán, Karen Carrera, José García, Kevin Pin y José Villacreses, quienes me brindaron gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo, a cada uno de ellos les deseo un futuro próspero lleno de triunfos profesionales; gracias por la amistad y los buenos momentos.

Viviana Carolina Suárez Navarrete.

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Universidad Técnica de Manabí, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

De igual manera mis agradecimientos, a toda la Facultad de Ingeniería Agronómica, en especial al Dr. Freddy Zambrano Gavilanes quien con su enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a usted por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Favio Ruilova, al Ing. Ever Macias y al Sr. Colón Navarrete, principales colaboradores durante todo este proceso, quienes con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitieron el desarrollo de este trabajo.

Jean Carlos Bermúdez Talledo.

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a cada persona que estuvo a mi lado apoyándome en cada paso y decisión que tomé, pero por sobre todo este logro es dedicado a la memoria de mi madre Alexandra Navarrete Ramírez, quien me brindó su apoyo incondicional y asentó las bases necesarias para formarme con rectitud y principios desde el inicio de mis estudios, cuya sabiduría y amor trascendió para estar cerca de mí en cada momento, dedico a ella quien batalló hasta el último día para verme cumplir este sueño que no solo es mío, es nuestro.

A mi amado padre Alberto Suárez Avendaño por su inconmensurable amor y confianza, que con su esfuerzo y trabajo duro me apoyó cada día para alcanzar el término de esta etapa. A mi querido hermano, Andrés Suárez Navarrete quien fue mi motor e inspiración para seguir adelante, cada paso que he dado es para poder darle el ejemplo que la vida es complicada, pero a pesar de ello hay que seguir adelante y continuar con nuestro camino para alcanzar las metas propuestas.

A mi adorada abuelita Mercedes Ramírez y a la memoria de mi añorada y recordada tía Maryuri Navarrete Ramírez, cuyos consejos siempre me acompañaron en los momentos más difíciles, y aunque ahora ya no este, este logro es por ella.

Viviana Carolina Suárez Navarrete.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi compañera Viviana Suárez quien fue un gran apoyo incondicional mientras se escribía la tesis.

A mis padres quienes me apoyaron en todo el tiempo.

A mi abuela y Brigitte quienes me apoyaron y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A los sinodales quienes estudiaron mi tesis y la aprobaron.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Jean Carlos Bermúdez Talledo.

Certificación del Tutor del trabajo de integración curricular

Quien suscribe, **Ing. Freddy Eli Zambrano Gavilanes PhD.** docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica, en mi condición de **Tutor**, certifico que el trabajo de integración curricular titulado “Respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón (*Jatropha curcas* L.), en la parroquia Lodana” ha sido realizado por los estudiantes Viviana Carolina Suárez Navarrete, con cédula de identidad N° 1316050432 y Jean Carlos Bermúdez Talledo, con cédula de identidad N° 1313381111, respectivamente, bajo mi supervisión y orientación, y el mismo cumple con los requisitos académicos exigidos por la Universidad Técnica de Manabí para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo, por lo cual se autorizó su presentación.

Santa Ana, a los 07 días del mes de noviembre de 2022.

Ing. Freddy Eli Zambrano Gavilanes, PhD.
Tutor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE DEFENSA

Quienes suscriben, docentes designados por el Vicedecano de Carrera como miembros del Tribunal de Defensa, aprobamos la sustentación del trabajo de integración curricular titulado: “**Respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón (*Jatropha curcas* L.), en la parroquia Lodana**” realizado por los estudiantes Suárez Navarrete Viviana Carolina y Bermúdez Talledo Jean Carlos, considerando que mismo cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Técnica de Manabí para optar al título de INGENIERO AGRÓNOMO.

Santa Ana, a los 07 días del mes de noviembre 2022.

Atentamente,

Ing. Soraya Peñarrieta Bravo Mg.

Presidente del Tribunal

Ing. Margarita Delgado Demera, PhD.
Miembro del Tribunal

Ing. Liliana Corozo Quiñónez, PhD.
Miembro del Tribunal

Declaración sobre Derechos de Autor

Quienes suscriben, Viviana Carolina Suárez Navarrete, con cédula de identidad N° 1316050432 y Jean Carlos Bermúdez Talledo, con cédula de identidad N° 1313381111 respectivamente, hacemos constar que el trabajo de integración curricular titulado “**Respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón (*Jatropha curcas L.*), en la parroquia Lodana**” constituye un aporte original de nuestra autoría, realizado bajo la tutoría del Ing. Freddy Eli Zambrano Gavilanes, PhD.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos por el contenido, autenticidad y alcance del presente trabajo de integración curricular, dejando establecido que los aportes intelectuales de otros autores han sido debidamente referenciados en el texto del manuscrito.

Santa Ana, a los 07 días del mes de noviembre de 2022.

Viviana Carolina Suárez Navarrete
C.I.: 1316050432

Jean Carlos Bermúdez Talledo
C.I. 1313381111

Índice general

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. Marco teórico	4
3.1 Origen, distribución y taxonomía.....	4
3.1.1 Origen.....	4
3.1.2 Distribución.....	4
3.1.3 Taxonomía.....	5
3.2 Descripción botánica	5
3.2.1 Raíz	6
3.2.2 Tallo	6
3.2.3 Hojas	6
3.2.4 Flores.....	6
3.2.5 Frutos.....	7
3.2.6 Semillas	7
3.3 Importancia económica del cultivo de piñón	8
3.4 Usos del cultivo de piñón.....	8
3.4.1 Alimentación animal	9
3.4.2 Fertilizante orgánico.....	9
3.4.3 Biocombustible	9
3.4.4 Industria farmacéutica.....	10
3.5 Requerimiento nutricional y condiciones edafoclimáticas	11
3.5.1 Requerimiento nutricional.....	11
3.5.2 Condiciones edafoclimáticas.....	11
3.6 Adaptabilidad de genotipos introducidos.....	12
3.7 Mejoramiento genético en el cultivo de piñón	13
3.8 Obtención de una variedad.....	14
3.9 Obtención de un híbrido.....	15
4. Metodología	17
4.1 Localización del ensayo	17
4.1.1 Características edafoclimáticos.....	17

4.2	Diseño de la investigación y delineamiento experimental.....	18
4.3	Características del material de estudio.....	18
4.4	Hipótesis.....	19
4.5	Definición de variables	19
4.5.1.	Variable independiente.....	19
4.5.2.	Variables dependientes.....	19
4.6	Manejo del experimento.....	20
4.6.1	Fase de vivero	20
4.6.2	Fase de trasplante al campo.....	20
4.7	Manejo en campo	20
4.7.1	Riego	20
4.7.2	Control de malezas	20
4.7.3	Control de plagas y enfermedades	21
4.7.4	Fertilización.....	21
4.7.5	Cosecha	21
4.8	Variables evaluadas.....	21
4.8.1	Evaluación de plagas.....	21
4.8.2	Índice SPAD de clorofila	21
4.8.3	Altura de planta (cm)	22
4.8.4	Diámetro del tallo (cm)	22
4.8.4	Número de ramas	22
4.8.6	Días a inicio de floración	22
4.8.7	Número de inflorescencias	22
4.8.8	Días a inicio de cosecha	22
4.8.9	Número de frutos.....	22
4.8.10	Peso de 100 semillas	22
4.8.11	Rendimiento de semillas sin cáscaras en g/planta y Kg/ha.....	23
4.8.12	Extracción de aceite	23
4.9	Análisis de datos	23
5.	Resultados y discusiones	24
6.	Conclusiones.....	35
7.	Recomendaciones.....	36
8.	Referencias bibliográficas.....	37

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica.....	5
Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del suelo del campus experimental La Teodomira.....	18
Tabla 3. Características del material experimental.....	19
Tabla 4. Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas en híbridos foráneos y variedades de J. curcas al término del periodo de evaluación (11 meses). ...	27
Tabla 5. Comportamiento agronómico e industrial en los híbridos foráneos y variedades de J. curcas al término del periodo de evaluación (11 meses).....	29

Índice de figuras

Figura 1. Distribución global de <i>J. curcas</i> (Heller, 1996).	5
Figura 2. Flores, frutos y semillas de <i>J curcas</i>	7
Figura 3. Características bioenergéticas de las biomasas de <i>Jatropha curcas</i> L.....	10
Figura 4. Localización del ensayo de piñón (<i>Jatropha curcas</i> L).	17
Figura 5. Altura en centímetros de los híbridos foráneos y variedades de piñón durante el periodo 2020 – 2021.	24
Figura 6. Diámetro en centímetros del tallo de los híbridos foráneos y variedades de piñón durante el periodo 2020 – 2021.	26
Figura 7. Número de ramas desarrolladas en los híbridos foráneos y variedades piñón durante el periodo 2020 – 2021..	26
Figura 8. Fluctuación poblacional de <i>Pachycoris</i> sp. en los materiales promisorios. ...	30
Figura 9. Fluctuación poblacional de la familia Cicadellidae en los materiales promisorios.	31
Figura 10. Fluctuación poblacional de escamas en los materiales promisorios.	32
Figura 11. Fluctuación poblacional de ácaro blanco (<i>Polyphagotarsonemus latus</i>) en los materiales promisorios.	33
Figura 12. Artrópodos benéficos presentes en el ensayo de piñón durante el periodo de evaluación (5 meses).....	34

Resumen

El piñón (*Jatropha curcas* L.) es una especie multipropósito resistente a la sequía que puede cultivarse en superficies marginales, sin competir con la producción de cultivos alimenticios, sin embargo, su producción no es rentable. Se menciona que híbridos de piñón muestran una productividad superior a los materiales existentes en Ecuador. La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar la respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana - Manabí. Fue empleado un diseño de bloques completamente al azar, estudiando seis tratamientos constituidos por cuatro híbridos introducidos de la India (T1. Híbrido JAT 001100, T2. Híbrido JAT 001103, T3. Híbrido JAT 001164, T4. Híbrido JAT 001165) y dos variedades promisorias del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (T5. CP-041 y T6. CP-052) con cuatro bloques, logrando un total de 24 unidades experimentales las mismas que se repartieron en cuatro parcelas, donde cada parcela contó con seis plantas, totalizando 24 plantas por tratamiento. Después del establecimiento del ensayo, fueron evaluados durante 11 meses la altura de planta, diámetro del tallo, número de ramas e inflorescencias, peso de frutos secos y de semillas, el índice SPAD de clorofila foliar al inicio de fructificación, evaluación de artropofauna, rendimiento t/ha y porcentaje de aceite al culminar el periodo de evaluación. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de media de Tukey al comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad mediante pruebas de Shapiro-Wilk y Hartley. El rendimiento y peso de semillas demostraron estar correlacionadas con el número total de inflorescencias. Los híbridos foráneos y los locales presentaron un buen comportamiento destacándose el de origen Indio T3 quien presentó los mejores resultados en las distintas variables.

Palabras clave: adaptabilidad, oleaginosas, comportamiento agronómico

Abstract

The physic nut (*Jatropha curcas* L.) is a drought resistant multipurpose species that can be cultivated on marginal surfaces, without competing with the production of food crops, without, however, its production is not profitable. It is mentioned that *Jatropha* hybrids provide a higher productivity than existing materials in Ecuador. The present investigation has as main objective to evaluate the adaptive response of commercial foreign hybrids of physic nut in the parish of Lodana, Santa Ana - Manabí. A completely random block design was used, studying six treatments consisting of four hybrids introduced from India (T1. Hybrid JAT 001100, T2. Hybrid JAT 001103, T3. Hybrid JAT 001164, T4. Hybrid JAT 001165) and the promising varieties from the germplasm bank of the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (T5. CP-041 and T6. CP-052) with four repetitions, achieving a total of 24 experimental units, which were divided into four plots, where each plot contained six plants, totaling 24 plants per treatment. After the establishment of the test, the plant height, stem diameter, number of branches and inflorescences, weight of nuts and seeds, the SPAD index of leaf chlorophyll at the beginning of fructification, evaluation of arthropofauna, yield t/ha and percentage of acceptance at the end of the evaluation period. The results were subjected to an analysis of variance and Tukey's average assumptions to verify normality and homoscedasticity assumptions using Shapiro-Wilk and Hartley's assumptions. Yield and seed weight were shown to be correlated with the total number of inflorescences. The foreign and local hybrids presented a good behavior highlighting the T3 Indian origin, which presented the best results in the different variables.

Keywords: adaptability, oilseeds, agronomic behavior

1. Introducción

El piñón, *Jatropha curcas* L. es una especie con múltiples atributos y usos, su centro de origen y de domesticación radican en México, donde se evidencia la antigüedad del conocimiento de este cultivo en la cultura Olmeca, el cual existió hace 3500-5000 años, lo que reafirma su origen mexicano (Dias *et al.*, 2012).

Baran Jha *et al.* (2007), manifiestan que *J. curcas* es miembro de la familia Euphorbiaceae y es considerada como un potencial cultivo energético no comestible que produce biocombustibles en todo el mundo el mismo que contiene más oxígeno, posee un mayor valor de cetano aumentando la calidad de combustión, es limpio, no tóxico, ecológico y económico debido a su bajo costo de producción. De igual manera, Moraes *et al.* (2017), afirman que este cultivar tiene la capacidad para crecer en una amplia gama de condiciones climáticas y de suelos, con una producción de bajo costo, además, presenta una interesante alternativa para la producción de biodiesel, debido a que sus semillas poseen un alto contenido de aceite donde su productividad potencial es de 1,9 t ha⁻¹, comenzando en el cuarto año después de la siembra.

