

# Collection, establishment and characterization of castor bean (*Ricinus communis* L.) in the central-northern plateau of Mexico

## Recolecta, establecimiento y caracterización de semilla de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el altiplano centro-norte de México

García-Herrera, E. Javier<sup>1</sup>; Cedillo-Martínez, Isaías<sup>1</sup>; Gómez-González, Adrián<sup>1</sup>; Hernández-Ríos, Ismael<sup>1\*</sup>; Amante-Orozco, Alejandro<sup>1</sup>; Rössel-Kipping, E. Dietmar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

\*Autor de correspondencia: ismaelhr@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate growth, development, yield and characterization of the seed produced by 20 seed collections of castor bean gathered from Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí and Zacatecas, Mexico.

**Design/methodology/approach:** Seed collected in each site was extracted and cleaned; then, the average size and weight were measured, and color was determined. Seeds were sown in bags, registering the days to emergence; when seedlings reached a 15-cm average height, they were transplanted to a plot in the community of Diego Martín, municipality of Salinas, San Luis Potosí, Mexico.

**Results:** The average number of clusters per plant was 26.8, and the average height of the plant was 2.95 m. Regarding the weight of 100 seeds, the average was 18.6 g, with a maximum value of 46.1 g for the seed collected at Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, which also presented the longest seed (15.7 mm). The most frequent background color of seed was gray, with dark brown spots on top. Concerning seedling emergence, the collected seeds called Francia Chica (100%) and Villa Hidalgo (94%) stood out.

**Limitations on study/implications:** Wild plants commonly present a wide genetic variability, which makes necessary long-term studies to get more stable seed lines.

**Findings/conclusions:** Seed collected in Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, excelled in some parameters such as size, weight and emergence.

**Keywords:** *Ricinus communis*, seed collection, seed characterization, bioenergy crops.



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el crecimiento, desarrollo y rendimiento de higuierilla, y caracterizar la semilla obtenida por 20 recolectas de higuierilla realizadas en los estados de Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se hizo una extracción y limpieza de la semilla de cada recolecta, de la que se midió tamaño y peso promedios y se determinó su color. Se prepararon macetas para producir plántulas, registrando los días a emergencia y al alcanzar en promedio 15 cm de altura se trasplantaron en una parcela en la comunidad de Diego Martín, municipio de Salinas, San Luis Potosí, México.

**Resultados:** El número promedio de racimos por planta fue 26.8 y la altura media de planta fue de 2.95 m. Con relación al peso de 100 semillas, el promedio fue de 18.6 g, con un valor máximo de 46.1 g para la recolecta de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, San Luis Potosí, la que también presentó la semilla de mayor longitud (15.7 mm). El color más frecuente (moda) de fondo de la semilla fue el gris, con manchas café oscuro encima. En emergencia de las plántulas sobresalieron las colectas denominadas Francia Chica (100%) y Villa Hidalgo (94%).

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Las plantas silvestres comúnmente presentan una amplia variabilidad genética, lo que hace necesarios los estudios a largo plazo para obtener líneas de semillas más estables.

**Hallazgos/conclusiones:** Semillas recolectadas en Salinas de Hidalgo, S. L. P, sobresalieron en algunos parámetros, como tamaño, peso y emergencia.

**Palabras clave:** *Ricinus communis*, recolección de semillas, caracterización de semillas, cultivos bioenergéticos.

do por todo el país, bajo diferentes climas y a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,400 m; lo que implica una gran diversidad genotípica, fenotípica y morfológica. Según esos mismos autores, la gran propagación alcanzada por esta especie se ha facilitado por la dehiscencia de sus frutos.

