

Evaluación de dos ciclos de higuierilla en Morelos, México: siembra y rebrote

Edwin Javier Barrios-Gómez^{1§}

Jaime Canul-Ku¹

Marian Guadalupe Hernández-Arenas¹

José Luis Solís-Bonilla²

¹Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana km 0.5, Zacatepec, Morelos, México. CP. 62780. Tel. 01(55) 38718700, ext. 86612. (canul.jaime@inifap.gob.mx; hernandez.marian@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas, México. (solis.joseluis@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: barrios.edwin@inifap.gob.mx.

Resumen

En México crece el interés de la producción de higuierilla para la producción de aceite de ricino y biodiesel. Se cuentan con pocas variedades liberadas en México, la mayor parte son importadas a un alto costo, por lo que la evaluación de materiales elites que pudieran ser utilizados para siembra, es de gran importancia. El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de dieciséis materiales (T) de higuierilla en un ciclo de semilla con respecto al rebrote en condiciones del trópico seco en Morelos, México. En el ciclo de semilla la floración de genotipos precoces ocurrió a 40 días después de la siembra (dds) y los más tardíos a 72 dds. El genotipo T8 presentó valores altos en altura de planta (4 m) y diámetro de tallo (8.3 cm); por el contrario, T10 mostró valores bajos: 2.3 m y 4.1 cm, respectivamente. El T1 presentó frutos con mayor anchura y longitud, 2.7 y 2.5 cm y semillas de 1.8 y 1.4 cm. En el peso de semilla por planta, T1 obtuvo el mayor valor con 866.6 g y T12 el menor, con 171.1 g. Los materiales T1, T2, T3 y T4 obtuvieron mejores resultados en el ciclo de rebrote, presentaron poca reducción para altura de planta, diámetro de tallo, número de brotes, largo y ancho de fruto y semilla, número de racimos y frutos, peso de cien semillas, peso total de frutos y semillas por planta. El promedio del ciclo de rebrote con respecto al ciclo de semilla disminuyó 19.3% en las variables registradas. El mejor ciclo de producción se obtuvo en la primera cosecha proveniente de semilla.

Palabras clave: características agronómicas, cultivos bioenergéticos, variabilidad genética.

Recibido: agosto de 2018

Aceptado: noviembre de 2018

Introducción

La higuierilla (*Ricinus communis* L.), especie de uso como bioenergético, también llamada palma cristi, castor bean, higuera infernal, tártago, higuereita o ricino, es un arbusto que crece de manera silvestre en la mayor parte de las regiones tropicales, áridas y semiáridas del mundo (Govaerts *et al.*, 2000). Más de 95% de la producción de higuierilla en el mundo está concentrada en países como India, China y Brasil (Sailaja *et al.*, 2008).

La tolerancia a la sequía y su amplia adaptación en diferentes climas del planeta, son dos de las principales ventajas para su cultivo (Weiss, 1983). El aceite no es considerado comestible; sin embargo, posee múltiples cualidades, entre las más importantes, es que presenta densidad alta y conserva su viscosidad a diferentes temperaturas y sólo se congela a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Durham y Wood, 2002; Jeong y Park, 2009). La planta tiene diversos usos, al menos 700 aplicaciones, entre ellas: tallos utilizados para fabricación de papel, pero las semillas son las más importantes económicamente, del cual se extrae el aceite de ricino o castor oil (Niembro, 1990). La torta de higuierilla no sirve como alimento animal debido a la presencia de toxinas y sustancias alergénicas, pero sí como fertilizante orgánico (Arango, 1990).

La primera investigación con higuierilla en México se realizó en 1962, en el Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), se evaluaron cuatro variedades enanas y se encontró que los mejores rendimientos de grano se lograron con Lynn ($1\ 908\text{ kg ha}^{-1}$) y Hale ($1\ 888\text{ kg ha}^{-1}$) (Robles, 1980). En México, es conocida la variabilidad genética existente en higuierilla (Pecina-Quintero *et al.*, 2013), de allí su importancia en la evaluación de genotipos silvestres (Goytia *et al.*, 2011); sin embargo, es necesario realizar investigaciones que permitan evaluar y determinar el potencial de cada material colectado, para seleccionar los mejores genotipos con características de importancia agronómica o industrial, lo que dará origen a genotipos sobresalientes.

Los genotipos evaluados durante varios ciclos pueden llegar a ser propuestos como promisorios, de acuerdo al grado de estabilidad e interacción con el ambiente (Figueiredo-Neto *et al.*, 2004). Al validar el comportamiento agronómico de un híbrido comercial de higuierilla en tres localidades del sur de Jalisco, se encontró que el material alcanzó rendimientos 3 t de grano por hectárea, con una altura promedio de planta de 2.75 m, iniciando la floración a los 51 días después de la siembra y llegó a madurez fisiológica del último racimo a los 180 días (González, 2009a). En otra evaluación de variedades e híbridos comerciales disponibles en el mercado, el mejor rendimiento fue $2\ 994\text{ t ha}^{-1}$ y 52.34% de aceite en la semilla con el híbrido CSR-6.2 (González, 2009b).