En Ecuador *J. curcas* está distribuido en zonas de la costa, amazonia, valles interandinos y región insular. Los productores agrícolas ecuatorianos han aprovechado este cultivo tradicional para varios fines, a pesar de no representar importantes intereses económicos. Los agricultores de la provincia de Manabí lo utilizan como cercas vivas y la semilla es empleada en la elaboración artesanal de jabones en zonas rurales, sin embargo, su producción no ha sido aprovechada económicamente (IICA, 2008).

Araiza *et al.* (2016), manifiestan que en México el endemismo del género *Jatropha* y la riqueza del germoplasma representan un potencial para su aprovechamiento, por lo que es importante conocer los aspectos sobre la distribución y caracterización morfológica de las plantas. Torres (2013), explica que, en Ecuador, la Estación Experimental Portoviejo de INIAP preserva un Banco de Germoplasma de piñón de 140 accesiones que fueron recolectadas en diversas zonas de Manabí y Loja, lo que permitió observar una amplia variabilidad genética existente durante el proceso de caracterización agronómica.

Actualmente en el Ecuador existe el Proyecto “Piñón para Galápagos”, con la iniciativa cero combustibles fósiles en las Islas Galápagos para evitar los riesgos de derrames de combustibles, diversificar su matriz energética y contribuir con la reducción

de gases de efecto invernadero, el objetivo de este proyecto es sustituir el diésel por aceite vegetal puro de piñón en la generación eléctrica a partir de la producción en cercas vivas de este cultivo ubicadas en la provincia de Manabí (IICA, 2018). Debido a la necesidad de abastecimiento de este aceite por falta de rendimiento del piñón, se espera mediante la presente investigación encontrar un híbrido de piñón (*J. curcas*) con mejores características agronómicas, de mayor rendimiento y producción de aceite para así lograr su propagación en futuros ensayos que tengan la finalidad de obtener mayor producción de aceite para la elaboración de biodiesel.

Con estos antecedentes es importante evaluar mediante el análisis agronómico y agro productivo la adaptabilidad de los híbridos comerciales de piñón *Jatropha curcas* L en la parroquia Lodana.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón (*Jatropha curcas* L.), en la parroquia Lodana.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Analizar el comportamiento agronómico e industrial de los híbridos comerciales de piñón *Jatropha curcas* L.
- ✓ Determinar la incidencia de plagas en los híbridos comerciales de piñón *Jatropha curcas* L.

3. Marco teórico

3.1 Origen, distribución y taxonomía

3.1.1 Origen

El piñón es un arbusto perenne con un ciclo de vida productivo de hasta 40 años. Es considerado una especie polivalente que presenta diversos beneficios, como cerca viva y como estrategia para la recuperación de tierras degradadas. Así mismo de sus hojas, corteza, raíces, semillas, y el látex se realizan extractos que presentan diferentes e importantes propiedades medicinales para animales y humanos (Dias *et al.*, 2012).

El origen de *J. curcas* ha generado controversias, sin embargo, los orígenes de mayor probabilidad son Brasil, México y otros países de América Central, aun así, desde el Caribe se asume que fue distribuida por los navegantes portugueses a países de África y Asia (Heller, 1996). Dias *et al.* (2012), afirman que el origen o centro primario de diversidad del piñón se encuentra en la región costera del Golfo de México.

3.1.2 Distribución

Aunque el piñón es originario de México y Centroamérica también crece en la mayoría de los países tropicales, ya que se le cultiva en América Central, América del Sur, Sureste de Asia, India y África (Alfonso *et al.*, 2008). Heller (1996), explica que el piñón existe en México, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, también en países del Caribe como Bahamas, Cuba, Dominica, República Dominicana, Haití, Puerto Rico, Santa Lucía, Santo Domingo, St. Croix, Trinidad y Tobago. Así mismo se ha encontrado piñón en menor cantidad en países sudamericanos como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela (Figura 1).

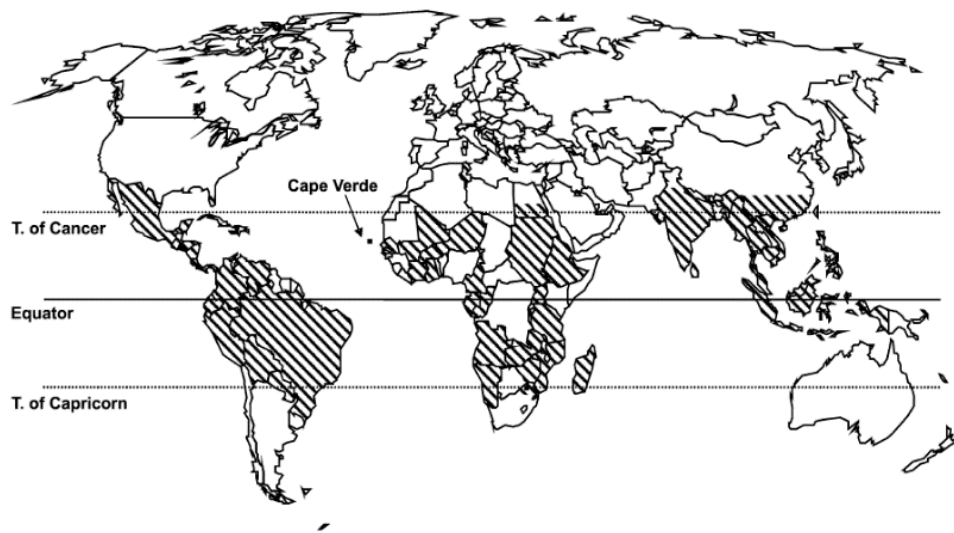


Figura 1. Distribución global de *J. curcas* (Heller, 1996).

3.1.3 Taxonomía

De acuerdo con la Tabla 1, la clasificación taxonómica de *J. curcas* es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación taxonómica (Martínez, 2011).

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Embryophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub Clase:	Rosidae
Orden:	Malpighiales
Familia:	Euphorbiaceae
Sub Familia:	Cronoideae
Tribu:	Jatrophaeae
Género:	<i>Jatropha</i>
Especie:	<i>Jatropha. curcas</i> L.

3.2 Descripción botánica

Alfonso *et al.* (2008), explican que es un arbusto grande de rápido crecimiento cuya altura normal es de dos a tres metros, sin embargo, puede llegar hasta los ocho metros. El tronco es un fuste de color blanco grisáceo, ramificado a poca altura que posee una corteza lisa de madera suave de aproximadamente 20 cm de diámetro, está compuesto de largos canales de floema que se extienden hasta las raíces, por los cuales circula el látex.

3.2.1 Raíz

El sistema de raíces de la planta procede a través del desarrollo de una raíz pivotante principal y cuatro raíces laterales poco profundas (Carels, 2009).

3.2.2 Tallo

El tronco o fuste es de forma cilíndrica de color verde robusto compuesto de savia láctea o rojiza viscosa, crece con una discontinuidad morfológica en cada incremento y desde la base dispone de ramificaciones largas con numerosas cicatrices producidas por la caída de las hojas en estación seca, las cuales resurgen luego de las primeras lluvias (García, 2015; Alfonso *et al.*, 2008).

3.2.3 Hojas

J. curcas está compuesta de hojas verdes, amplias, alternas, anchamente ovadas y abiertamente cordadas en la base, tienen forma de palmas pecioladas, la mayoría de 7–16 cm de largo y de alrededor del mismo ancho, su lámina es acorazonada y las nervaduras son blanquecinas y salientes en el envés, casi glabras pero más o menos pilosas debajo en las nervadura, se forman con 5 a 7 lóbulos acuminados, pocos profundos y grandes, con pecíolos largos de 10 a 15 cm. Al ser el piñón un árbol caducifolio es común ver épocas donde el tallo no posee hojas (García, 2015; Alfonso *et al.*, 2008).

3.2.4 Flores

La flor es monoica, presentándose los órganos masculinos y femeninos en la misma planta (por lo general el número de flores femeninas es menor que las flores masculinas), estas inflorescencias se forman terminalmente en el axial de las hojas en las ramas (Divakara *at al.*, 2010). Las flores son unisexuales, monoáceas, de color amarillo verdoso en cimas paniculadas pedunculadas largas terminales. Flores masculinas: 5 segmentos del cáliz, casi iguales, elípticos u obviados; corola campanulada, 5 lóbulos, connados, pilosos por dentro, excediendo el cáliz, cada lóbulo lleva dentro una glándula en la base, 10 estambres en dos series, cinco filamentos externos libres, cinco filamentos internos connatos, anteras ditecas erectas, abertura por hendidura longitudinal (Divakara *at al.*, 2010). Flores femeninas: sépalos de hasta 18 mm de largo, persistentes; cáliz como en el macho, corola 4 apenas superando los lóbulos del cáliz unidos, vellosos por dentro; ovario trilocular, elipsoide, de 1,5–2 mm de diámetro, estilo bífido, óvulos solitarios en cada celda. Las inflorescencias forman un racimo de frutos verdes elipsoidales

triloculares. produciendo aproximadamente 10 o más frutos ovoides (Divakara *et al.*, 2010).

3.2.5 Frutos

Los frutos son trilobulados, elipsoidales, sudrupáceos. El exocarpio permanece carnoso hasta que las semillas maduran. El fruto mide de 2,5 a 3,5 cm de largo a 2 a 2,5 cm de ancho. Las semillas son negras, oblongas, de 2,5-3 cm de largo y 1 cm de espesor, más o menos esféricas o elipsoidales. Los frutos inicialmente son verdes, pero cuando maduran van cambiando a amarillos, luego se tornan de café oscuro y posteriormente a negro. El fruto se desarrolla entre los 60 y 120 días, desde la floración hasta la madurez de la semilla según las variedades, igualmente la reproducción se detiene al inicio del periodo de lluvias (Toral *et al.*, 2008; Kumar & Tewari, 2015).

3.2.6 Semillas

Kaushik *et al.* (2007), explican que la semilla tiene una longitud máxima de 17,63 mm, y mínima de 16,00 mm, la anchura de varía de 10,16 a 10,92 mm; mientras que el grosor de esta varía de 7,24 mm a 8,33 mm. Alfonso *et al.* (2008), mencionan que debajo del tegumento de la semilla se encuentra una película blanca cubriendo la almendra; el albumen abundante, el cual es blanco, oleaginoso, y contiene el embrión provisto de dos largos cotiledones achatados (Figura 2). Así mismo Kaushik *et al.* (2007), establecen que el contenido de aceite varía de 28,0% a 38,8%.

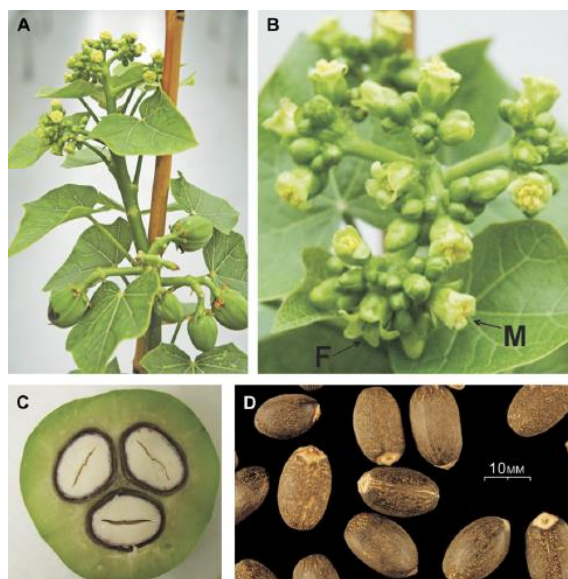


Figura 2. Flores, frutos y semillas de *J curcas*. (A) Planta joven con ambas flores y vainas de semillas en desarrollo. (B) Inflorescencia que contiene tanto flores

estaminadas masculinas (M) como flores pistiladas femeninas (F). (C) Sección transversal de una vaina que contiene tres semillas desarrolladas de semillas. (D) Semillas maduras (King *et al.*, 2009).

Los principales ácidos grasos presentes en la cadena larga del aceite de semilla de *J. curcas* son oleico 18:1 (34,3-45,8%), linoleico 18:2 (29,0-44,2%), palmítico 16:0 (14,1-15,3%) y ácido esteárico 18:0 (3,7-9,8). También se encuentran presentes otros ácidos grasos, como el mirístico 14:0 (0-0,1%), palmitoleico 16:1 (0-1,3%), linolénico 18:3 (0-0,3%), araquídico 20:0 (0-0,3%) y behenático 22:0 (0-0,2%), pero en pequeñas cantidades (Koh y Ghazi, 2011).

3.3 Importancia económica del cultivo de piñón

El auge del cultivo de piñón surge a partir de la necesidad de reducir las emisiones de gases de invernadero y garantizar la seguridad del combustible, provocando la demanda de plantas oleaginosas como materia prima para la producción de biodiesel, de esta manera, el piñón es considerado el cultivo ideal, debido a que cumple con los requerimientos ecológicos, medioambientales y éticos, favoreciendo el secuestro de carbono, reduciendo las necesidades de agua y promueve la eficiencia energética. De igual manera, puede ser cultivado en tierras no agrícolas, ya que no compiten por el suelo con los cultivos alimenticios y no afecta al precio de los mismos (Costa *et al.*, 2010). Parawira (2010), afirma que *J. curcas* tiene excelentes características agronómicas y es una fuente prometedora de biodiésel, dado que sus semillas contienen gran cantidad de aceite.