Para Delgado (2006), la especie puede ser manejada como un cultivo rústico, de poca inversión y rápido flujo de caja, con muy buenas proyecciones de comercialización como insumo básico de una cadena agroindustrial de la que se obtienen productos óleo-químicos y biocombustibles; además de otras posibilidades que la planta ofrece. Brasil y Colombia han desarrollado variedades con buen rendimiento de semilla, 1,400 y 1,000 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Samayoa, 2007). El aceite presenta características físico-químicas que lo hacen adecuado para la producción de biocombustibles y su contenido en las semillas depende de las condiciones de la plantación, manejo agronómico, precipitación y altitud (Martínez et al., 2012). De acuerdo con SAGARPA (2017), el rendimiento de semilla puede variar de 600 a 3,000 kg ha<sup>-1</sup>. Gómez et al. (2014) reportan en algunas variedades rendimientos que van de 0.8 a 2.8 ton ha<sup>-1</sup>. López et al. (2011) mencionan que parcelas con altas densidades arrojan rendimientos de 2 ton ha<sup>-1</sup> en el trópico húmedo y de 4 ton ha<sup>-1</sup> en el trópico seco; con un promedio de 47% de contenido de aceite.

Hoy en día, el aceite de higuierilla tiene una demanda creciente para su uso como biocombustible en la aviación y la industria automotriz, lo cual requiere de información técnica y científica sobre su hábitat y

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, factores relacionados con el cambio climático son de alta prioridad; particularmente aquellos inherentes a los combustibles fósiles, por los elevados índices de contaminación que se derivan de su amplio uso. Por otra parte, la discusión sobre el uso de estos combustibles también incluye su agotamiento paulatino. Bajo esta perspectiva, a nivel mundial se buscan nuevas alternativas de abastecimiento de energía, incluyendo la producción de biocombustibles a partir de aceites de origen vegetal, que han probado ser energéticamente tan eficientes como los combustibles fósiles. Al respecto, nuestro país cuenta con especies vegetales que pueden ser utilizadas en la producción de biocombustibles; entre ellas, la higuierilla (*Ricinus communis* L.), especie que reúne características que la hacen apropiada para este propósito, sin enfrentar el dilema de elegir entre su uso como biocombustible y su uso para fines alimenticios, como ocurre con otras especies.

La higuierilla es una planta de la familia Euphorbiaceae de la que, de acuerdo con Goytia et al. (2015), existen reportes que indican que fue traída a México por los conquistadores. También se menciona que la planta se ha estableci-



generación de variedades para su adopción como cultivo (Sholz y Da Silva, 2007; Sepúlveda, 2012). Al respecto, Milano y Barreto (2013) mencionan la necesidad de desarrollar plantas precoces y de porte bajo, productivas, con alto contenido de aceite en las semillas, con racimos largos y abundantes frutos que sean indehiscentes. En este sentido, Goytia et al. (2011), reportan que en Chiapas se hicieron 151 colectas con porcentajes de aceite de entre 50 y 54. Exponen que en 2008, a través de la Comisión de Bioenergéticos, se lograron reunir 362 colectas, que fueron caracteri-



**Figura 1.** Recolecta de semilla de higuierilla de diferentes materiales en diferentes sitios.

zadas a nivel laboratorio por color, forma, tamaño, peso de 100 semillas y contenido de aceite, observándose una gran diversidad entre los materiales recolectados. De éstos, se seleccionaron 20 genotipos con características tales como: numerosos racimos por planta, racimos grandes con numerosos frutos, alto contenido de aceite en la semilla, indehiscentes y semi-indehiscentes, de portes bajo y medio. También mencionan que a nivel morfológico ha sido posible observar una alta diversidad en cuanto a forma, tamaño, color y número de semillas.

Bajo esta perspectiva, la Universidad Autónoma Chapingo, con la colaboración del Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí (COLPOS-SLP), implementaron el proyecto "Mejoramiento Genético de la Higuierilla (*Ricinus communis* L.)", a través del cual se planteó obtener variedades de higuierilla con alto rendimiento de semilla y aceite, así como con características agrónomicas apropiadas para dar un manejo eficiente del cultivo, cosecha y beneficio. El proyecto se inició con la recolecta de semillas en diversos sitios para ser establecidas a manera de cultivo para la caracterización de las plantas y semillas producidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recolectas de semillas de higuierilla en cuatro estados del Centro-Norte del país: San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. Se trazaron las rutas exploratorias de posibles lugares de recolecta. Con las rutas trazadas, se realizó la recolecta de racimos de semillas, registrándose las coordenadas geográficas de cada sitio con un aparato GPS. También se tomaron fotografías del entorno de cada sitio y de hojas individuales, tallos, y de

racimos frescos y secos de las plantas muestreadas; adicionalmente, se hicieron mediciones de la altura de las plantas y del área de sombreado y se contabilizó el número de racimos por planta (Figura 1).