Los genotipos colectados en México son perennes, por lo que se pueden realizar cosechas periódicas y podría ser una opción viable de producción como cultivo, a diferencia de los de ciclo anual. Por otro lado, en otras especies se puede ahorrar en gran medida muchas labores de cultivo, semilla, siembra y obtener otro ciclo de cultivo como se realiza en algunos cultivos como el arroz donde se aprovecha el rebrote o soca (Geraldo, 2001).

Con este propósito, el INIFAP ha colectado en el país genotipos de higuierilla que podrían ser usados para este fin. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de dieciséis materiales (T) de higuierilla en un ciclo de semilla con respecto al rebrote en condiciones del trópico seco en Morelos, México.

Materiales y métodos

Localización del experimento

El trabajo se realizó durante los ciclos agrícolas otoño-invierno (OI) 2009-2010, primavera-verano (PV) 2010 en el Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, ubicado en el km 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana, a 18° 39' 16" latitud norte y 99° 11' 54" longitud oeste y altitud de 911.8 m. El sitio presenta clima Aw₀, cálido subhúmedo, 800 mm de precipitación pluvial promedio anual registrada en verano y temperatura promedio anual de 24 °C (García, 1988).

Establecimiento del cultivo

Durante el ciclo OI 2009-2010 se establecieron dieciséis genotipos (T) de higuierilla, colectados en los estados de Jalisco, Michoacán y Chiapas (cuyas coordenadas geográficas se presentan en el Cuadro 1. Se estableció un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, para un total de 64 unidades experimentales. Cada unidad experimental con seis plantas. La siembra en campo se realizó el 26 de noviembre de 2009, colocando dos semillas por punto se siembra, con una separación de 1.5 m entre plantas y 3 m entre surcos (población aproximada 2 222 plantas ha⁻¹).

En el ciclo PV 2010 se evaluó el rebrote de los materiales, que comenzó a inicios del temporal de lluvias durante los meses de junio a julio.

Cuadro 1. Datos de origen de dieciséis genotipos de higuierilla evaluados durante dos ciclos de producción el Campo Experimental Zacatepec, Morelos durante 2009 y 2010.

Genotipos	Estado	Municipio	Localidad	Latitud N	Longitud O	Altitud (m)
T1 (C1)	Chiapas	Cacahoatán	Ejido Unión Roja	15°02'48"	92°13'00"	519
T2 (C3)	Chiapas	Cacahoatán	Ejido El Progreso	15°05'20"	92°11'33"	1 020
T3 (C10)	Chiapas	Unión Juárez	Unión Juárez	15°03'55"	92°04'36"	878
T4 (C19)	Chiapas	Villacorzo	Ejido Sierra Morena	16°09'08"	93°35'11"	1 070
T5 (C26)	Chiapas	Jaltenango La Paz	Jaltenango La Paz	16°00'34"	92°50'21"	576
T6 (C29)	Chiapas	Villaflores	La Garza	16°23'5"	93°17'5"	605
T7 (C39)	Chiapas	Tapachula	Rancho Rialfer, Viva México	14°53'54"	92°19'25"	87
T8 (C230)	Jalisco	Zapotlan el grande	Rancho la Herradura	19°41'42"	103°30'28"	1 588
T9 (C231)	Jalisco		Sin registro			
T10 (C234)	Michoacán	Cointzio	Cointzio	19°38'23"	101°16'04"	1 907
T11 (C270)	Chiapas	Tuxtla chico	CERI-INIFAP	14°56'	96°46'	435
T12 (C271)	Chiapas	Cacahoatán	Periferico Cacahotan	14°59'27"	92°10'27"	475
T13 (C272)	Chiapas	Cacahoatán	Cobach Cacahoatan	15°00'48"	92°09'18"	495
T14 (C273)	Chiapas	Cacahoatán	Ejido Guatimoc	15°00'48"	92°09'10"	809
T15 (C274)	Chiapas	Unión Juárez	San Jerónimo Unión Juárez	15°02'48"	92°08'13"	776
T16 (C275)	Chiapas	Unión Juárez	Casa Grande Santo Domingo	15°01'56"	92°06'12"	873

El número sobre paréntesis es la identificación del material dentro del banco de germoplasma.

Manejo del cultivo

La emergencia inició siete días después de la siembra (dds). Se realizó un riego rodado de auxilio 24 dds y una fertilización con la fórmula triple 17 (N-P-K) tres días después del riego. Posteriormente, el desarrollo de las plantas ocurrió bajo precipitación pluvial. El aclareo fue 56 dds y se permitió el crecimiento de una planta por punto de siembra. La deshierba se realizó cada quince días, tres en total después de la siembra y antes de la primera cosecha; posteriormente, el sombreado de plantas redujo el crecimiento de malezas. En 2010, al terminar la cosecha de cada unidad experimental en su totalidad se realizó la poda a una altura de un metro arriba del suelo. El rebrote de los genotipos de higuierilla creció de forma natural y sin manejo agronómico, sólo un deshierbe al inicio de lluvias, establecido el temporal en el mes de junio. Se decidió hacer esta práctica debido a lo observado en otras evaluaciones, en donde se observa un buen rebrote de las plantas de higuierilla, y con esto se puede ahorrar en gran medida muchas labores de cultivo, semilla, siembra y obtener otro ciclo de cultivo como se realiza en algunos cultivos como el arroz donde se aprovecha el rebrote o soca (Geraldo, 2001).