3.4 Usos del cultivo de piñón

J. curcas se cultiva ampliamente como una cerca viva y mediante el resultado de una gran cantidad de investigaciones ha derivado de ella la elaboración del biodiesel. Es una de las muchas semillas oleaginosas que se pueden utilizar para producir biodiesel, jabón y fertilizantes (Kumar y Sharma, 2008). Pérez *et al.* (2007), manifiestan que las semillas de este cultivo contienen alrededor de 38 % de aceite en peso, de esta cifra se obtiene de entre 27 y 32 %, usando máquinas extractoras a presión en frío; este aceite ha funcionado como base para la producción de jabón, insecticida y como combustible en forma de aceite puro o después de transesterificar como biodiésel para ser usado en motores, cocinas y faroles para el alumbrado. La economía de la industria depende significativamente de los rendimientos de producción, demostrando que un determinante

clave es la eficiencia con la que se extrae aceite de las semillas para la producción de biodiésel (Kumar y Sharma, 2008).

3.4.1 Alimentación animal

Saetae *et al.* (2011), sostienen que las propiedades funcionales del aislado de proteína obtenido de la torta de semillas de *J. curcas* tiene potencial para ser explotada como nueva fuente de proteínas funcionales para la alimentación o aplicaciones de alimentación. De igual manera, Hisano *et al.* (2015), mencionan que la digestibilidad aparente de nutrientes, energía y aminoácidos presentes en la torta de piñón no tóxicos y desintoxicados tienen potencial para su inclusión en dietas para la tilapia del Nilo.

3.4.2 Fertilizante orgánico

Zambrano *et al.* (2020), describen que el efecto de la torta de semillas de piñón sobre el desarrollo el frijol común y la dispersión de arcilla del suelo presenta resultados favorables, debido a que reduce los valores de arcilla dispersada por el agua y aumenta el carbono orgánico. Srinophakun *et al.* (2012), han demostrado que la torta de semillas de piñón desaceitada puede utilizarse con total seguridad como un fertilizante orgánico para ser aplicado en hojas, frutas y tubérculos vegetales.

Traore *et al.* (2012), manifiestan que a través de la enmienda de fertilizante de tortas oleaginosas de *J. curcas* se puede potenciar la mejora agronómica del rendimiento de mijo. Así mismo Sombie *et al.* (2019), exponen que el efecto orgánico de torta de piñón y fertilizantes de NPK mejoran los componentes bioquímicos y las propiedades antioxidantes de cinco genotipos de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) demostrando los efectos positivos que aumentan el crecimiento y las respuestas bioquímicas de genotipos de guisantes hacia la síntesis y acumulación de pigmentos como clorofila total y carotenoides.

3.4.3 Biocombustible

Una plantación del cultivo energético de *J. curcas* acentúa su producción a partir del tercer año y se estabiliza a los seis años, en el que las distintas biomásas tienen diferentes características energéticas, donde las de mayor valor económico son el aceite y el glicerol por su diversidad en usos, potencialidades energéticas y el estado de madurez actual de la tecnología para su aprovechamiento energético, y otros muchos usos industriales, como materia prima en importantes procesos industriales (Pérez *et al.*, 2007) (Figura 3).

Andrade *et al.* (2020), mencionan que en la mayoría de países hay diferentes fuentes de biomasa disponibles para la producción sostenible de bioenergía; y en el caso de Brasil, los cambios realizados a largo plazo por los responsables de la toma de decisiones sobre la matriz energética, fueron capaces de hacer viable el aumento de la proporción de biocombustibles renovables en derivados del petróleo, como es el caso del etanol en la gasolina y el biodiésel en el diésel, lo que llevó a un aumento gradual de esta sustitución.

Kavalek *et al.* (2013), afirman que la utilización de la torta de semillas de *J. curcas* para la producción de biocombustibles sólidos es una alternativa prometedora para la producción de combustible alternativo. De igual manera Mohit *et al.* (2011), han demostrado que se puede producir bioetanol a partir de la torta de semillas *J. curcas* mediante hidrólisis ácida diluida y fermentación por *Saccharomyces cerevisiae*, exponiendo que la torta de piñón es una excelente fuente de celulosa que puede ser utilizada para la producción de etanol celulósico.

Raheman y Mondal (2012), determinaron que a partir de la torta de semillas de piñón se puede producir biogás constatando que misma es una materia prima adecuada para la elaboración de biometano.

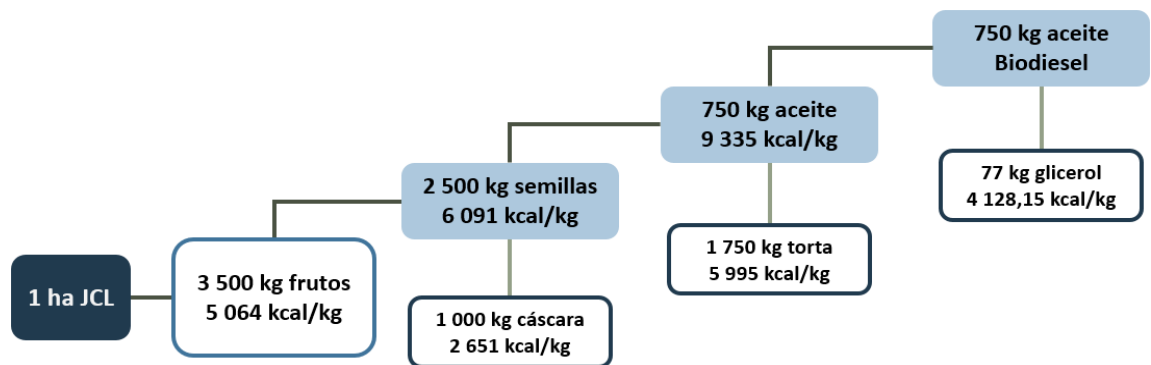


Figura 3. Características bioenergéticas de las biomasas de *Jatropha curcas* L. (Pérez *et al.*, 2007).

3.4.4 Industria farmacéutica

Insanu *et al.* (2013), establecen que los ésteres de forbol se han convertido en un tema importante con respecto al aceite y toxicidad de *J. curcas*, ya que se disuelve bien en el aceite, provocando riesgo de intoxicación para los trabajadores que lo manipulan, el mismo autor menciona que el aceite desintoxicado se puede utilizar como un candidato

de nueva base para ungüentos y preparados de aplicación dérmica. Prasad *et al.* (2012), indican que la intervención de *J. curcas* en los usos medicinales presenta un potencial prometedor, esto permite lograr ampliar y desarrollar los usos más rentables de sus productos.

Warra (2012), menciona que el aceite de semillas de *J. curcas* posee un valor potencial para la elaboración de cosméticos, en especial para la elaboración de jabón.

3.5 Requerimiento nutricional y condiciones edafoclimáticas

3.5.1 Requerimiento nutricional

Es indispensable diagnosticar las deficiencias nutricionales en los cultivos, pues esto permite ajustar las prácticas de fertilización que permitirán alcanzar los rendimientos económicos esperados. Se conoce que cuando las plantas presentan deficiencias de elementos nutritivos, se observa un desarrollo anormal donde se manifiestan los síntomas característicos de la falta de un nutriente en particular, lo cual permite identificar el estado nutricional y las necesidades nutrimentales de las plantas y corregir de manera temprana las deficiencias antes de la pérdida total de las cosechas (Carvajal y Buiza, 2006; Marrone Del Cid y Bueso, 2009).

Marrone Del Cid y Bueso (2009), mencionan que la deficiencia de nitrógeno (-N) en *J. curcas* afecta la altura y el diámetro del tallo, provoca clorosis y malformación de hojas verdaderas y hojas axilares, a su vez la ausencia de fósforo (-P) reduce el tamaño de la planta y provoca amarillamiento foliar acompañado de necrosis, caída de hojas bajas y ocasionalmente presentan un color rojizo en la nervadura de las hojas superiores e inferiores. El déficit de potasio (-K) en el piñón se observa mediante la necrosis o bordes quemados en las hojas viejas, mientras que la ausencia de Magnesio (-Mg) se manifiesta en las hojas viejas con clorosis que comienzan en áreas cercanas a la nervadura hacia los bordes, a su vez el déficit de microelementos también presenta en las hojas viejas clorosis intervenal, bordes quemados y necrosis en la nervadura central y bordes de las hojas.

3.5.2 Condiciones edafoclimáticas

Herrera *et al.* (2010), revelan que en los distintos Estados de México la producción de *J. curcas* puede darse en altitudes máximas de 1420 msnm en el Estado de Coahuila y con un mínimo de 10 msnm para Coahuila donde a su vez se presentan las mayores precipitaciones con 2500 mm, y un mínimo de 621 mm en el estado de Tepic.

Pérez *et al.* (2007), expresan que en regiones secas y/o semiáridas se pueden realizar dos cosechas: una de producción alta y otra con rendimientos menores. Maes *et al.* (2009), contrastan que *J. curcas* no es habitual encontrarla en regiones con climas áridos y semiáridos y con precipitaciones anuales de menos de 944 mm año; el mismo autor indica que en sitios con 900-1200 mm de precipitación la producción puede ser hasta el doble, presentando 5 t de semilla seca/ha en un 1 año y en regiones semiáridas se obtiene de 2-3t de semilla seca/ha en un 1 año.

Abou y Atta (2009), demostraron que el mayor porcentaje de consumo de agua ocurre durante la etapa de producción, alcanzando el 36,05%, esto ocurre debido al aumento en la tasa de crecimiento de las frutas, es por ello, que necesitan mayor cantidad de agua en comparación con las otras etapas. Así mismo, determinaron que la tasa media de consumo de agua de *Jatropha* es de 6L a la semana durante toda la temporada de crecimiento, indicando que esta especie puede sobrevivir y producir plenamente con un rendimiento de alta calidad y con requerimientos mínimos de agua en comparación con otros cultivos, donde el agua aplicada durante la temporada de crecimiento de *J. curcas* depende las condiciones climáticas y el estado del suelo.

3.6 Adaptabilidad de genotipos introducidos

Abdenmour *et al.* (2019), concluyeron en la investigación basada en la estabilidad y adaptabilidad de 25 cultivares de trigo panificable (*Triticum aestivum* L.), para evaluar la interacción del genotipo con el medio ambiente es importante entre fitomejoradores y agrónomos que participan en la realización de pruebas de rendimiento, lo que conduce a un sesgo en las estimaciones de los efectos genéticos de varios caracteres que están influenciados por las variaciones del medio ambiente, como el rendimiento de grano.

Saadaoui *et al.* (2015), evaluaron en Túnez ocho accesiones de *J. curcas* (seis americanas y dos africanas), donde determinaron que no existieron correlaciones generales entre cualquiera de los rasgos morfológicos considerados (aspectos generales del desarrollo de planta, características de las hojas, caracteres de la semilla y el rendimiento de grano), así mismo determinaron que en las regiones mediterráneas con climas áridos y semiáridos no es común las plantaciones de *J. curcas*, ya que estas zonas tienen el riesgo de baja productividad o necesidad de riego. Finalmente concluyeron que la alta variabilidad fenotípica y la diferencia en la productividad representan un buen potencial para la selección temprana.

En Honduras, Villalta (2009), expresó que para conocer el comportamiento del piñón se instauró un estudio evaluando las variedades India Salvadoreña y Cabo Verde, de la cual esta última tuvo mejor comportamiento que la India Salvadoreña en la condición agroecológica de ladera. De igual manera, Machado (2011), manifiesta que en Cuba la variedad introducida Cabo Verde presenta mejores características del fruto, mayor contenido de aceite en las semillas y producción estimada de aceite por unidad de área en comparación con las variedades locales.

3.7 Mejoramiento genético en el cultivo de piñón

La diversidad genética se define como la variedad de alelos o genotipos en una población determinada y puede reflejarse en diferencias morfológicas, fisiológicas y de comportamiento entre individuos y poblaciones. El establecimiento de un banco de germoplasma que represente la variabilidad genética de la especie (colección central) es esencial para el éxito del programa de mejoramiento (Días *et al.*, 2017).

El piñón es una especie en domesticación, por lo que es importante comprender la diversidad genética para la selección y caracterización de genotipos prometedores para iniciar programas de reproducción y mejoramiento genético, para ello, se realiza una evaluación de diferentes caracteres agronómicos (altura de la planta, diámetro del tallo, número de ramas primarias, longitud del fruto, anchura, peso y forma, longitud de la semilla, anchura y peso, más el contenido de aceite), que ayudan a determinar la diversidad fenotípica de la especie (de Moraes *et al.*, 2017).

Heller (1996), expone que los programas de mejoramiento genético tienen éxito cuando existe disponibilidad de la variabilidad genética para los rasgos deseados. La recolección, caracterización y evaluación de germoplasma para el crecimiento, morfología, características de semillas y características de rendimiento es un trabajo integral que aún se encuentra en etapas prematuras. Con lo anterior expuesto, se estima que la razón por la que *Jatropha* se ha adaptado a una amplia gama de condiciones ecológicas y edáficas es por la existencia de una considerable cantidad de variabilidad genética que puede ser explorada para conocer información fundamental para una mayor reproducción y mejora genética.

Soontornchainaksaeng y Jenjittikul (2003), describen que los cromosomas del género *Jatropha* son de pequeño tamaño (longitud bivalente 1-3.67 μm) con la mayoría de las especies con $2n = 22$ y número base de $x = 11$. Mukta *et al.* (2009), manifiestan

que para realizar un trabajo en mejoramiento genético se debe apuntar a un mayor número de flores femeninas o plantas pistiladas, alto rendimiento de semillas con alto contenido de aceite, madurez temprana, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a la sequía/resistencia, altura reducida de la planta y alta ramificación natural de las ramas, así mismo, resaltan la necesidad de mejorar genéticamente las características generales y la composición del éster metílico para que sea más adecuado en la producción de biodiésel en comparación con *Pongamia pinnata* L.