Para la extracción y limpieza de la semilla (Figura 2), los racimos recolectados se desgranaron manualmente en un costal; a las cápsulas que mantuvieron la semilla adentro se les restregó ligeramente con un pedazo de madera para sacar la semilla, evitando dañarla. La semilla que no se logró extraer de esa forma, se removió de la cápsula utilizando unas pinzas o una pequeña navaja, desprendiendo la semilla de



**Figura 2.** Extracción (desgrane) de semilla de las cápsulas del fruto de higuierilla del material recolectado.

la testa dura. Las semillas extraídas se secaron al aire libre y luego se guardaron en bolsas de papel etiquetadas con claves de identificación.

**Caracterización de la semilla.** En cada recolecta, utilizando un vernier se midió alto, ancho y grueso de la semilla en una muestra de 20 semillas. También se midió el peso promedio de semilla, pesando un lote de 100 semillas de cada recolecta. El color se determinó de manera visual.

Para la plantación, la germinación de semillas se realizó en bolsas de vivero conteniendo un sustrato a partes iguales de tezontle, composta y arena, colocando la semilla a 5 cm de profundidad (Figura 3). Se aplicaron diariamente un riego por la mañana y otro por la tarde.

El trasplante de las plántulas se realizó 52 días después de la siembra. La parcela se ubicó en la comunidad de Diego Martín, aproximadamente a 10 km de Salinas de Hgo, en el municipio de Salinas, S. L. P. La parcela se preparó con un subsoleo y posteriormente un paso de rastra para la eliminación de malezas. Una vez marcados los puntos de trasplante en un diseño de marco real, se abrieron agujeros de aproximadamente 20 cm de diámetro y 20 cm de profundidad en los que se plantaron con todo y sustrato 18 plantas de cada recolecta, para un total de 360 plantas establecidas en la parcela (Figura 4). Una vez trasplantadas, a cada planta se le hizo un aporque y un cajete de tierra y se le aplicó un riego.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se indican los sitios de recolecta y algunos datos del lugar y de las muestras de las plantas de higuera consideradas; esto con el propósito de formar la línea base en cuanto a sus características. En relación con la altitud de los sitios en



**Figura 3.** Siembra de semillas de los diferentes materiales de higuera en macetas.

los que se realizaron las recolectas, ésta osciló de 1210 (Francia Chica) a 2352 m (El Orito).

El número promedio de racimos por planta de las recolectas varió de 6 (Ranchería de Guadalupe) a 100 (Tecuán). Dos recolectas tuvieron diez o menos racimos, seis tuvieron de 10 a 20 racimos, siete entre 21 y 30 y cinco por arriba de 31 racimos. El promedio de racimos por planta fue de 26.8. La altura promedio de las plantas colectadas varió de 1.2 m (El Orito) a 5.1 m (Moctezuma). Cinco colectas midieron entre 1 y 2 m, ocho entre 2.1 y 3 m y siete por arriba de lo 3 m. La altura promedio fue de 2.95 m.

En cuanto al número de plantas presentes en los sitios de recolecta, el menor fue de una (Milpillitas y Salinas de Hidalgo) y el mayor de 50 (Noria San Marcos); en promedio había 18 plantas por sitio. Respecto a las características del hábitat donde se hicieron las colectas, ocho fueron a orillas de canal de riego, cinco a orilla de carretera, dos en cauce de arroyo, dos en ladera, dos cerca de cultivo y otra en una calle de poblado.

En cuanto a la descripción de las semillas (Cuadro 2), las recolectas presentaron un peso promedio de 18.6 g por lote de 100 semillas. El valor máximo fue de 46.1 g (Salinas de Hidalgo) y el menor fue de 9.2 g (Ranchería de Guadalupe). El peso promedio por estado fue de 21.42, 19.13, 17.76 y 17.43 g, para Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas, respectivamente.