Días a inicio de floración

Esta variable sólo se registró en la plantación proveniente de semilla, al tomar como referencia la liberación de polen de flores masculinas, emitidas en la parte basal de la inflorescencia. Se contaron los días transcurridos a partir de la fecha de siembra hasta la emisión del primer racimo floral en las plantas, cuando las primeras flores basales (masculinas) se encontraban abiertas.

Cosecha

La primera cosecha de los genotipos finalizó en marzo de 2010. La cosecha de racimos para ambas evaluaciones (semilla y rebrote), se realizó al 30% de madurez visual de los frutos del racimo, identificando un cambio de tonalidad de verde a café. Se identificaron los materiales dehiscentes para evitar el desgrane en campo. Después se contó el número de racimos por planta y número de frutos por racimo. El manejo poscosecha consistió en el secado de frutos colocados en bolsas de papel a la intemperie, bajo el sol, durante tres a cinco días, según el grado de madurez. Posteriormente se midió ancho y largo de fruto y semilla, en una muestra al azar de diez frutos por planta, en las seis plantas de cada material y en los cuatro bloques. Para las mediciones de las semillas se tomaron diez al azar por planta, provenientes de las seis plantas de las cuatro repeticiones. Al final de la cosecha se registró el peso total de semilla y de fruto por planta en cada bloque. Además, se evaluó el peso de 100 semillas tomadas al azar en cinco muestras de cada accesión por bloque.

Mediciones morfológicas

Se midieron variables como el diámetro de tallo, número de brotes laterales y altura de planta, esto en la siembra por semilla; sin embargo, en el ciclo de rebrote estos fueron numerosos de la base del tallo a nivel del suelo, por lo que se eligió el brote con tamaño intermedio para realizar las mediciones, esto debido para estandarizar las mediciones en cada una de las unidades experimentales, y no tomar de manera estricta el brote de mayor tamaño.

Porcentaje de reducción del ciclo de rebrote respecto al de semilla

Para comparar el ciclo de semilla y el ciclo de rebrote, aunque se ha de esperar que el rebrote fuese más sacrificado o de menor rendimiento, para ello se consideró como 100% a los datos provenientes del ciclo de semilla y el rebrote fue determinado en comparación a esos valores expresado en porcentaje de reducción de algunas variables, con esto se refiere a que lo máximo que pudiera ser en el caso de 100% sería tomados de los datos de semilla.

Análisis estadístico

El análisis individual y combinado (factorial) se hizo mediante un diseño de bloques al azar en SAS (2004), al igual que la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias entre materiales.

Resultados

El inicio de la emergencia de la mayoría de los genotipos ocurrió siete dds, aunque T6, T11 y T13 tuvieron bajo porcentaje de germinación (50%) por lo que se realizó una resiembra a 10 dds.

Variables morfológicas de higuera en dos ciclos de evaluación: altura de planta, diámetro de tallo y número de brotes laterales

En promedio, la altura de planta, diámetro de tallo y número de brotes laterales de todos los genotipos se redujeron en 23.5, 22.7 y 19.6%, respectivamente (Cuadro 2). En los ciclos de semilla y rebrote se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para altura de planta, diámetro de tallo y número de brotes. La altura de planta promedio fue de 2.4 m en el rebrote; mientras que para el ciclo de semilla fue de 3.1 m. El promedio de diámetro de tallo fue de 5 cm en el rebrote y 6.4 cm en el ciclo de semilla, valores semejantes fueron reportados en un estudio donde el grosor fue de 6, 7 y 10 cm para diferentes materiales de higuera a 120 días después de la siembra (Machado *et al.*, 2012). En cuanto a número de brotes promedio contabilizados fue de 7.2 para el ciclo de semilla y 5.4 para rebrote.

La reducción de altura de planta (23.5%), el diámetro del tallo (22.7%) y el número de brotes (19.6%) en el ciclo de semilla y rebrote, son resultados coincidentes con lo reportado por otros autores (Rodríguez y Duche, 2010; Machado *et al.*, 2012). Por otro lado, se menciona que el periodo de fructificación se incrementa en genotipos con mayor ramificación (Moshkin, 1986), situación que también se observó en los genotipos estudiados en este trabajo, ya que la mayoría de los materiales produjo número alto de ramas. También en este estudio se observó que generaciones sucesivas de ramas de diferente edad en la planta, causaron la formación heterogénea de racimos con frutos maduros, inmaduros y en floración, fenómeno que provoca que el periodo de fructificación y cosecha se prolongue (Baldanzi *et al.*, 2002). Por otro lado, se ha observado que la planta de higuera al tener un número mayor de ramas presenta la posibilidad de tener un incremento en el rendimiento (Severino, 2010).