King *et al.* (2009) manifiestan que se puede mejorar la especie *J. curcas* mediante la evaluación de la variación en la fuente silvestre, la selección de genotipos superiores/élite, la aplicación de la mutación, transferencia de genes a través de la hibridación ínterespecífica y las intervenciones biotecnológicas para traer el cambio en los rasgos deseados. De igual manera, manifiestan que para lograr mejorar la productividad es necesario desarrollar plantas pistiladas para identificar padres divergentes, que más tarde pueden ser explotados por heterosis. Estas plantas pistiladas se desarrollan a través de mutaciones y técnicas de hibridación ínter-específicas que requieren mucho tiempo. Otros métodos mencionados para aumentar el rendimiento son la manipulación fisiológica de la sexualidad, la aplicación de gametocuros para mejorar la relación M/F y la alteración de los niveles de expresión de las enzimas en la vía biosintética del triacilglicerol (Kennedy).

3.8 Obtención de una variedad

Fehr *et al.* (1987), definen que el término variedad es una subdivisión de un tipo caracterizado por ser distinto, uniforme y estable, es decir, que la variedad puede diferenciarse por una o más características morfológicas y fisiológicas identificables, además posee características esenciales describibles que permanecerán inalteradas poseyendo un grado de confiabilidad que al reproducirse tendrá sus características distintivas y esenciales. Existen diversas categorías de variedades: de polinización abierta de cultivos de fertilización cruzada, híbridas (F1), variedades F2, clonales, lineales (endogámicas) y sintéticas.

Fehr *et al.* (1987), mencionan que la agricultura productiva funde sus cimientos a partir del germoplasma vegetal, misma que es indispensable para el desarrollo de nuevas variedades de cultivos superiores que garanticen el abastecimiento abundante y estable de alimentos con características deseables. Los mismos autores explican que cuando

existe una gama fuera de lo común de las tensiones en las enfermedades, insectos, sequía o temperaturas extremas es porque existe vulnerabilidad genética mismas que exceden el rango de tolerancia o resistencia del cultivo, cuando esto ocurre la reducción del rendimiento es palpable llegando a provocar grandes fracasos en los cultivos ubicados en grandes áreas. Vallejo y Estrada (2002), explican que el programa de mejoramiento genético ve a la producción de variedades resistentes a insectos plagas como un elemento que es parte de un único fin, ya que de acuerdo al tipo e importancia de la plaga se desarrolla el programa de mejoramiento para así producir plantas resistentes, para ello, es necesario la colaboración entre fitomejoradores y entomólogos. Los mismos autores mencionan que para producir este tipo de variedades resistentes es necesario tener conocimiento completo de la bioecología del insecto, entendimiento de las fuentes y genética de la resistencia y de los métodos convencionales de mejoramiento.

3.9 Obtención de un híbrido

El mejoramiento genético realizado para incrementar la producción de plantas cultivadas es practicado por el ser humano hace miles de años, quizás desde el inicio de la agricultura, donde el hombre ha empleado los cruzamientos para incrementar la variabilidad genética. Esta manera de hibridación permitió aumentar de modo significativo la productividad de diversos cultivos, como los cereales (Levitus *et al.*, 2010).

Para la obtención de un híbrido mediante el mejoramiento clásico se realizan los pasos de introducción, hibridación y selección. Durante la primera etapa se cosecha las variedades participantes en el cruce y se las coloca de forma separada identificándolas como híbridos F1, posteriormente se siembran en recipientes de plástico variedad y se colocan en mesas de metal dentro de un invernadero. En la segunda etapa, los “híbridos” resultantes de los cruces (F1) se identifican acorde lo indicado por el Sistema Internacional, guardándose en sobres de papel identificados, luego son evaluados fenotípicamente (selección) a nivel de campo y se verifica su comportamiento genético (segregación) en la segunda generación (F2), utilizando para ello los descriptores morfológicos descritos por el IPGRI. Los parentales donadores del polen son seleccionados de las variedades productoras más usadas por los agricultores y cruzadas con el método simple con las variedades introducidas (Muñoz, 2012).

Muñoz (2012) explica que para el procedimiento de polinización se realizan cruces dirigidos en dos vías: primero entre la variedad introducida (padre) sobre las variedades nacionales que son las madres receptoras del polen, posteriormente se cruzan también a la inversa. Se emasculan las flores femeninas en preantesis temprana, posteriormente se recolecta la semilla híbrida cuando la vaina logra su maduración total.

Otro método de hibridación descrito por Levitus *et al.* (2010), es la hibridación somática, la cual está basada en la obtención de plantas híbridas a partir de la fusión de células o de protoplastos derivados de células somáticas, esta técnica surgió hace unos 30 años como una herramienta muy promisoriosa para sortear problemas de incompatibilidad precigótica, sin embargo, esta hibridación presenta limitaciones, como una elevada esterilidad o en algunos casos imposibilidad de regenerar plantas. A pesar de ello, ha demostrado ser eficaz en la mejora genética de plantas, ya que permite la introgresión limitada de genes de especies silvestres en los cultivos, además, es utilizada para transferir resistencia a enfermedades o tolerancia a estrés, y para obtener citoplasmas híbridos (cíbridos).

4. Metodología

4.1 Localización del ensayo

La presente investigación se llevó a cabo desde el establecimiento del ensayo en septiembre de 2020, con evaluaciones mensuales a partir de diciembre del mismo año hasta octubre del 2021, en el campus experimental la Teodomira de Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en el Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, localizada geográficamente a $01^{\circ} 10' 14.834$ de latitud sur y $80^{\circ} 23' 27$ de longitud oeste con una altitud de 60 msnm (Figura 4).

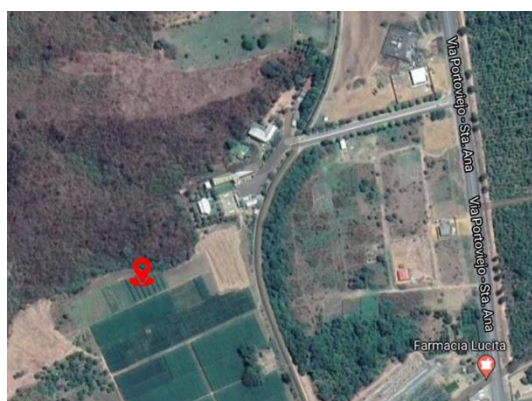


Figura 4. Localización del ensayo de piñón (*Jatropha curcas* L).

4.1.1 Características edafoclimáticas

Las características climatológicas del ensayo fueron las siguientes: pluviosidad anual: 682,50 mm, heliofania anual: 1.354 horas luz, temperatura promedio: $25,39^{\circ}\text{C}$, evaporación anual: 1.625,40 mm y nubosidad: 6/8¹.

El campus experimental de la Facultad de Ingeniería Agronómica cuenta con un clima tropical megatérmico seco, según la clasificación climática de Pourrut (1983).

El lote, donde se realizó la investigación es de textura franco arcilloso, de topografía plana con ligeras ondulaciones y de acuerdo a la escala de Holdrige, se lo ubica a una categoría de bosque seco pre-montano subtropical.²

Para conocer sus propiedades fisicoquímicas el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias realizó el análisis de suelo respectivo, dichos datos se describen en la Tabla 2.

¹ (Datos tomados de la Estación Agro meteorológica del INAMHI, Portoviejo, Manabí, Ecuador. 1998-2004).

² Holdrige. Ecología basada en zonas de vida. (1987). Turrialba. Costa Rica

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del suelo del campus experimental La Teodomira.

Suelo	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	H	Mn	Co	Z
		%	%	mg/kg	mg/kg	cmol/kg	cmol/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Franco-arcilloso	7,5	0,90	0,04	17,4	1,06	15,25	5,27	26,7	5,55	2,19	<2,60

4.2 Diseño de la investigación y delineamiento experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), donde se utilizó 6 tratamientos con 4 bloques, logrando un total de 24 unidades experimentales las mismas que fueron repartidas en 4 hileras/parcelas, donde cada hilera contó con 6 plantas. En total existieron 24 plantas por tratamiento, las mismas que estaban distanciadas entre sí por 2 metros y entre hileras por 4 metros, los bloques se encontraron separadas por 4 metros, dando un área total del experimento de 5376 m² (96m x 56 m) (Anexo 1). Los tratamientos se describen a continuación:

T1. Híbrido JAT 001100

T2. Híbrido JAT 001103

T3. Híbrido JAT 001164

T4. Híbrido JAT 001165

T5. Promisorio CP-041

T6. Promisorio CP-052

4.3 Características del material de estudio

Se evaluaron durante los primeros 11 meses de establecimiento, cuatro híbridos comerciales introducidos de piñón y dos clones locales del banco de germoplasma del INIAP, las características de cada material experimental se encuentran detallados en la Tabla 3.

Tabla 3. Características del material experimental.

Descriptor	Híbrido JAT 001100	Híbrido JAT 001103	Híbrido JAT 001164	Híbrido JAT 001165	Clon CP041	Clon CP054
Peso (g) de 100 frutos secos	700	750	700	750	315	300
Rendimiento toneladas por hectárea-año	4.5-6.0	3.6-4.9	2.0- 2.5	2.7-3.5	1.5*	1.4*
Contenido de aceite %	37	37	38	38	53	38
Origen	India	India	India	India	Ecuador	Ecuador

Los valores señalados con * son descritos por Mejía *et al.* (2015).

4.4 Hipótesis

Los híbridos tendrán una excelente adaptabilidad y producción en la parroquia Lodana.

4.5 Definición de variables

4.5.1. Variable independiente

Respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón (*Jatropha curcas* L.)

4.5.2. Variables dependientes

- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Presencia de artrópodos
- Número de ramas
- Número de inflorescencias
- Inicio de floración y cosecha
- Número de inflorescencias y frutos
- Porcentaje de aceite
- Rendimiento de semillas sin cáscaras en g/planta y Kg/ha
- Porcentaje de aceite

4.6 Manejo del experimento

4.6.1 Fase de vivero

Las semillas de los híbridos de piñón fueron introducidas de la India a Ecuador mediante un convenio firmado con el IICA, y fueron llevadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, extensión Portoviejo. Para ello, fue necesario pasar por un proceso de cuarentena (40 días) de las semillas con la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario – AGROCALIDAD, durante estos 40 días se analizaron las semillas y se logró descartar la existencia de plagas o enfermedades que afectaran el ecosistema del país.

Una vez AGROCALIDAD aprobó la fase cuarentenaria, se procedió a conocer el porcentaje de germinación de los materiales, para ello se seleccionó una muestra representativa de 10 semillas de los híbridos de piñón, y los promisorios del INIAP, posteriormente de esta prueba se realizó la siembra de las semillas en fundas plásticas de vivero, las mismas contenían una mezcla de tres partes de tierra agrícola de textura franca, y una parte de turba, que posteriormente fueron ubicados en el vivero del Departamento de Producción y Servicios de la Estación Experimental Portoviejo, la cual poseía una estructura de sarán con 50% de luz. Las plántulas se regaron de acuerdo a las condiciones y se mantuvo el suelo en capacidad de campo.

4.6.2 Fase de trasplante al campo

Al momento que la altura de las plántulas era cercana a los 20 centímetros y que contaban con 3 a 4 hojas verdaderas, se retiró la cobertura de sarán para mantenerlas al sol por 22 días con la finalidad de endurecerlas. Posteriormente, se realizó la siembra en campo definitivo.

4.7 Manejo en campo

4.7.1 Riego

Durante el primer mes de establecimiento del ensayo se utilizó el sistema de riego por goteo, para así mantener el suelo con la disponibilidad de agua necesaria para el desarrollo del cultivo.

4.7.2 Control de malezas

El experimento se mantuvo sin competencia de malezas, por las medidas necesarias que se tomaron para el control oportuno.

4.7.3 Control de plagas y enfermedades

Al no presentar plagas y enfermedades en niveles que sean capaces de poner en riesgo la respuesta agronómica y productiva de todos los materiales en estudio, se omitió la intervención de un método de control.

4.7.4 Fertilización

Antes del establecimiento del ensayo se realizó el respectivo análisis de suelo con la finalidad de conocer los aportes nutricionales y complementar la fertilización con los niveles recomendados por la Empresa Jatro Solutions (<http://www.jatrosolutions.com>) que fue 16 g/planta de N, 5 g/planta de P₂O₅ y 25 g/planta de K₂O.

4.7.5 Cosecha

La cosecha y el descascarado de los frutos maduros y secos se realizaron de forma manual y las semillas fueron secadas al sol.

4.8 Variables evaluadas

4.8.1 Evaluación de plagas

Posterior a la siembra en campo se evaluó durante 5 meses (mayo – septiembre 2021) la presencia de artrópodos fitófagos y benéficos, ya que durante esta época inició la aparición de diversos insectos y ácaros, ver Anexo 11 y 12. Para ello se escogieron 3 plantas aleatorias del área útil de cada unidad experimental, evaluándose desde la tercera parte superior de la misma. Mediante observaciones y descripciones visuales se identificaron las distintas familias que se encontraban en dichas plantas, y se llevó un registro en tablas mensuales de los principales grupos presentes, con la finalidad de determinar la dinámica y fluctuación poblacional de los más recurrentes (Cañarte *et al.*, 2017).

4.8.2 Índice SPAD de clorofila

Con ayuda del clorofilómetro SPAD Konica Minolta 502 Plus se midió el índice de clorofila de las 8 plantas del área útil de cada unidad experimental, de cada una se tomó en cuenta 3 hojas de la tercera parte superior de cada planta, estas no eran tan longevas y con una coloración verde brillante. Posteriormente, se utilizó la metodología descrita por Rincón y Ligarreto (2010), donde se realizó la valoración del contenido de clorofila en tres sitios de cada hoja y se calculó el promedio para conocer el valor final de la planta.

4.8.3 Altura de planta (cm)

Se midieron mensualmente las 8 plantas del área útil de cada unidad experimental, para esto se tomó como punto de referencia el nivel del suelo hasta el ápice terminal más alto en cada planta.