Con respecto al tamaño de las semillas, las más largas en promedio se presentaron en la recolecta de Salinas de Hidalgo (15.7 mm) y las más cortas en Tepezalá (8.1 mm). El ancho promedio de las semillas osciló entre 5.2 mm (para las recolectas de Mexquitic y Tepezalá) y 9.5 mm (Salinas de Hidalgo). El pro-



**Figura 4.** Establecimiento de las plántulas de higuera en la parcela.

**Cuadro 1.** Accesiones de higuera (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

Colecta (localidad)	Estado	Altitud (m)	Latitud N	Longitud O	Racimos por planta	Altura planta (m)	Plantas por sitio	Ruderal
Calvillo	Aguascalientes	2028	21° 54' 49.8"	102° 34' 45.8"	45	3.5	8	Orilla carretera
Frac. Soledad	Aguascalientes	1814	21° 52' 40.0"	102° 19' 26.1"	25	4.8	10	Orilla canal
San José de Gracia	Aguascalientes	1980	21° 08' 36.9"	102° 21' 26.4"	50	1.6	25	Orilla carretera
Tepezalá	Aguascalientes	1887	22° 13' 33.7"	102° 14' 14.2"	15	2.5	10	Orilla canal
Encarnación de Díaz	Jalisco	1809	21° 31' 12.8"	102° 14' 47.1"	20	3.0	20	Orilla arroyo
Tecuán	Jalisco	1877	21° 41' 30.3"	102° 01' 25.8"	100	4.0	10	Lado cultivo
Villa Hidalgo	Jalisco	1957	21° 39' 31.9"	102° 35' 34.3"	13	2.5	15	Orilla arroyo
Capulines	San Luis Potosí	1955	22° 10' 32.1"	101° 03' 07.9"	40	4.0	10	Cauce arroyo
Corte Primero	San Luis Potosí	1820	22° 21' 06.0"	101° 10' 17.3"	30	2.5	15	Orilla canal
Francia Chica	San Luis Potosí	1210	22° 32' 07.6"	99° 33' 41.3"	20	1.9	45	Cauce arroyo
Las Moras	San Luis Potosí	1956	22° 16' 22.5"	101° 05' 34.2"	30	2.5	15	Orilla carretera
Milpillas	San Luis Potosí	2083	22° 14' 47.4"	101° 08' 24.1"	30	2.6	1	Cauce arroyo
Moctezuma	San Luis Potosí	1758	22° 44' 55.5"	101° 05' 15.7"	22	5.1	40	Lado cultivo
Ranchería de Guadalupe	San Luis Potosí	1861	22° 19' 42.0"	101° 12' 04.6"	6	2.5	12	Orilla canal
Salinas de Hidalgo	San Luis Potosí	2038	22° 37' 44.1"	101° 42' 36.3"	9	2.8	1	Macetero en calle
San Antonio	San Luis Potosí	1349	22° 31' 40.0"	99° 34' 33.8"	25	1.7	25	Ladera
Venado	San Luis Potosí	1751	22° 55' 54.3"	101° 04' 25.8"	32	5.0	30	Orilla carretera
El Orito	Zacatecas	2352	22° 45' 07.8"	102° 35' 36.4"	20	1.2	18	Ladera relleno
Luis Moya	Zacatecas	1963	22° 24' 39.7"	102° 16' 30.4"	60	4.3	3	Cauce arroyo
Noria San Marcos	Zacatecas	2045	22° 16' 22.6"	101° 57' 28.6"	18	2.0	50	Orilla canal

medio en mm para largo, ancho y grueso de la semilla fue de 10.16, 6.39 y 4.66, respectivamente. Es clara la correlación que existe entre estas medidas y el peso de la semilla. Así, por ejemplo, la colecta de Salinas de Hidalgo, que presentó el mayor peso de semillas, también mostró semillas de mayores dimensiones.