En Brasil, (Soares *et al.*, 2006) fertilizaron la variedad BRS Nordestina con dosis de 0, 25, 50 y 100 kg ha⁻¹, obtuvieron plantas de 2, 2.6, 2.6 y 2.3 m de altura, que son menores a los registros obtenidos con los materiales evaluados en el presente trabajo, diferencia favorable debida al

ambiente y mejora genética a que se ha sometido esta variedad Brasileña, para minimizar el problema de manejo. Por otro lado, Severino (2010) menciona que la higuera al tener un número mayor de ramas presenta la posibilidad de tener un incremento en el rendimiento.

En el ciclo de semilla, el germoplasma evaluado mostró una altura que varió de 2.7 a 4 m, lo que provocó dificultades para la cosecha manual. Durante el ciclo de rebrote los genotipos evaluados redujeron su capacidad productiva, que se vio reflejado en las variables evaluadas. Los materiales que redujeron en mayor porcentaje la altura de planta fueron T5 y T10 con un valor superior a 30%, por el contrario, T1, T11 y T13, presentaron sólo 20% en la reducción de altura planta. El diámetro de tallo se redujo en mayor proporción en los genotipos T1, T14, T12 y T15 el cual fue mayor a 30%, por el contrario, T7 y T8 solo redujeron el diámetro de su tallo en 15%. El número de brotes fue mayor a 8 en el ciclo de semilla para T3, T5, T6, T7, T11 y T15; mientras que, en el ciclo de rebrote T14, T11, T5 y T3 obtuvieron valores por arriba de siete. T1, T7, T8 y T10 redujeron 25% la emisión de brotes laterales en el rebrote, T14 y T3 solo 15%. La mayor altura de planta en el ciclo de semilla lo obtuvieron T8, T6 y T11 con 4, 3.4 y 3.4 m. En el ciclo de rebrote T8 y T11 alcanzaron la mayor altura con 3 y 3.1 m cada una. El mayor diámetro del tallo en el ciclo de semilla fue para T11 y T8, con 8.3 cm y así se mantuvieron en el ciclo de rebrote con 6.8 y 7.3 cm, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), brotes laterales por planta (NB), de dieciséis genotipos elite de higuera evaluadas en Zacatepec, Morelos, en otoño-invierno 2009-2010 y primavera-verano 2010.

Genotipo	Altura de planta (m) (AP)		%R-AP	Diámetro de tallo (cm) (DT)		%R-DT	Núm. de brotes (NB)		%R-NB
	Se	Re		Se	Re		Se	Re	
	T1 (C1)	3.2 b		2.6 b	18.8		6.6 b	4.5 c	
T2 (C3)	3.1 b	2.4 b	22.6	6.6 b	5.1 b	22.7	7 a	5.8 a	17.1
T3 (C10)	3.3 b	2.4 b	27.3	7.3 a	5.9 b	19.2	8.3 a	7.2 a	13.3
T4 (C19)	2.9 b	2.3 c	20.7	5 c	3.7 d	26	4 b	5 b	15
T5 (C26)	3.3 b	2.3 c	30.3	7.2 a	5.8 b	19.4	8.5 a	7.1 a	16.5
T6 (C29)	3.4 b	2.7 b	20.6	6.6 b	5.6 b	15.2	8.7 a	6.8 a	21.8
T7 (C39)	3.2 b	2.3 c	28.1	7 a	6.3 a	10	8.7 a	5.7 a	34.5
T8 (C230)	4 a	3.1 a	22.5	8.3 a	7.3 a	12	7.1 a	5.1 a	28.2
T9 (C231)	2.8 c	2 c	28.6	5.4 c	4.2 c	22.2	7.3 a	5.8 b	20.5
T10 (C234)	2.3 c	1.6 d	30.4	4.1 d	3.3 d	19.5	5.8 b	4.3 b	25.9
T11 (C270)	3.4 b	3 a	11.8	8.3 a	6.8 b	18.1	9.3 a	7.6 a	18.3
T12 (C271)	2.8 c	2.4 b	14.3	5.7 b	3.7 d	35.1	5.6 b	4.5 b	19.6
T13 (C272)	2.8 c	2 c	28.6	5.6 b	4.1 c	26.8	6.5 a	4.9 b	24.6
T14 (C273)	2.9 b	2.3 c	20.7	6 b	4.1 c	31.7	7.8 a	7.1a	9
T15 (C274)	3.2 b	2.5 b	21.9	7 a	4.9 c	30	8.6 a	7.3 a	15.1
T16 (C275)	2.7 c	1.9 d	29.6	5.9 b	4.5 c	23.7	4.9 c	4.5 b	8.2
DHS	0.6	0.4		1.6	1.2		3.1	2.5	
CV (%)	16.6	14.5		22.6	14.2		18	18.7	
Promedio	3.1	2.4	23.5	6.4	5	22.7	7.2	5.4	19.6

Se= proveniente de semilla; Re= proveniente de rebrote; DHS= diferencia honesta significativa de Tukey ($p \leq 0.05$); CV= coeficiente de variación; (%R-AP= reducción de altura de planta del primer ciclo respecto al primero (%); (%R-DT= reducción de diámetro de tallo (%); (%R-NB= reducción de número de brotes (%).