4.8.4 Diámetro del tallo (cm)

Con ayuda de un calibrador se midió la variable del diámetro del tallo y se realizaron evaluaciones mensuales donde se evaluaron las 8 plantas del área útil de cada unidad experimental tomando como punto de referencia el nivel del suelo.

4.8.4 Número de ramas

Se contaron las ramas primarias, secundarias y terciarias de las 8 plantas del área útil de cada parcela, con una frecuencia mensual.

4.8.6 Días a inicio de floración

Se registró cuando más del 50% de las plantas del área útil iniciaron la floración.

4.8.7 Número de inflorescencias

Se contabilizó el número de inflorescencia emitidas por las plantas del área útil de cada parcela, esta evaluación se ejecutó con una frecuencia mensual.

4.8.8 Días a inicio de cosecha

Al existir más del 50% de plantas con frutos maduros en la parcela útil, se procedió a contabilizar desde el inicio de la siembra hasta el momento de la cosecha.

4.8.9 Número de frutos

Se contabilizaron los frutos cosechados en las 8 plantas del área útil de cada unidad experimental. Posterior a su cosecha en estado de maduración fueron depositados en un recipiente plenamente identificado, para su secado y evaluación del peso de frutos secos con cáscara.

4.8.10 Peso de 100 semillas

Se calculó el peso en gramos de 100 semillas secas escogidas aleatoriamente del área útil de cada unidad experimental.

4.8.11 Rendimiento de semillas sin cáscaras en g/planta y kg/ha

Posterior al secado y eliminación de las cáscaras de la semilla, se calculó el peso total cosechado en el área útil de cada parcela, y su humedad, donde posteriormente se determinó el rendimiento por planta y hectárea.

4.8.12 Extracción de aceite

En la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, se efectuó la extracción mecánica del aceite de las semillas, para ello, se utilizó una prensa de tornillo tipo expeller con calentura a 60°C. La prensa de tornillo consiste en un tornillo horizontal o vertical que encaja muy cerca dentro de una jaula perforada donde se expulsa el líquido (aceite), quedando por otro lado el residuo, conocido como la torta. Tanto el tornillo como la jaula se estrechan hacia la descarga para aumentar la presión sobre el material (Bogaert *et al.*, 2018).

Se utilizó 1 kg de semilla de cada tratamiento para el proceso de extracción, estas semillas fueron descascarilladas, quedando únicamente la almendra y de esta almendra es que se extrajo el aceite. Luego mediante diferencia de pesos se obtuvo el valor en porcentaje.

4.9 Análisis de datos

A los datos que se recolectaron en el ensayo se le realizó un análisis de varianza, aplicando el método de Tukey, y un nivel de significancia del (≤ 0.05); se trabajó con el programa estadístico INFOSTAT, versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

5. Resultados y discusión

La Figura 5 presenta la altura de los híbridos foráneos y las variedades del banco de germoplasma de INIAP durante 11 meses de evaluación demostrando un crecimiento ascendente en cada material de estudio.

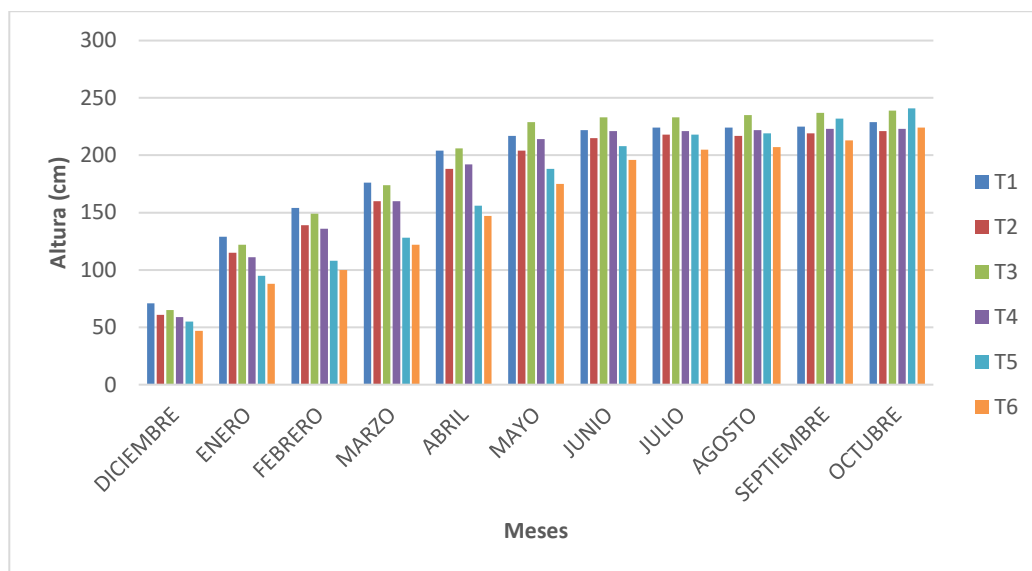


Figura 5. Altura en centímetros de los híbridos foráneos y variedades de piñón durante el periodo 2020 – 2021.

Al culminar los 11 meses de evaluación se logró observar en la Figura 5 que la altura de las plantas tuvo un crecimiento paulatino y un poco lento durante los meses secos de abril a octubre. En la Tabla 4, se muestran las medias totales de todos los meses en estudio en que no existieron diferencias significativas en las variables de altura de planta, diámetro del tallo, y el índice de SPAD de clorofila, únicamente en el número de ramas se muestran diferencias significativas ($=0,0001$) con mayor número en T6 siendo diferente de T3, T4 y T5.

La mayor altura fue observada en la variedad 5 (T5) y la menor en el híbrido 2 (T2) con un rango total de 241 cm a 221 cm respectivamente. El diámetro tuvo un crecimiento ascendente (Figura 6), la variedad 5 (T5) presentó el mayor diámetro seguido del híbrido 3 y 4 (T3 y T4) (Tabla 4), De Moraes *et al.* (2017), explican que para seleccionar los genotipos más divergentes y superiores de *J. curcas* que servirán para componer futuros programas de mejoramiento, es necesario escoger aquellos cuyo diámetro del tallo sea mayor y la altura de la planta menor, ya que al ser la cosecha una actividad que se realiza de forma manual, un material demasiado alto puede generar

dificultades, además, los genotipos con árboles muy altos tienden a presentar menor productividad y bajo contenido de aceite, lo que resultaría contraproducente para la comercialización, esta afirmación se corrobora con lo publicado por Das *et al.* (2010), quienes indican que el genotipo Chatrapati posee un desempeño bajo para la altura pero alto en otros caracteres agronómicos. De igual manera De Moraes *et al.* (2017), durante su investigación identificaron como mejor grupo de genotipos de *J. curcas* a aquellos que presentaron baja altura de la planta, valores más altos de peso de semilla, ancho, largo y peso del fruto y alto contenido de aceite.

La producción de ramas secundarias y primarias a lo largo del periodo de evaluación se observan en la Figura 7, y muestra que el material que produjo la mayor cantidad de ramas fue el híbrido 3 (T3) seguido del híbrido 4 (T4), obteniendo 23 y 22 ramas respectivamente (Tabla 4). Das *et al.* (2010), explican que los racimos de flores y frutos por planta tienen efectos directos y elevados sobre el rendimiento, puesto que el número de ramas por planta, la proporción de flores femeninas a masculinas y el número de días desde la fructificación hasta la madurez tienen un efecto directamente positivo en el rendimiento de la semilla. De Moraes *et al.* (2017), confirman que existe una correlación positiva entre la altura de la planta, el número de ramas y el carácter productivo.

Das *et al.* (2010), han demostrado que las características agronómicas altura de la planta, diámetro del cuello, ramas primarias y secundarias/planta, ramas florales y racimos/planta, flores femeninas/racimo, frutos/racimo y frutos/planta, tienen una fuerte asociación positiva entre ellos, indicando que algunos genes que controlan estos caracteres podrían estar estrechamente vinculados o pueden tener efectos pleiotrópicos.

La Figura 6 muestra las diferencias existentes entre las variedades y los híbridos foráneos en el diámetro del tallo, incrementándose estos valores al transcurrir el tiempo. En la Tabla 4, en las medias totales en esta variable no existieron diferencias

significativas, sin embargo, se destacó en diámetro la variedad 5 (T5) y menor diámetro la variedad 6 (T6).

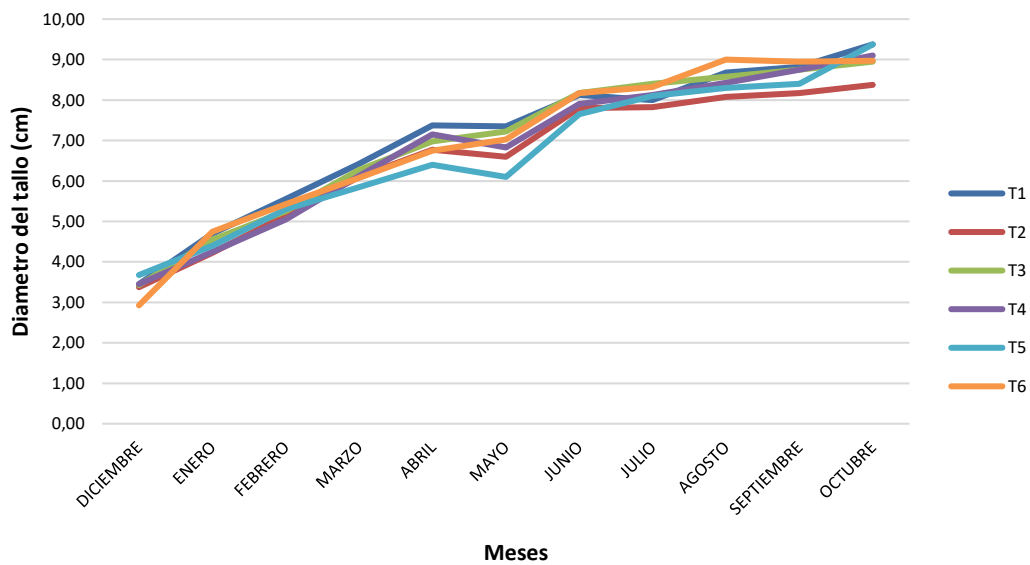


Figura 6. Diámetro en centímetros del tallo de los híbridos foráneos y variedades de piñón durante el periodo 2020 – 2021.

En la Figura 7 se observa la producción de ramas durante los 11 meses de evaluación en cada material genético. Analizando la Tabla 4, mayor número de ramas se encontró en el híbrido 3 (T3) diferenciándose de T1, T2 y T6.

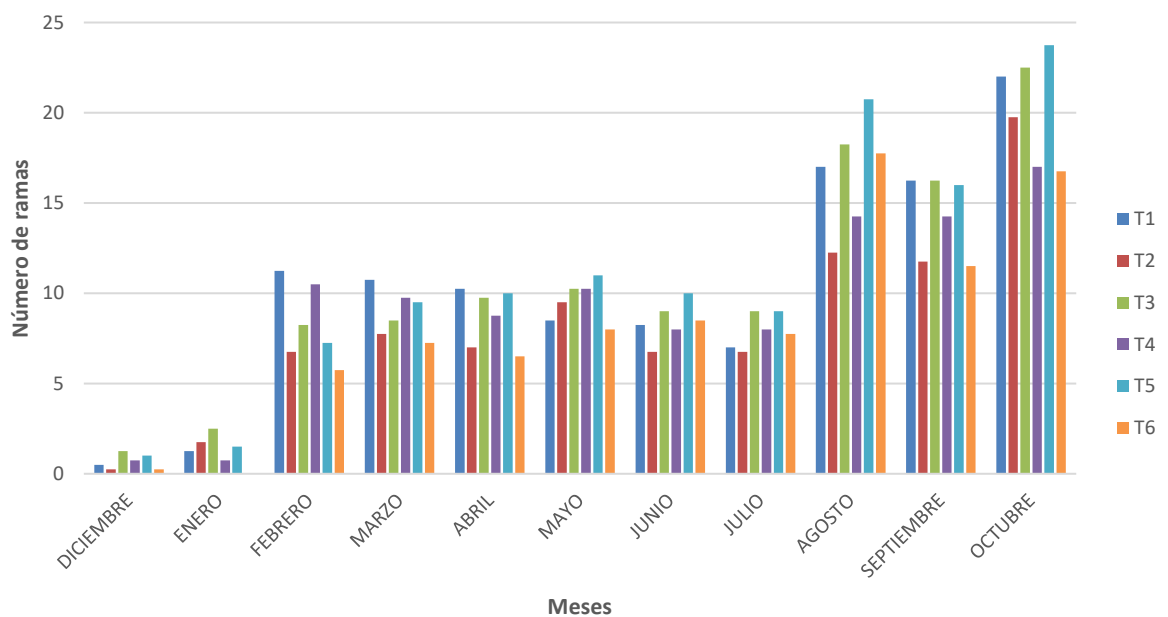


Figura 7. Número de ramas desarrolladas en los híbridos foráneos y variedades piñón durante el periodo 2020 – 2021.

Tabla 4. Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas en híbridos foráneos y variedades de *J. curcas* al término del periodo de evaluación (11 meses).

Tratamientos	Altura (cm).	Diámetro del tallo (cm).	Nro. de ramas.	Índice SPAD de clorofila.
T1	228,97 a	8,86 a	19 ab	59,37 a
T2	220,69 a	8,75 a	19 ab	48,42 a
T3	238,56 a	8,96 a	23 a	54,01 a
T4	220,38 a	8,95 a	22 a	47,63 a
T5	240,75 a	9,08 a	21 a	51,60 a
T6	223,72 a	8,54 a	16 b	53,78 a
CV	16,05	14,82	30,33	32,89
<i>p</i>	0,0962	0,6428	0,0001	0,0831

Coefficiente de Variación (CV). Probabilidad estadística (P). Medias con letras en común no difieren estadísticamente con el test de Tukey 5%.

