FORMACIÓN DE HÍBRIDOS CLONALES EN NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch)

DEVELOPMENT OF CLONAL HYBRIDS IN POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch)

Jaime Canul-Ku*, Faustino García-Pérez, Edwin J. Barrios-Gómez y Sandra E. Rangel-Estrada

Campo Experimental Zacatepec, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km 0.5 Carretera Zacatepec-Galeana. 62780, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México.

**Autor para correspondencia* (canul.jaime@inifap.gob.mx)

RESUMEN

En México, el cultivo de la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) depende de variedades generadas en el extranjero, y existe una demanda constante de nuevas variedades de esta especie. Para hacer frente a esta situación, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias implementó un programa de mejoramiento genético con la finalidad de generar variedades nacionales acordes a las condiciones ambientales de las áreas de producción. El objetivo del presente estudio fue desarrollar híbridos clonales y su posterior selección, así como evaluar su comportamiento con base en caracteres morfológicos. El material genético se originó en 2010 mediante cruza manual entre una población colectada en el estado de Morelos y dos en Oaxaca, con dos variedades comerciales: Prestige Red y Freedom Red. Cuatro híbridos experimentales y sus parentales masculinos se evaluaron de 2013 a 2016 en Tetela del Monte, Morelos, México. Se practicó selección en cada año de evaluación; ésta consistió en eliminar plantas altas, con entrenudos largos, con hojas y brácteas pequeñas e inflorescencias con diámetro grande de ciatios. El diseño experimental fue completamente al azar con 10 repeticiones. Se registraron 11 caracteres morfológicos relacionados con la hoja, bráctea, ciatio y altura de planta. Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Los híbridos experimentales mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en altura de planta, número de entrenudos, amplitud del dosel de bráctea, diámetro de ciatio, longitud de bráctea, ancho de bráctea, longitud del peciolo de hoja y de bráctea. No hubo diferencias en número de ramas y tamaño de hoja. Los años de evaluación afectaron el comportamiento de los híbridos experimentales. Las características de los híbridos HEZ1 y HEZ2 son similares a las de sus progenitores comerciales masculinos, por lo que existe potencial para ser ofertados como variedades comerciales en México.

Palabras clave: *Euphorbia pulcherrima*, híbrido experimental, hibridación, selección.

SUMMARY

In Mexico, poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) cultivation depends on varieties developed in other countries, and there is a constant demand for new varieties of this species. The National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research implemented a breeding program to develop national varieties according to the environmental conditions of the production areas. The aim of thisresearch was to developed clonal hybrids and to carry out subsequent selection, as well as to evaluate their performance based on morphological characteristics. The genetic material originated in 2010 through manual crossing between one population collected in the state of Morelos and two in Oaxaca to two commercial varieties: Prestige Red and Freedom Red. Four experimental hybrids and their male parents were evaluated from 2013 to 2016 in Tetela del Monte, Morelos, Mexico. Selection was performed in each evaluation year; it consisted in eliminating tall plants, and those with long internodes, small leaves and bracts, and inflorescences with large cyathia diameter. The experimental design was completely randomized with ten replications. Eleven morphological traits related to leaf, bract, cyathium and plant height were recorded. Analysis of variance and Tukey means comparison test were performed. The experimental hybrids showed significant statistical differences ($P \leq 0.05$) in plant height, number of internodes, bract canopy width, cyathium diameter, bract length, bract width, leaf petiole and bract length. There were no differences in number of branches and leaf size. The years of evaluation affected the performance of experimental hybrids. The characteristics of hybrids HEZ1 and HEZ2 are similar to those of their male commercial progenitors, so they could potentially be offered as commercial varieties in Mexico.

Index words: *Euphorbia pulcherrima*, experimental hybrid, hybridization, selection.

INTRODUCCIÓN

Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch, conocida comúnmente como nochebuena, es una especie ornamental que pertenece a la familia Euphorbiaceae. Su probable centro de origen es la región norte del estado de Guerrero, México (Trejo *et al*., 2012). Se puede encontrar en estado silvestre, semicultivada y cultivada en varias entidades de México (Canul *et al*., 2013). En estado silvestre se distribuye desde el estado de Sinaloa hasta la frontera con Guatemala, en altitudes desde cero hasta 2000 msnm (Trejo-Hernández *et al*., 2015).