Cosecha

Los genotipos T3, T4, T6, T9, T10 y T14 presentaron indehiscencia, las cápsulas se mantuvieron cerradas, incluso después de la cosecha, los medianamente indehiscentes fueron T1, T5, T12, en este caso, sólo algunos frutos se abrieron mientras que otros permanecieron cerrados; y los dehiscentes: T2, T7, T8, T11, T13, T15 y T16 que al inicio de la madurez del fruto las cápsulas reventaron liberando la semilla. Para evitar la pérdida de semilla de éste último grupo, los racimos se cosecharon con 20 y 30% de madurez del total de frutos. La madurez permitió diferenciar genotipos indehiscentes o dehiscentes, evaluadas por la ruptura de la cápsula y dispersión explosiva de la semilla (Hocking, 1982). Los frutos pueden ser dehiscentes o indehiscentes, según la variedad, la temperatura y la humedad del aire, pero esta característica está determinada principalmente por el espesor del pericarpio en la unión de los lóbulos. En el mejoramiento genético de higuera del INIFAP se prefiere un grado de indehiscencia alto, que la semilla permanezca encerrada dentro de la cápsula para evitar su pérdida en campo (Solís *et al.*, 2011).

En el mejoramiento genético de higuera se prefiere un grado de indehiscencia alto, que la semilla permanezca encerrada dentro de la cápsula para evitar pérdida de semillas en campo.

VARIABLES EVALUADAS EN PROMEDIO DE DOS CICLOS

Largo y ancho de fruto y semilla

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para largo y ancho de fruto y semilla. Los promedios para fruto fueron 1.9 cm de largo y 2 cm de ancho, y para semilla 1.4 y 1 cm de largo y ancho, respectivamente. Los coeficientes de variación para largo y ancho de fruto fueron 13.9 y 18.6 cm, y de largo y ancho de semilla fueron 16.4 y 11.2 cm, respectivamente. El genotipo T1 presentó frutos largos de 2.5 cm, seguido por T3 y T15, con 2.4 cm, mientras que T8, T14 y T11 presentaron frutos cortos con 1.5, 1.5 y 1.6 cm, respectivamente. Los materiales T1 y T15 presentaron frutos anchos con 2.7 y 2.6 cm, en cambio, los genotipos T7, T8, T9, T10 y T13 formaron frutos con menor anchura (1.6 cm). Las semillas con mayor longitud fueron T1 y T15, con 1.8 cm y de menor longitud fueron T12, T7, T8, T11 y T14, mientras que las semillas de mayor anchura fueron T1, T3, T4 y T15 con 1.4 cm y en cambio T7, T8, T10, T12 y T13 presentaron semillas de menor anchura con 0.8 cm (Cuadro 3). Autores han reportado tamaño de las semillas de 0.5 a 1.5 cm de largo (Rzedowski y Rzedowski, 2005), en este estudio se encontraron semillas con forma predominantemente ovalada, con longitud y anchura superiores a lo reportado. Otras investigaciones han reportado un promedio de 1.35 cm, con valor mínimo de 1.07 cm y máximo de 1.94 cm en el largo de la semilla (Manzzani y Rodríguez, 2009). En Colombia se han descrito semillas en un rango de 1.1 a 1.33 cm de largo y 0.57 a 0.83 cm para ancho, con promedios de 0.89 y 0.62 cm, respectivamente (Cardozo-Conde y Posada-Tique, 2013).

Peso de cien semillas

Existieron diferencias estadísticas altamente significativas para peso de 100 semillas en el ciclo de semilla y rebrote. Esta variable fue la que mostró mayor diferencia entre las accesiones evaluadas. El peso de 100 semillas varió de 21.8 a 91.6 g y la media 47.4 g. Los materiales con mayor peso de 100 semillas fueron T3 y T1, con 91.6 y 83.4 g, por el contrario, el menor peso fue para T8 con 21.8 g (Cuadro 3). Al igual que este estudio, otros trabajos muestran una variación importante en

el peso de 100 semillas de higuera. Se han registrado variaciones entre 19 y 95 g en el peso de semilla de higuera (Mazzani, 2007); en un trabajo similar se encontraron pesos en 100 semillas de 29.37 g con valor mínimo de 14.76 g y máximo de 67.94 g con coeficiente de variación de 51.72 % (Manzzani y Rodríguez, 2009). Otros estudios encontraron que esta fue una de las variables con mayor diferencia, al registrar pesos desde 7 hasta 123.6 g, cuando caracterizaron 151 accesiones de higuera colectadas en Chiapas, México (Goytia *et al.*, 2011). En Cuba se reportó que el peso de 100 semillas de colectas de higuera estuvo entre 13.8 y 81.5 g (Machado *et al.*, 2012).