En la Tabla 5 se muestran diferentes variables para el comportamiento agronómico e industrial en los híbridos foráneos y variedades de *J. curcas* al término del periodo de evaluación (11 meses). En las variables de días a la floración, número de inflorescencias, número de frutos y porcentaje de aceite no se encontraron diferencias significativas.

Analizando los días de inicio a la cosecha los tratamientos T5 y T6 demostraron ser más precoces. En cuanto al rendimiento fue encontrado que los tratamientos T3, T4 y T1 tuvieron mayores resultados que T5 y T6. En el peso de campo (frutos secos con cáscara) y en el peso de semillas T3, T1 y T4 fueron los tratamientos más destacados siendo diferentes de T5 y T6. Ya en el peso de 100 semillas T2 y T4 demostraron tener más peso diferenciándose de T6.

En estudio de diversidad genética presentado por Chakrabarty *et al.* (2019), manifiestan que el número total de inflorescencias, número de frutos por inflorescencias, peso de frutos maduros y secos por inflorescencias y peso de semillas secas por inflorescencias de *J. curcas* están altamente correlacionados con el rendimiento de semillas por planta, de igual manera explican que durante su estudio el rendimiento de semillas y peso de las mismas estaban significativamente correlacionadas con el número total de inflorescencias. Información que se corresponde con los resultados mostrados en la Tabla 5, debido a que al ser las variedades las que presentaron el menor número de inflorescencias, el peso y rendimiento de las semillas fue menor, contrastando con los datos obtenidos de los híbridos, en especial el T3 que sobresalió en cada variable y por ende obtuvo el mayor rendimiento., Herman *et al.* (2007), explican que los factores que

intervienen en los niveles de producción son la altitud y la precipitación anual, este último es esencial al momento de la siembra y el nivel óptimo para el correcto crecimiento de las plantas de *J. curcas* es alrededor de 300 - 1000 mm / año.

En el peso seco de 100 semillas Chakrabarty *et al.* (2019) manifestaron que en los genotipos el rango para el peso seco de 100 semillas es de 46,33 – 60,72 g, mientras que el peso fresco oscila entre 82,02 – 121,26 g. Resultados similares encontraron Zainudin *et al.* (2020), con el peso seco de 100 semillas cuyos valores oscilaron en un rango de 64,6 – 70,4 g, y explican que las alteraciones que ocurren en las plantas se debe a la interacción entre el genotipo de la planta y el ambiente, es por ello que para elegir el genotipo adecuado para los diferentes ambientes es necesario comparar el rendimiento promedio y la producción de semillas por planta en cada localidad para obtener el potencial y las tendencias de la producción de semillas de un año a otro como base para seleccionar el mejor genotipo.

Das *et al.* (2010), indican que el genotipo ideal para lograr un alto rendimiento en *J. curcas* es aquel que posee mayor cantidad de racimos de flores/planta y frutos por planta y valor moderado a alto de semillas/fruto y peso de 100 semillas.

Los porcentajes de extracción de aceite de *J. curcas* obtenidos en la presente investigación concuerdan con los presentados por Espinal (2012), quien obtuvo el 29% de aceite en la variedad Cabo Verde, resultado similar al extraído en el híbrido 4 (T4). Kaushik *et al.* (2007), indicaron que de acuerdo con las diferentes accesiones de *J. curcas* el porcentaje de aceite varía de 28% a 38,8%, de igual manera Divakara *et al.* (2010), confirman que el rango de aceite obtenido durante su investigación fue de 27- 38%.

Tabla 5. Comportamiento agronómico e industrial en los híbridos foráneos y variedades de *J. curcas* al término del periodo de evaluación (11 meses).

Tratamientos	Días de floración	Días inicio cosecha	No. Inflorescencia.	No. Frutos	Rendimiento t/ha	Peso de campo g	Peso semilla g	Porcentaje de aceite	Peso de 100 semillas g
T1	181 a	214 a	307 a	707 a	0,45 a	4577,85 a	2905,38 a	32,58 a	81,05 ab
T2	181 a	218 a	308 a	918 a	0,32 ab	3200,23 ab	2040,08 ab	33,37 a	83,33 a
T3	167 a	220 a	314 a	1079 a	0,48 a	4690,50 a	3065,08 a	34,55 a	81,63 ab
T4	167 a	220 a	321 a	1060 a	0,46 a	4551,33 a	2953,25 a	29,45 a	83,48 a
T5	189 a	264 b	241 a	971 a	0,16 b	1551,30 b	1004,75 b	34,38 a	81,90 ab
T6	189 a	268 b	208 a	810 a	0,14 b	1348,85 b	880,35 b	32,23 a	78,50 b
CV	7,23	2,72	21,93	45,46	25,98	26,17	26,31	9,75	2,41
p	0,0853	<0,0001	0,0914	0,7896	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2814	0,0247

Coefficiente de Variación (CV). Probabilidad estadística (P). Medias con letras en común no difieren estadísticamente con el test de Tukey 5%.

Evaluación de artropofauna fitófaga

Durante los 5 meses de evaluación se identificaron diversos artrópodos fitófagos, sin embargo, en la especie *Pachycoris* sp. se observó mayor presencia de individuos en los distintos tratamientos evaluados. La Figura 8 muestra la dinámica poblacional de la especie durante el periodo de evaluación, siendo así que durante el mes de junio en el híbrido 3 (T3) se observa un incremento máximo de 223 individuos, superando a los tratamientos restantes en los diferentes meses.

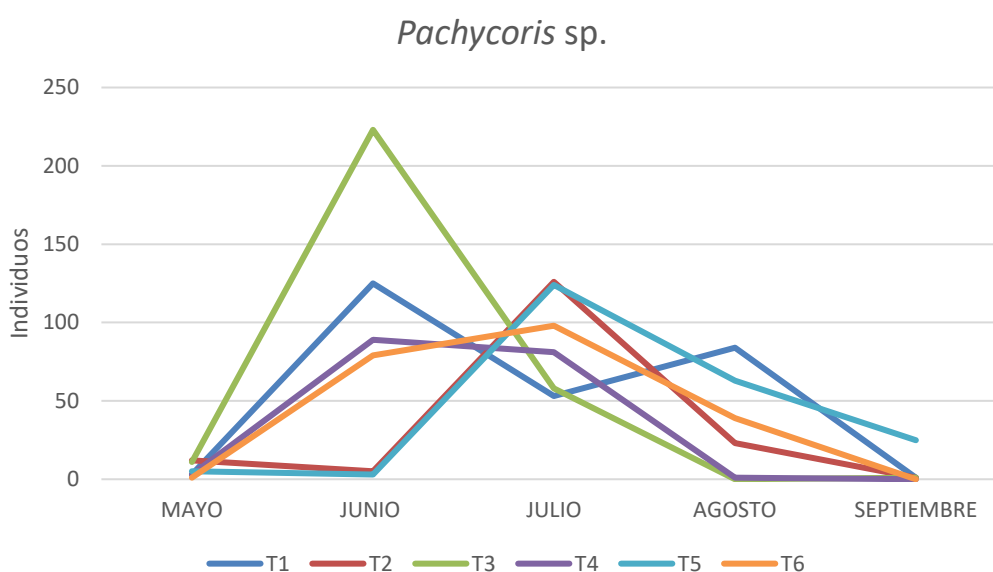


Figura 8. Fluctuación poblacional de *Pachycoris* sp. en los materiales promisorios.

Individuos de la familia Çicadellidae estuvieron presentes en cada material promisorio durante los 5 meses de evaluación, la Figura 9 presenta su fluctuación poblacional donde se observa un despunte con un máximo de 43 individuos durante el mes de julio en el tratamiento del híbrido 3 (T3).

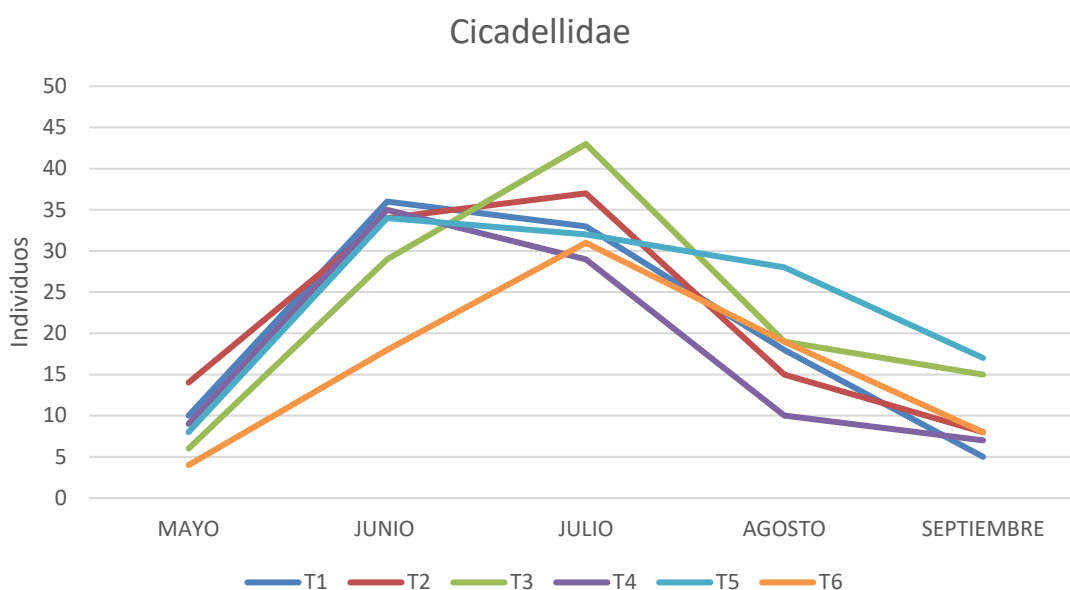


Figura 9. Fluctuación poblacional de la familia Cicadellidae en los materiales promisorios.

Estos resultados son respaldados por Cañarte *et al.* (2017), mediante el estudio de artopofauna asociado al cultivo de *J. curcas* en Manabí identificaron la especie *Pachycoris* sp. como un fitófago que afecta al fruto y a la familia Cicadellidae como fitófago que se alimenta de las hojas, ambas pertenecientes al orden hemíptera. Los mismos autores especifican que este orden inicia su incremento poblacional a partir de mayo, coincidiendo con el decrecimiento de las lluvias, alcanzando dos picos poblacionales en los meses secos de septiembre y noviembre, después de este tiempo sus poblaciones decrecen.

Las escamas fitófagas son consideradas una plaga común en *J. curcas* y durante esta investigación se hicieron presentes en cada tratamiento. La Figura 10 muestra su fluctuación poblacional durante el periodo de evaluación, de tal manera que en el tratamiento del híbrido 4 (T4) durante el mes de agosto existió una incidencia del 100%, ya que en todas las plantas evaluadas se observó la presencia de estas escamas.

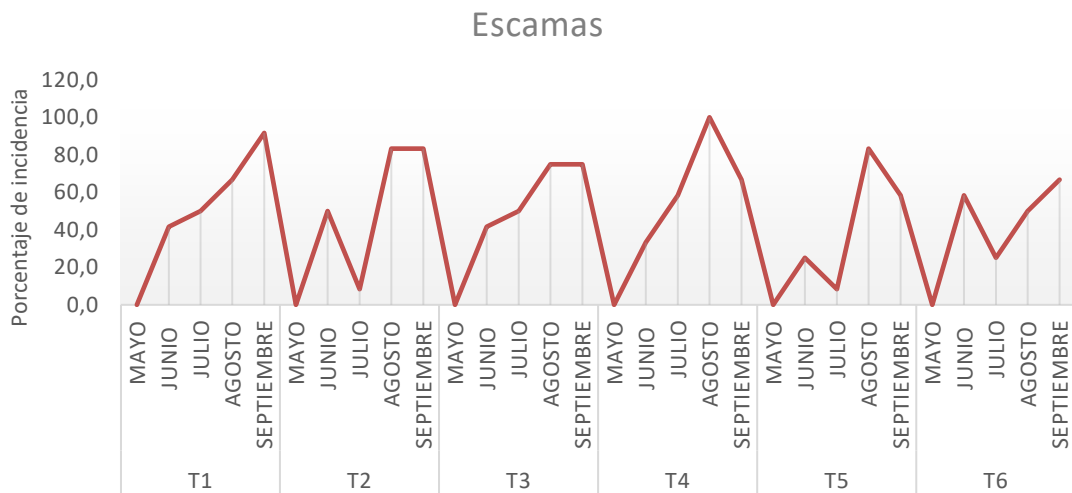


Figura 10. Fluctuación poblacional de escamas en los materiales promisorios.

Los resultados presentados concuerdan con los expuestos por Bonilla y Luiscoed (2013), quienes manifiestan que en Perú es común encontrar escamas que atacan las hojas de *J. curcas*. Mohan y Priya (2021), reafirman que las infestaciones por escamas en este cultivo son frecuentes, además causan costras blancas en las hojas y peciolos provocando que las plantas presenten un moho negro. Así mismo, reportan que, en India; en los Estados de Tamil Nadu y Andhra Pradesh, se han observado máximas incidencias de este artrópodo durante el periodo de febrero a agosto y con el pico de infestación en octubre y noviembre, catalogándola como una plaga grave para *J. curcas*.

El ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) es considerado una de las plagas más importantes en el cultivo de *J. curcas*., En esta investigación se constató su incidencia en cada uno de los tratamientos durante los meses de evaluación, no obstante, la Figura 11 muestra la mayor presencia en el tratamiento del híbrido 3 (T3) durante el mes seco de mayo, con una incidencia del 75%.