Se observa también en el Cuadro 2 que el color de fondo que predominó en las semillas de las recolectas fue el gris, 16 de las cuales lo tienen; dos recolectas lo tuvieron gris plateado, una café claro y otra lo tuvo blanco. Las manchas por encima del color de fondo en las semillas de las colectas fueron pre-

dominantemente café oscuro (en nueve), café claro (en tres), y café (cinco); se observaron dos recolectas con manchas negras (Tepezalá y Las Moras) y otra con guindas (Salinas de Hidalgo).

Las características de las recolectas que se muestran en los Cuadros 1 y 2 se pueden analizar y comparar con las guías existentes para la descripción varietal de higuera (Goytia et al., 2013; SAGARPA-SNICS, 2014) y de esa manera tener una descripción de las colectas con sus rasgos varietales, lo cual se realizará en otras etapas del proceso de selección de materiales sobresalientes para la región Centro-Norte de México.

Después de sembradas las semillas en las macetas, la emergencia de las plantas de higuera (Figura 5) inició a los 16 días con la recolecta de Villa Hidalgo. La que más tardó en emerger fue la de El Orito, cuyas primeras plántulas se empezaron a observar a los 28 días. La emergencia de plántulas cesó alrededor de los 42 días (Figura 6). Las recolectas sobresalientes en cuanto a emergencia de plántulas fueron Francia Chica, Villa Hidalgo, Moctezuma, Calvillo y Encarnación de Díaz, con 100, 94, 92, 90 y 88 %, respectivamente (Figura 7). El valor menor se observó en la recolecta obtenida en el Fraccionamiento La Soledad, en la que solo emergió el 44% de las semillas sembradas.

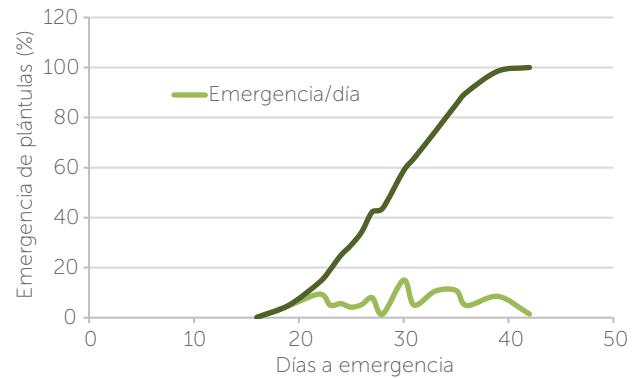


**Cuadro 2.** Peso, dimensiones y color de semilla de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

Coleta (comunidad)	Peso de 100 semillas (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grueso (mm)	Color de fondo	Manchas
Calvillo	28.8	11.7	8.2	5.7	Gris	26 % café
Fraccionamiento la Soledad	19.1	10.6	7.2	5.2	Gris	20 % café
San José de Gracia	19.0	8.7	5.6	4.1	Gris plateado	40 % café claro
Tepezalá	18.8	8.1	5.2	4.0	Gris plateado	30 % negro
Encarnación de Díaz	11.1	11.7	7.5	5.2	Gris	30 % café oscuro
Tecuán	23.8	9.4	5.8	4.5	Gris	30 % café oscuro
Villa Hidalgo	22.5	11.9	6.8	5.1	Blanco	40 % café
Capulines	11.5	8.2	5.7	4.2	Gris	30 % café oscuro
Corte Primero	11.4	10.1	5.9	4.8	Gris	30 % café oscuro
Francia Chica	15.8	9.9	6.0	4.6	Gris	40 % café oscuro
Las Moras	14.9	8.5	5.9	4.3	Gris	20 % negro
Milpillas	10.6	8.2	5.7	3.8	Gris	30 % café oscuro
Moctezuma	18.9	10.4	6.0	4.3	Gris	40 % café
Ranchería de Guadalupe	9.2	8.4	5.2	4.0	Gris	40 % café claro
Salinas de Hidalgo	46.1	15.7	9.1	6.1	Café claro	40 % guinda
San Antonio	20.3	10.9	7.0	5.1	Gris	40 % café oscuro
Venado	19.6	11.5	6.8	4.9	Gris	40 % café claro
El Orito	10.9	8.3	5.4	4.1	Gris	40 % café oscuro
Luis Moya	22.2	11.7	6.8	5.0	Gris	30 % café oscuro
Noria San Marcos	19.2	9.3	6.0	4.1	Gris	30 % café