Cuadro 3. Características de fruto y semilla de dieciséis genotipos de higuera evaluados en dos ciclos de siembra (2009-2010) y rebrote (2010). Zacatepec, Morelos.

Genotipos	LF (cm)	AF (cm)	LS (cm)	AS (cm)	NR	NF	P100S (g)	PS (g)	PF (g)
T1 (C1)	2.5 a	2.7 a	1.8	1.4 a	14.2 a	293.8 b	83.4 a	866.6 a	1562.7 a
T2 (C3)	2.1 a	2.1 c	1.3	1 b	14.3 a	394.4 a	53.3 c	427.9 b	798.2 c
T3 (C10)	2.4 a	2.5 a	1.7	1.4 a	14.2 a	313.8 b	91.6 a	696.9 a	1223.9 b
T4 (C19)	2.3 a	2.5 a	1.7	1.4 a	9.3 a	196.1 c	78.7 a	708.3 a	1181.4 b
T5 (C26)	2.1 a	2.2 b	1.4	1 b	9.3 a	256.3 b	57.1 c	402.5 b	814.4 c
T6 (C29)	1.9 b	2.1 c	1.4	0.9 b	7 b	194 c	40.1 d	315.6 b	418 d
T7 (C39)	1.6 b	1.6 d	1.2	0.8 b	9.4 a	282.6 b	25.3 e	372.3 b	676.3 d
T8 (C230)	1.5 c	1.6 d	1.2	0.8 b	7.8 b	236.1 c	21.8 e	222.3 c	296.7 e
T9 (C231)	1.8 b	1.6 d	1.3	1 b	8.8 b	164.9 c	31.4 e	290.9 b	415.7 d
T10 (C234)	1.8 b	1.6 d	1.4	0.8 b	14.5 a	164.4 c	32.8 e	336 b	491.7 d
T11 (C270)	1.6 b	1.8 c	1.2	0.9 b	5.2 b	144.9 d	33.8 e	618.9 a	1182.6 b
T12 (C271)	1.7 b	1.8 c	1.1	0.8 b	4.3 b	174 c	24.6 e	171.1 c	369 e
T13 (C272)	1.7 b	1.6 d	1.3	0.8 b	8.7 b	433 a	32.8 e	295.9 b	890.6 c
T14 (C273)	1.5 c	1.7 d	1.2	0.9 b	11.2 a	277.5 b	31.9 e	180 c	274.9 e
T15 (C274)	2.4a	2.6 a	1.8	1.4 a	10.4 a	217 c	78.6 a	352.5 b	605 d
T16 (C275)	1.9b	2.1 c	1.4	1.1 a	5.3 b	196 c	41.9 d	288.9 b	490.7 d
DHS ($p \leq 0.05$)	0.5	0.3	0.3	0.4	3.8	91.5	14.1	304.1	288.1
CV (%)	13.9	18.6	16.4	11.2	20.4	12.3	17.3	16.4	21.1
Promedio	1.9	2	1.4	1	9.6	246.2	47.4	409.1	730.7

DHS= diferencia honesta significativa de Tukey ($p \leq 0.05$); CV= coeficiente de variación; LF= longitud de fruto; AF= ancho de fruto; LS= longitud de semilla, AS= ancho de semilla; NR= número de racimos por planta, NF= número de frutos por planta; P100S= peso de cien semillas, PS= peso total de semillas; PF= peso de los frutos.

Los mejores materiales evaluados fueron T1, T2 y T4 ya que obtuvieron mayor cantidad de racimos por planta, mayor peso de fruto y semilla lo que repercute en el rendimiento final del cultivo. El material T1 presentó mayor peso de semilla y fruto, así como mayor longitud y anchura de fruto y semilla; sin embargo, también destaca T4, el segundo mejor material en cuanto a peso de semilla. El material T14, seguido de la T8 y T12, presentaron menor peso de semilla y fruto, así como peso de 100 semillas y número de frutos por planta en los dos ciclos evaluados.

Se presentó alta variabilidad en las características de los genotipos evaluados; asimismo, se detectaron materiales con alto potencial en rendimiento. El efecto de la poda provocó una disminución en el rendimiento de los materiales durante el ciclo evaluado como rebrote en comparación con el de semilla.

Se observó que en higuera el número de racimos, número de frutos por racimo, el tamaño de la semilla y su peso son componentes que se traducen en un alto rendimiento final, por lo cual son de gran importancia cuando se esté buscando un genotipo de alto potencial para una región.

Número de racimos, número de frutos, peso de frutos y peso total de semilla por planta

En los genotipos evaluados el promedio del número de racimos fue de 9.6, los materiales T1, T2 y T3 presentaron mayor número de racimos, con un promedio por arriba de 14, mientras que, el menor número lo obtuvieron T12 y T11, con promedios por abajo de cinco racimos (Cuadro 3). El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en número de racimos, número de frutos, peso total de fruto y peso total de semilla en los dos ciclos evaluados. El número de racimos es uno de los factores que afectan de forma directa el rendimiento del grano, en relación con la planta de higuera señala que al tener un número mayor de ramas presenta la posibilidad de tener un incremento en el número de inflorescencias (Severino, 2010).