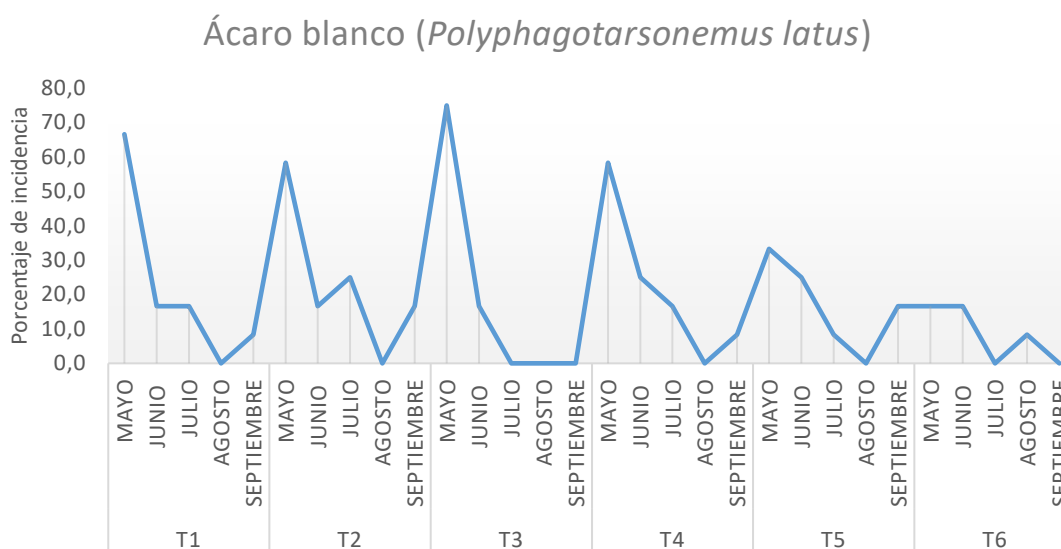


Figura 11. Fluctuación poblacional de ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) en los materiales promisorios.

Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Cañarte *et al.* (2017), donde explican que este ácaro es el fitófago de mayor importancia y se encuentra presente en todas las épocas, no obstante, sus poblaciones incrementan a partir de abril y alcanzan picos poblacionales de hasta 205 individuos en los meses secos de junio y julio, luego decrece paulatinamente hasta llegar a noviembre donde solo se llegaron a observar hasta 3 individuos. Este reporte coincide con los resultados presentados, ya que es durante la época seca del mes de mayo donde se observaron las mayores incidencias en todos los tratamientos.

Evaluación de artropofauna benéfica

La Figura 12 muestra que durante el periodo de evaluación se identificaron diversos grupos de insectos benéficos, los cuales estuvieron presentes en cada material promisorio. Los artrópodos que destacaron por su alta presencia de individuos fueron las arañas depredadoras e insectos de las familias Coccinellidae, Tachinidae, Reduviidae (*Zelus spp.*) y Chrysopidae, presentando poblaciones elevadas en los híbridos 1(T1) ,4 (T4) y la variedad 5 (T5) durante el mes seco de julio, estas presencias no se igualaron a las encontradas en los artrópodos fitófagos.

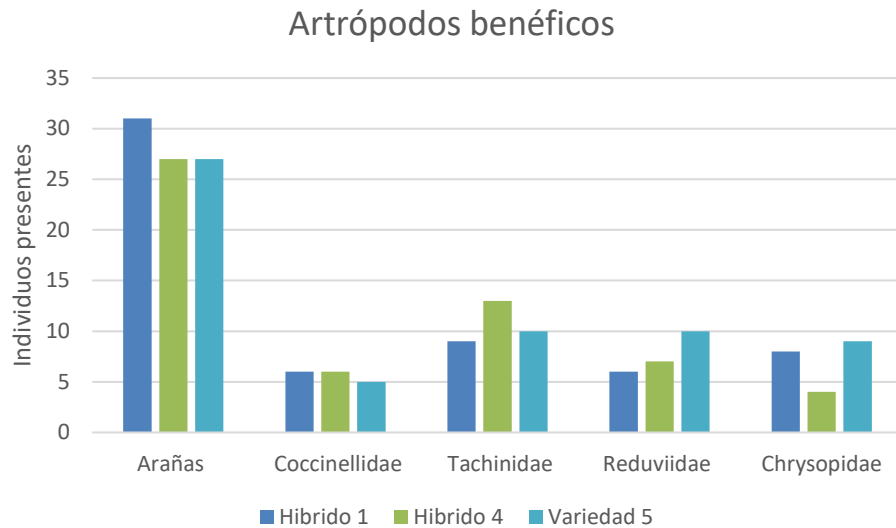


Figura 12. Artrópodos benéficos presentes en el ensayo de piñón durante el periodo de evaluación (5 meses).

Los resultados presentados anteriormente muestran similitud con los encontrados por Cañarte *et al.* (2017), quienes manifiestan que la población de artrópodos benéficos es considerablemente menor en comparación con los insectos fitófagos, solo el 14% pertenecían al grupo de artrópodos benéficos, mientras que el 86% eran fitófagos. Las arañas predadoras fue el grupo de artrópodos benéficos que mayor número de individuos presentó durante la investigación, Alonzo y Lezcano (2014), indican que existen 13 especies de arañas predadoras asociadas al cultivo *J. curcas*.

6. Conclusiones

De los materiales en estudio, los híbridos foráneos de origen Indio respondieron favorablemente a las condiciones ambientales de la Parroquia Lodana, observando promedios de producción más altos que las variedades locales, destacándose en especial el Híbrido JAT 001164, por mayor número de frutos, rendimiento y porcentaje de aceite.

La incidencia de artrópodos fue evidente en los seis tratamientos durante los 5 meses de evaluación, en especial durante los meses secos de mayo a agosto, donde inicia el pico poblacional de los artrópodos fitófagos. Los híbridos JAT 001164 y JAT 001165 presentaron mayor presencia de escamas, ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*), *Pachycoris* sp e insectos de la familia Cicadelliadae. Por otro lado, existieron menores poblaciones de artrópodos benéficos con mayor cantidad de individuos en los híbridos JAT 001100, JAT 001165 y la variedad CP-041.

7. Recomendaciones

Se recomienda continuar con las evaluaciones periódicas para poder llevar un seguimiento completo del comportamiento de los híbridos foráneos, ya que el piñón al ser un cultivo de ciclo perenne demuestra su verdadero potencial productivo a partir del segundo año donde se empieza a observar la estabilidad en el rendimiento.

Al ser un estudio de evaluación de adaptabilidad es recomendable no aplicar riego ni utilizar métodos de control químico o ningún otro para eliminar las plagas identificadas, puesto que, se quiere observar es el comportamiento y resistencia de las plantas frente a las condiciones más extremas que presente la localidad.

8. Referencias bibliográficas

1. Abdennour, S., Houcine, B., Rhouma, S., Sahbi, F., y Tahar, S. (2019). Stability and adaptability concepts of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the northwest of Tunisia. *Biologia futura*, 70(3), 240-250.
2. Abou Kheira, A. A., y Atta, N. M. (2009). Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. *Biomass and bioenergy*, 33(10), 1343-1350.
3. Alfonso, J., Melgar, J., Flores, M., Reyes, P., y Cáceres, C. (2008). Manual para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras. Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). <https://silo.tips/download/manual-para-el-cultivo-de-pion-jatropha-curcas-en-honduras>
4. Alonso, O., y Lezcano, J. C. (2014). Arthropods associated to *Jatropha curcas* Linnaeus. Functions and strategy for their management. *Pastos y Forrajes*, 37(1), 3-16.
5. Andrade, D. S., Gavilanes, F. Z., Silva, H. R., Henrique Leite Castro, G., y Telles, T. S. (2020). Sustainable bioenergy production. *Recent Developments in Bioenergy Research*, 363-391.
6. Araiza, N., Alcaraz, L., Angulo, M., Reynoso, T., Cruz, P., Ortega, M., y Valdez, D. (2016). Caracterización y distribución de germoplasma silvestre de *Jatropha curcas* L. (*Euphorbiaceae*) en el noroeste de México. *Polibotánica*, 42, 137-152.
7. Baran Jha, T., Mukherjee, P., y Datta, M. (2007). Somatic embryogenesis in *Jatropha curcas* Linn., an important biofuel plant. *Plant Biotechnology Reports*, 1(3), 135-140.
8. Bogaert, L., Mathieu, H., Mhemdi, H., & Vorobiev, E. (2018). Characterization of oilseeds mechanical expression in an instrumented pilot screw press. *Industrial crops and products*, 121, 106-113.
9. Bonilla, S. y Luiscoed, J. (2013). *Jatropha curcas* L. alternativa bioenergética en México (No. 633.850972 J3).
10. Cañarte, E., Valarezo, O., y Navarrete, J. (2017). Estudio de la artropofauna asociada a piñón (*Jatropha curcas*) en Manabí, Ecuador.

11. Carels, N. (2009). *Jatropha curcas*: a review. *Advances in botanical research*, 50, 39-86.
12. Carvajal, A. F., Véliz, J. A., y Buiza, J. I. (2006). Efecto de la deficiencia de macronutrientes en el desarrollo vegetativo de *Aloe vera*. *Interciencia*, 31(2), 116-122.
13. Castillo, Á., y Ligarreto, G. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 122-128.
14. Chakrabarty, S., Islam, A. A., Sultana, N., & Chakraborty, P. (2022). Genetic diversity of *Jatropha curcas* L. genotypes: a potential biofuel crop in Bangladesh. *Biofuels*, 13(2), 161-169.
15. Costa, G., Cardoso, K., Del Bem, L., Lima, A, Cunha, M., de Campos-Leite, L., y Da Silva, M. (2010). Transcriptome analysis of the oil-rich seed of the bioenergy crop *Jatropha curcas* L. *BMC genomics*, 11(1), 1-9.
16. Das, S., Misra, R. C., Mahapatra, A. K., Gantayat, B. P., y Pattnaik, R. K. (2010). Genetic variability, character association and path analysis in *Jatropha curcas*. *World Applied Sciences Journal*, 8(11), 1304-1308.
17. De Moraes, A., da Silva, F., Corrêa, A., Di Mauro, A., y Unêda Trevisoli, S. (2017). Phenotypic diversity in physic nut (*Jatropha curcas* L.) *in vivo* germplasm bank for superior parent selection. *African Journal of Biotechnology*, 16(17), 953-961.
18. Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. InfoStat versión 2020 [Internet]. *Centro de Transferencia InfoStat*, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. URL: <http://www.infostat.com.ar>
19. Dias, L., Missio, R., y Dias, D. (2012). Review Antiquity, botany, origin and domestication of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae), a plant species with potential for biodiesel production. *Genetics and Molecular Research*, 11(3), 2719–2728.
20. Díaz, B., Argollo, D., Franco, M., Nucci, S., Siqueira, W., Laat, D., y Colombo, C. (2017). High genetic diversity of *Jatropha curcas* assessed by ISSR. *Genetics and Molecular Research*, 16 (2).
21. Divakara, B, Upadhyaya, H, Wani, S y Gowda, C. (2010). Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Applied Energy*, 87(3), 732-742.
22. Espinal, Á. (2012). *Composición de la semilla y evaluación de la calidad del aceite y torta desgrasada de tres variedades de piñón (Jatropha curcas)*. [Tesis

- de grado, Zamorano]. Repositorio Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/items/a9569c32-d63f-43d8-b80f-a45947527d6a>.
23. Fehr, W., Fehr, E., y Jessen, H. (1987). *Principles of cultivar development, I*. New York: Macmillan.
 24. García, F. (2015). *Características morfológicas y productivas de accesos de Jatropha curcas L.* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/3395>.
 25. Heller, J., (1996). *Physic Nut, Jatropha Curcas L.* International Plant Genetic Resources Institute.
 26. Herman, M., Pranowo, D., y Hasibuan, A. M. (2007). Pola tanam berbasis jarak pagar. Prosiding Lokakarya II. Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar *Jatropha curcas L.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. Hal, 66-71.
 27. Herrera, J. M., Ayala, A. L. M., Makkar, H., Francis, G., y Becker, K. (2010). Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas L.* from Mexico. *European Journal of Scientific Research*, 39(3), 396-407.
 28. Hisano, H., Flora, M. A. L. Della, Pilecco, J. L., y Mendonça, S. (2015). Apparent digestibility of nutrients, energy, and amino acid of nontoxic and detoxified physic nut cakes for Nile tilapia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 849–853.
 29. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2018). *Representación en Ecuador Convenio BID-FOMIN-MEER-IICA Proyecto Piñón*. Recuperado de. <http://ecuadordesarrollo.com/wp-content/uploads/2018/07/T%C3%A9rminos-Referencia-Promotor-Agr%C3%ADcola-Social-Pi%C3%B1on-julio2018.pdf>
 30. Insanu, M., Dimaki, C., Wilkins, R., Brooker, J., van der Linde, P., y Kayser, O. (2013). Rational use of *Jatropha curcas L.* in food and medicine: from toxicity problems to safe applications. *Phytochemistry Reviews*, 12(1), 107–119.
 31. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2008) *Proyecto Producción local de aceite de piñón procedente de cercas vivas para ser utilizado en un plan piloto de generación eléctrica en la isla Floreana, Quito, Ecuador.*

32. Kaushik, N., Kumar, K., Kumar, S., Kaushik, N., y Roy, S. (2007). Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass and Bioenergy*, 31(7), 497-502.
33. Kavalek, M., Havrland, B., Ivanova, T., Hutla, P., y Skopec, P. (2013). Utilization of *Jatropha curcas* L. seed cake for production of solid biofuels. *Engineering for Rural Develop*, 23, 536–540.
34. King, A., He, W., Cuevas, J. A., Freudenberger, M., Ramiarmanana, D., y Graham, I. A. (2009). Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. *Journal of experimental botany*, 60(10), 2897-2905.
35. Koh, M., y Ghazi, T. (2011). A review of biodiesel production from *Jatropha curcas* L. oil. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(5), 2240-2251.
36. Kumar, A., y Tewari, S. K. (2015). Origin, distribution, ethnobotany and pharmacology of *Jatropha curcas*. *Research Journal of Medicinal Plant*, 9(2), 48-59.
37. Kumar, A., y Sharma, S. (2008). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Industrial crops and products*, 28(1), 1-10.
38. Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., y Mroginski, L. (2010). *Hibridación Somática*. En *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II* (pp. 197–210). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/BiotecnologiayMejoramientovegetalII.pdf>
39. Machado, R. (2011). Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y forrajes*, 34(3), 267-279.
40. Maes, W. H. A., Trabucco, A., Achten, W. M., y Muys, B. (2009). Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. *Biomass and bioenergy*, 33(10), 1481-1485.
41. Marrone Del Cid, J. A., y Bueso, F. J. (2009). *Efecto de las deficiencias nutricionales en el cultivo de piñon (Jatropha curcas)*. [Tesis de grado, Zamorano]. Repositorio Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/items/fe113954-a701-48ee-b966-5dddc2adde8b>
42. Martínez, H. (2011). *Establecimiento y caracterización del proceso de embriogénesis somática en Jatropha curcas*. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán.