**Figura 5.** Emergencia de higuerrilla (a) y desarrollo de plántulas en las macetas (b).



**Figura 6.** Periodo de emergencia de plántulas de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

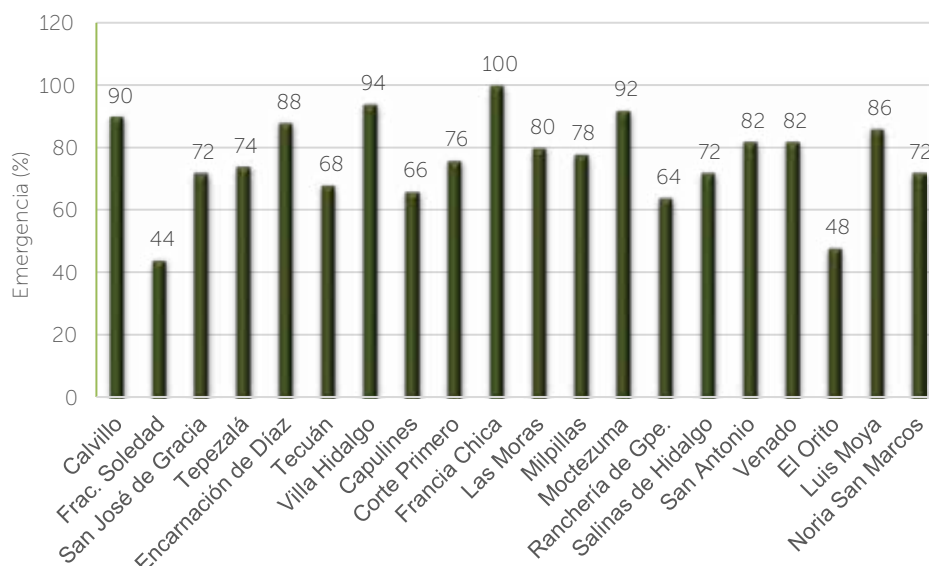
## CONCLUSIONES

Se estableció un sitio experimental con 20 colectas de higuerrilla del Altiplano Centro-Norte de México. Las semillas recolectadas y las plantas de procedencia se caracterizaron a nivel morfológico para formar una línea base para el análisis comparativo en estudios posteriores. Se observó una gran variabilidad entre plantas y semillas de los materiales recolectados.

Destacó la semilla de la recolecta de Salinas de Hidalgo, S. L. P., en algunos parámetros como tamaño, peso y emergencia. Los materiales recolectados se evaluarán a mayor detalle en estudios posteriores a niveles morfológicos, fenológicos y genotípicos.