Porcentaje de reducción en las variables evaluadas

Los caracteres evaluados en los genotipos mostraron variabilidad alta, en cuanto a reducción en el ciclo de rebrote. El genotipo T1 presentó buena capacidad de rebrote, que se vio reflejado en el bajo porcentaje de reducción para algunas variables de mayor interés como P100S, PS y PF, seguida por la T3 y T2, no así para LF, LS y NF. Es decir, en estos materiales el efecto del ciclo de rebrote no afectó significativamente el rendimiento en el presente estudio, pero si fueron afectadas algunas otras variables evaluadas como NR, AF y AS (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de reducción en las variables evaluadas de dieciséis genotipos élite de higuera en dos ciclos, uno de siembra de semilla (2009-2010) y un rebrote (2010). Zacatepec, Morelos.

Genotipos	LF	AF	LS	AS	NR	NF	P100S	PS	PF
T1 (C1)	18.5	10.7	15.8	7.1	9.4	33.2	5.1	12	15
T2 (C3)	4.8	9.1	14.3	10	23	25.9	8.5	20.1	11.8
T3 (C10)	8	14.8	11.1	7.1	19.1	31.1	3.1	13.9	11.3
T4 (C19)	12.5	11.5	11.1	7.1	27.8	45.2	5.8	15.2	13.1
T5 (C26)	9.1	13	13.3	10	19.4	39.5	9.2	34	14.6
T6 (C29)	15	4.8	7.1	20	35.3	48.5	13.5	20.1	31.3
T7 (C39)	17.6	17.6	8.3	12.5	19.2	35.6	15.7	20.3	20.2
T8 (C230)	23.5	11.8	0	12.5	22.7	38.8	14.1	19.5	27.1
T9 (C231)	20	22.2	7.7	0	20.4	52.5	11.1	24.6	30.8
T10 (C234)	20	27.8	7.1	22.2	18.8	51.2	15	30.2	20.6
T11 (C270)	27.8	20	8.3	11.1	32.3	59.5	14.6	22.5	13.3
T12 (C271)	16.7	20	16.7	22.2	20.8	52.8	16.4	26.2	26.6
T13 (C272)	21.1	22.2	14.3	12.5	29.4	24.8	9.6	22.8	20.9
T14 (C273)	23.5	11.1	8.3	11.1	16.4	34.9	7.8	28.3	38.6
T15 (C274)	15.4	11.1	15.8	7.1	32.3	44.4	6	25.9	23.7
T16 (C275)	19	9.1	13.3	9.1	31.7	48.5	8	31.7	24.2
Promedio (%)	17	14.8	10.8	11.4	23.6	41.7	10.2	22.9	21.5

DHS= diferencia honesta significativa de Tukey ($p \leq 0.05$); CV= coeficiente de variación; LF= longitud de fruto; AF= ancho de fruto; LS= longitud de semilla; AS= ancho de semilla; NR= número de racimos, NF= número de frutos; P100S= peso de cien semillas, PS= peso total de semillas; PF= peso de los frutos.

Los genotipos que presentaron mayor reducción de rendimiento corresponden a T10, T11 y T12. El porcentaje de reducción promedio fue 19.3% en las variables evaluadas del ciclo 2010-2011, respecto al ciclo 2009-2010, en promedio fueron de 17% para longitud de fruto, 14.8% en anchura de fruto, 10.8% en longitud de semilla, 11.4% anchura de semilla, 23.6% para número de racimos, 41.7% número de frutos por planta y 10.2% para peso de 100 semillas.

Conclusiones

De acuerdo con lo obtenido si es potencialmente viable obtener un ciclo de rebrote con buenos rendimientos en higuierilla, ahorrándose las labores de siembra y semilla. Se pudo observar que los rebrotes emergen principalmente de la base de las plantas.

El ciclo de rebrote es el que mostro menores rendimientos, las variables mayormente afectados son el número de racimos (NF), el número de frutos (NS), peso de semilla (PS) y peso de fruto (PF), todos estos por el orden de 20%.