43. Mejía, M., Mendoza, H., López, J., Cedeño, L., y Ponce, W. (2015). *Rendimiento inicial de líneas de piñón (Jatropha curcas L.) bajo dos métodos de siembra*. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
44. Mohan, C., y Priya, S. (2021). Insect Pests of *Jatropha curcas* and Their Management. *Biotica Research Today*, 3(11), 1055-1058.
45. Mohit, S. M., Chandrashekhar, B., Tanushree, C., y Kanwal, S. (2011). Production of bio-ethanol from *Jatropha* oilseed cakes via dilute acid hydrolysis and fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Biotechnology Applications*, 3(1), 41-47.
46. Mukta, N., Murthy, I., y Sripal, P. (2009). Variability assessment in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre germplasm for biodiesel traits. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3), 536-540.
47. Ruiz, C. M. (2012). Obtención de un híbrido de frijol arbustivo para una cosecha mecanizada. *Tecnología en Marcha*, 25(2), 21-31.
48. Parawira, W. (2010). Biodiesel production from *Jatropha curcas*: A review. *Scientific Research and Essays*, 5(14), 1796-1808.
49. Pérez, J. Á. S., García, A. A. D., de Oca López, S. M., del Valle Atala, Y., y Pavón, S. G. (2007). Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* L en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de Guantánamo. *Tecnología Química*, 27(2), 76-82.
50. Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos*. ORSTOM y Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.
51. Prasad, D. M. R., Izam, A., y Khan, M. M. R. (2012). *Jatropha curcas*: Plant of medical benefits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(14), 2691–2699.
52. Raheman, H., y Mondal, S. (2012). Biogas production potential of jatropha seed cake. *Biomass and bioenergy*, 37, 25-30.
53. Saadaoui, E., Martín, J. J., Bouazizi, R., Ben Romdhane, C., Grira, M., Abdelkabir, S., y Cervantes, E. (2015). Phenotypic variability and seed yield of *Jatropha curcas* L. Introducen to Tunisia. *Acta botánica mexicana*, 110, 119-134.
54. Saetae, D., Kleekayai, T., Jayasena, V., y Suntornsuk, W. (2011). Functional properties of protein isolate obtained from physic nut (*Jatropha curcas* L.) seed cake. *Food Science and Biotechnology*, 20(1), 29–37.

55. Sombie, P., Sama, H., Sidibé, H., Kiendrébéogo, M., Agricoles, O., y Faso, B. (2019). Effect of Organic (*Jatropha Cake*) and NPK Fertilizers on Improving Biochemical Components and Antioxidant Properties of Five Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Genotypes. *Journal of Agricultural Science*, 11(10), 48–62.
56. Soontornchainaksaeng, P., y Jenjittikul, T. (2003). Karyology of *Jatropha* (Euphorbiaceae) in Thailand. *Thai Forest Bulletin (Botany)*, 31, 105-112.
57. Srinophakun, P., Titapiwatanakun, B., Sooksathan, I., y Punsuvon, V. (2012). Prospect of deoiled *Jatropha curcas* seedcake as fertilizer for vegetables crops-a case study. *Journal of Agricultural Science*, 4(3), 211.
58. Toral, O., Iglesias, J., Montes de Oca, S., Sotolongo, J., García, S., y Torsti, M. (2008). *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 31 (3), 191-207. ISSN: 0864-0394. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119697001>
59. Torres, J. (2013). *Evaluación Agronómica del Banco de Germoplasma de Piñón (Jatropha curcas L.) de la Granja Ernesto Molestina, en la Parroquia Luz De América, Provincia De Santo Domingo De Los Tsáchilas, al tercer año de establecimiento*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército]. Repositorio Dspace. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6822>
60. Traore, M., Nacro, H., Tabo, R., Nikiema, A., y Ousmane, H. (2012). Potential for agronomical enhancement of millet yield via *Jatropha curcas* oilcake fertilizer amendment using placed application technique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2), 808–819.
61. Vallejo, F., y Estrada, E. (2002). *Mejoramiento Genético de Plantas* (1.a ed.). Universidad Nacional de Colombia.
62. Villalta, M. (2009). Estudio descriptivo del comportamiento del piñón (*Jatropha curcas* L.) en el departamento de Yoro, Honduras. [Tesis de grado, Zamorano]. Repositorio Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/items/06b80a61-41a3-4a02-b44e-b60d5ce4c0af>.
63. Warra, A. A. (2012). Cosmetic potentials of physic nut (*Jatropha curcas* Linn.) seed oil: A review. *American journal of scientific and industrial research*, 3(6), 358-366.
64. Zainudin, A., Ikhwan, A., Winaya, A., Purnama, A., y Sudarmo, H. (2020). The

potential of physic nut (*Jatropha curcas* Linn.) hybrid plant as a source of biodiesel at different planting location for dry land utilization. *Energy Reports*, 6, 921-926.

65. Gavilanes, F. Z., Andrade, D. S., Figueiredo, A., Cedeño-García, G., Zucareli, C., y Fátima Guimarães, M. D. (2020). Effect of Physic Nut Seed Cake on Common Bean Development and Clay Dispersion of Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(3).

Anexos

Anexo 1



Establecimiento del ensayo en el campus experimental de la Facultad de Ingeniería Agronómica, la Teodomira.

Anexo 2



Fase de vivero y trasplante al campo de las plántulas de piñón.

Anexo 3



Sistema de riego por goteo instalado en el ensayo y control mecánico de las malezas.

Anexo 4



Fertilización y cosecha del cultivo de piñón.

Anexo 5



Evaluación de plagas.

Anexo 6



Medición del índice de SPAD de clorofila.

Anexo 7



Evaluación de altura de la planta.

Anexo 8



Evaluación del diametro del tallo y número de ramas de la planta.

Anexo 9



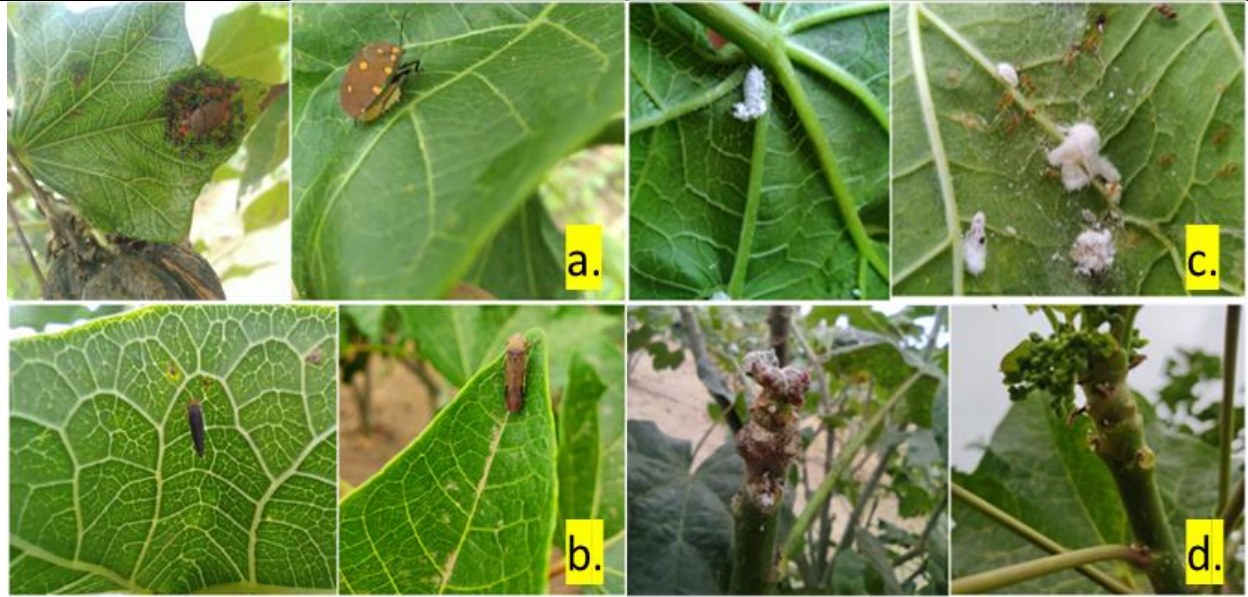
Descascarado y rendimiento de las semillas de piñón sin cascara.

Anexo 10



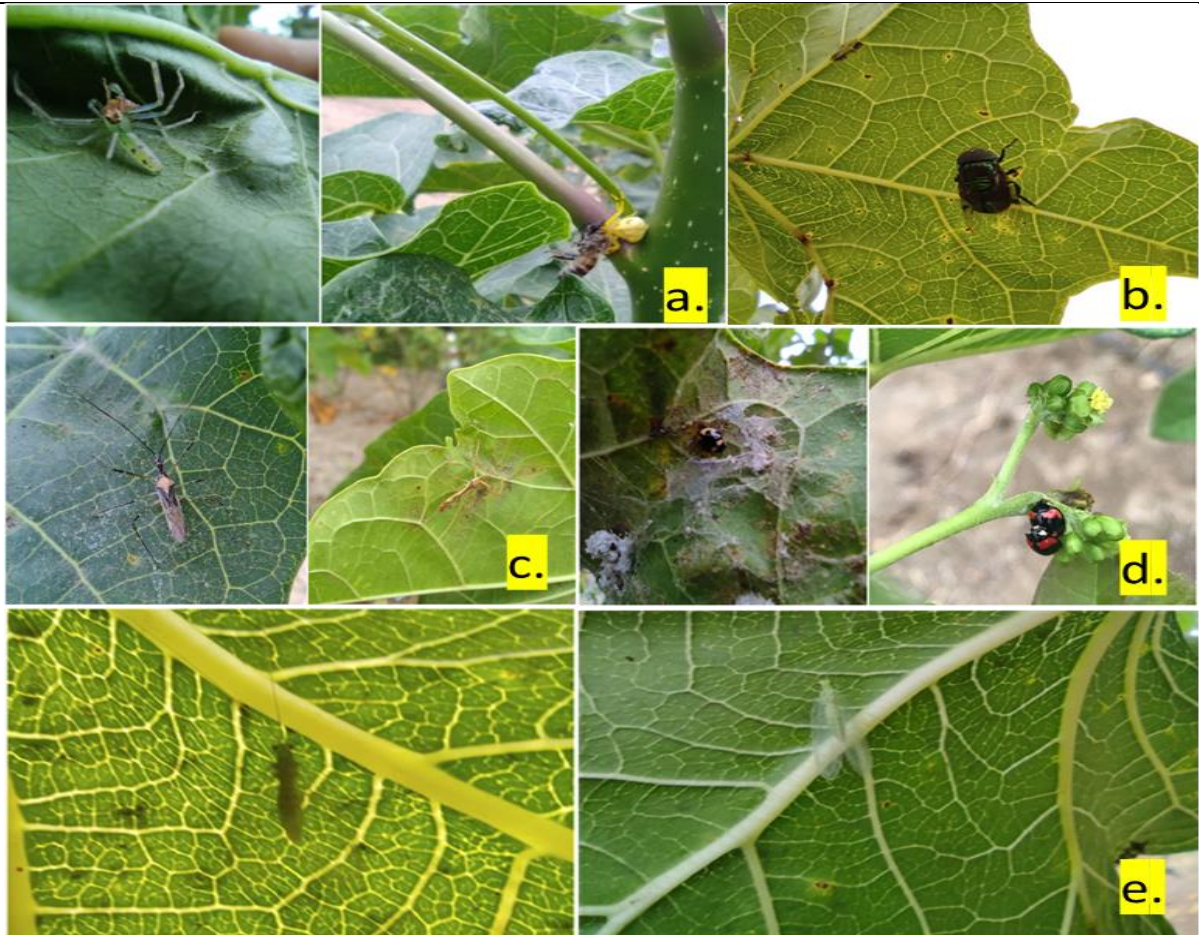
Extracción del aceite de piñón.

Anexo 11



Insectos fitófagos presentes en el cultivo: (a) *Pachycoris* sp ; (b) Cicadellidae; (c) Escamas ; (d) *Polyphagotarsonemus latus*.

Anexo 12



Insectos benéficos presentes en el cultivo: (a) arañas depredadoras; (b) Tachinidae; (c) Reduviidae; (d) Coccinellidae; (e) Chrysopidae.