## LITERATURA CITADA

- Delgado S., F. (2006). La higuierilla, petróleo verde. Recuperado de [http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA\\_SL\\_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145](http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA_SL_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145).
- Gómez M., R., Gómez M., R., Martínez C., E., & Zarazúa D., M.A. (2014). Tecnología de producción de higuierilla en el estado de Hidalgo. INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental de Hidalgo. Folleto Técnico No. 2. Pachuca, Hidalgo.
- Goytia J., M. A., Gallegos G., R., Sánchez H., R.F., & Ramírez, M.E. (2013). Manual gráfico para la descripción varietal de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Goytia-Jiménez, M.A., Gallegos-Goytia, C.H., & Núñez-Colín, C.A. (2011). Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17(1), 41-48. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.048
- Goytia J., M.A., Gallegos G., R., Gallegos C., R., Barrales D., S., Zarate B., R., Macías C., U.A., Jiménez R., E., Benigno C., P., Vázquez R., J., García G., O., Méndez F., E.I., & Nolasco J., U. (2015). Paquete tecnológico para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Valles Centrales de Oaxaca. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 119 p.
- López-Ángel, L.J., Solís-Bonilla, J.L., Martínez-Valencia, B.B., Díaz-Fuentes, V.H., & Zamarripa-Colmenero, A. (2011). Balance energético del cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de biodiesel. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. Folleto Técnico Núm. 15. 53 p.
- Martínez V., B. B., Hernández C., M., Solís B., J. L., & Zamarripa C., A. (2012). Calidad agroindustrial del aceite de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de bioenergéticos en México. V Congreso Brasileiro de Mamona. II Simposio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso. Guarapari (ES). p. 2.
- Milani, M., & Barreto de Medeiros-Nóbrega, M. (2013). Castor breeding. En Andersen, S.B (Ed.). Plant Breeding from Laboratories to Fields. InTech. (pp. 239-254). doi: 10.5772/56216.
- SAGARPA-SNICS. (2014). Guía técnica para la descripción varietal de higuierilla (*Ricinus communis* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Tlalnepantla, Edo. de México. 29 p.
- SAGARPA. (2017). Bioenergéticos Mexicanos: Higuierilla, *Jatropha curcas*, Sorgo Dulce. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México. 30 p.
- Samayoa C., M. O. (2007). Manual Técnico del Higuierillo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador C.A. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 17 p.
- Scholz, V. E. & Da-Silva, N. J. (2007). Óleo de mamona como combustible: fatos, perspectivas e riscos. Engenharia na Agricultura, Viçosa, M. G. 15(2),168-172.
- Sepúlveda-González, I. (2018). Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(3),579-594. doi: 10.29312/remexca.v3i3.1451
- Delgado S., F. (2006). La higuierilla, petróleo verde. Recuperado de [http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA\\_SL\\_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145](http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA_SL_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145).
- Gómez M., R., Gómez M., R., Martínez C., E., & Zarazúa D., M.A. (2014). Tecnología de producción de higuierilla en el Estado de Hidalgo. INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental de Hidalgo. Folleto Técnico No. 2. Pachuca, Hidalgo.
- Goytia J., M. A., Gallegos G., R., Sánchez H., R.F., & Ramírez, M.E. (2013). Manual gráfico para la descripción varietal de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Goytia-Jiménez, M. A., Gallegos-Goytia, C.H., & Núñez-Colín, C. A. (2011). Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17(1),41-48. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.048
- Goytia J., M.A., Gallegos G., R., Gallegos C., R., Barrales D., S., Zarate B., R., Macías C., U.A., Jiménez R., E., Benigno C., P., Vázquez



**Figura 7.** Porcentaje de emergencia en macetas en recolectas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

- R., J., García G., O., Méndez F., E.I., & Nolasco J., U. (2015). Paquete tecnológico para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Valles Centrales de Oaxaca. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 119 p.
- López-Ángel, L.J., Solís-Bonilla, J.L., Martínez-Valencia, B.B., Díaz-Fuentes, V.H., & Zamarripa-Colmenero, A. (2011). Balance energético del cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de biodiesel. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. Folleto Técnico Núm. 15. 53 p.
- Martínez V., B. B., Hernández C., M., Solís B., J. L., & Zamarripa C., A. (2012). Calidad agroindustrial del aceite de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de bioenergéticos en México. V Congresso Brasileiro de Mamona. II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso. Guarapari (ES). p. 2.
- Milani, M., & Barreto de Medeiros-Nóbrega, M. (2013). Castor breeding. En Andersen, S.B (Ed.). Plant Breeding from Laboratories to Fields. InTech. (pp. 239-254). doi: 10.5772/56216.
- SAGARPA-SNICS. (2014). Guía técnica para la descripción varietal de higuierilla (*Ricinus communis* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Tlalnepantla, Edo. de México. 29 p.
- SAGARPA. (2017). Bioenergéticos Mexicanos: Higuierilla, *Jatropha curcas*, Sorgo Dulce. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México. 30 p.
- Samayoa C., M. O. (2007). Manual Técnico del Higuierillo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador C.A. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 17 p.
- Scholz, V. E. & Da-Silva, N. J. (2007). Óleo de mamona como combustivel: fatos, perspectivas e riscos. Engenharia na Agricultura, Viçosa, M. G. 15(2),168-172.
- Sepúlveda-González, I. (2018). Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(3),579-594. doi: 10.29312/remexca.v3i3.1451