Literatura citada

- Arango, A. P. 1990. La higuierilla como alternativa de sombrío de zonas bajas. Tesis de Licenciatura. Tecnología Agropecuaria. Armenia, Universidad del Quindío, Col. 71 p.
- Baldanzi, M.; Fambrini, M. and Pugliesi, C. 2002. Redesign of castor bean plant body plan for optimal combine harvesting. *Ann. Appl. Biol.* 142(3):299-306.
- Cardozo, C. C. I. y Posada, T. C. A. 2013. Colecta de germoplasma de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en dos municipios de Arauca, Colombia. *RIAA.* 4(1):31-40.
- Durham, S. and Wood, M. 2002. Biodegradable oils from alternative crops. *Ag. Res. Magazine* 50(4):22.
- Figueiredo, N. A.; Assis, F.; Almeida, C.; Gouveia, J. P.; Nóbrega, M. B.; Carneiro, R. M. e Pedroza, J. P. 2004. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. *Rev. Biol. Ciênc. Terra.* 4(2):15-20.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios, SA. 220 p.
- Govaerts, R.; Frodin, D. G. and Radcliffe, S. A. 2000. World checklist and bibliography of Euphorbiaceae (with Pandaceae). Royal Botanic Gardens, Kew, Chicago, IL, USA. 4 p.
- González, A. A. 2009a. Validación de un híbrido de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en tres localidades del sur de Jalisco. Cueto-Wang, J. A.; Prieto-Ruiz, J. A. y Macías-García, L. V. (Editores). *In: Memoria de la IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal (INIFAP)*. Prometeo Editores, SA de CV Guadalajara, Jalisco. 280 p.
- González, A. A. 2009b. Evaluación de genotipos de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el sur de Jalisco. Preciado-Ortiz, R. E.; Espinosa-Calderón, A.; Reyes-Muro, L.; Zamarripa-Colmenero, A.; Fuentes-Rodríguez, J.; González-Guillen, M. J.; Bustamante-Orañegui, J. D.; Montes-García, N.; Hernández-Aragón, L. y Acosta-Gallegos, J. A. (Editores). *In: Memoria: crisis alimentaria y energética: retos para el siglo XXI de la LV Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA*, Impresos Herrera. San Francisco de Campeche, MEX. 116 p.
- Geraldo, J. A. D. 2001. Viabilidad del rebrote del cultivo de arroz irrigado. *Agron. Trop.* 51(3):351-370.

- Goytia, J. M. A.; Gallegos, G. C. H. y Núñez, C. C. A. 2011. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de Higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(1):41-48.
- Hocking, P. J. 1982. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of Castor Bean (*Ricinus communis* L.). Ann. Biol. 49:51-62.
- Jeong, G. T. and Park, D. H. 2009. Optimization of biodiesel production from castor oil using response surface methodology. Appl. Biochem. Biotechnol. 156:431-441. doi:10.1007/s12010-008-8468-9.
- Machado, R.; Suárez, J. y M. A. 2012. Caracterización morfológica y agroproductiva de procedencias de *Ricinus communis* L. para la producción de aceite. Rev. Pastos y forrajes. 35(4):381-392.
- Mazzani, E. 2007. El tártago: la planta, su importancia y usos. Rev. Ceniap Hoy. 14:1-9. www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/576tartago-importancia-usos.pdf.
- Mazzani, E. y Rodríguez, E. 2009. Estudio de la variabilidad presente en germoplasma de tártago (*Ricinus communis* L.) en cuanto a racimos, frutos y semillas. Rev. Cient. UDO Agrícola 9(4):764-769.
- Moshkin, V. A. 1986. Castor (Kleshchevina). Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, IND. 315 p.
- Niembro, R. A. 1990. Árboles y arbustos de México. Editorial Herrero SA México DF. 49 p.
- Pecina, Q. V.; Anaya, L. J. L.; Núñez, C. C. A.; Zamarripa, C. A.; Montes, G. N.; Solís, B. J. L. and Aguilar, R. M. R. 2013. Assessing the genetic diversity of castor bean from Chiapas, México using SSR and AFLP markers. Industrial Crops and Products. 41(1):134-143.
- Robles, S. R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Ed. Limusa. 675 p.
- Rodríguez, D. E. y Duque, J. S. 2010. Plan de negocios para el cultivo de higuierilla, estudio de caso. Municipio Balboa (Risaralda). Trabajo de grado presentado para optar al título de Administrador Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira, Col. 100 p.
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, AC y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Patzcuaro, Michoacán. 1406 p.
- SAS. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute inc., USA.
- Sailaja, M.; Tarakeswari, M. and Sujatha, M. 2008. Stable genetic transformation of castor (*Ricinus communis* L.) via particle gun-mediated gene transfer using embryo oaxes from mature seeds. Plant Cell Rep. 27(9):1509-1519.
- Severino, L. S.; Ferreira, G. B.; Moraes, C. R. A.; Gondim, T. M. S.; Freire, W. S. A; Castro, D. A.; Cardoso, G. D. e Beltrão, N. E. M. 2006. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. Pesq. Agropec. Bras. 41(4):563-568. doi:10.1590/S0100-204X2006000400003.
- Severino, L. S.; Freire, M. A. O; Lucena, A. M. A. and Vale, L. S. 2010. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). Industrial Crops and Products. 32(3):400-404. doi:10.1016/j.indcrop.2010.06.007.
- Solís, B. J. L.; Zamarripa, C. A.; González, A. A.; Rico, P. H. R.; Tapia, V. L.; Teniente, O. R.; Zacarías, G. M.; Cruz, R. J. R. y Hernández, M. M. 2011. Guía técnica para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Chiapas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, Méx. Folleto técnico Núm. 25. 59 p.
- Weiss, E. A. 1983. Oilseed crops. Longman, NY, USA. 389 p.