La producción mundial de nochebuena se aproxima a 500 millones de plantas y existe un incremento constante debido a su potencial económico y comercial en varios países de Europa, Asia y Norteamérica (Islam y Joyce, 2015); en México, la producción sigue la misma tendencia. Los estados con mayor contribución son Morelos, Michoacán,

Recibido: 03 de octubre de 2017
Aceptado: 08 de febrero de 2018

Ciudad de México, Puebla, Jalisco y Estado de México, que en forma conjunta producen en promedio 17.5 millones de plantas con un valor comercial de 522.7 millones de pesos. Morelos es el principal estado productor, con 5.98 millones de plantas en diferentes tamaños de maceta (SIAP, 2017).

La producción está basada en más de 60 variedades comerciales y la característica común es que todas se generaron fuera de México (Rodríguez *et al.*, 2016). El atractivo estético y valor comercial de la nochebuena radica en las características de la bráctea, como son el color, la forma y el tamaño (Canul-Ku *et al.*, 2017). Las observaciones indican que los materiales de color rojo son los de mayor preferencia (90 %) (Lopez *et al.*, 2010), el 10 % restante se reparte en variedades con brácteas de color rosa, amarillo y combinación de colores.

El uso de variedades foráneas en México ocasiona como problema principal la dependencia varietal (Márquez-Márquez *et al.*, 2017), ya que el productor cultiva el material vegetativo que las empresas ofertan. La introducción de nuevos materiales mejorados carece de evaluaciones previas en las áreas productoras, por lo que la planta puede adelantar o retrasar la pigmentación de sus brácteas. El precio de adquisición del material vegetativo incluye el pago de regalías (Vargas-Araujo *et al.*, 2017), lo que incrementa los costos de producción. Lo anterior implica que existe un mercado demandante de material de propagación (esquejes) de variedades comerciales y resultaría conveniente generar las variedades en el mismo ambiente de producción. Bajo este contexto, se requiere implementar un programa de mejoramiento genético permanente, con la finalidad de generar individuos mediante la aplicación de métodos genotécnicos como hibridación, selección o mutagénesis (Canul-Ku *et al.*, 2017), con el objeto de igualar o superar en características comerciales y estéticas a las variedades que predominan actualmente en el mercado.

Los primeros programas de mejoramiento genético se implementaron en varias instituciones de Estados Unidos de América a mediados de la década de los 1950s (Taylor *et al.*, 2011); posteriormente, se amplió a Alemania, Noruega y Francia. En años recientes existen evidencias de la liberación de variedades comerciales en países del continente asiático (Lee *et al.*, 2013).

En el año 2010 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) inició con el Programa de mejoramiento genético de nochebuena (Canul-Ku *et al.*, 2017) mediante el uso del germoplasma nacional como la base genética (Canul *et al.*, 2013). En el germoplasma de nochebuena de México existe gran variación genética (Canul *et al.*, 2014) que puede ser usada para la mejora de las deficiencias presentes en los cultivares actuales, tales como vulnerabilidad al frío, ruptura de tallos y daños por patógenos (Trejo *et al.*, 2012); así como para la creación de variedades novedosas. En nochebuena existe la demanda de plantas de porte compacto, tallos gruesos, con entrenudos cortos, de ciclo precoz a intermedio, tolerantes a enfermedades, resistente al empaque y manejo postcosecha, y con larga vida en contenedor (Canul-Ku *et al.*, 2017).

El programa de mejoramiento genético de nochebuena está basado principalmente en métodos genotécnicos clásicos como la selección y la hibridación. La selección se usa para aprovechar los efectos genéticos aditivos, tanto intralocus como interloci, y consiste en identificar individuos superiores, mismos que funcionan como parentales para dar origen a la siguiente generación. La hibridación está basada en el aprovechamiento de efectos genéticos no aditivos y ocurre a través de cruzamiento, que es un proceso de reproducción artificial (Thiemann *et al.*, 2009).

En plantas ornamentales, el mejoramiento genético consiste en la creación de variabilidad genética a través de cruzas, la selección de individuos con características deseables o superiores y el uso de mutágenos para modificar algún rasgo de interés (Lütken *et al.*, 2012). Las actividades realizadas incluyeron cruzamientos manuales (Canul-Ku *et al.*, 2015) para ampliar la variación genética de la especie y posteriormente realizar selección de genotipos sobresalientes en características de porte y arquitectura de planta, tamaño y forma de hojas y brácteas, considerando la diversidad en colores y sus combinaciones (Canul *et al.*, 2014).

Para las zonas productoras de México se requieren variedades estables de nochebuena, que no cambien su respuesta a través del tiempo y del espacio; lo que implica que las características que se expresan deben mantenerse en cada ciclo de cultivo. Por otro lado, la evaluación de materiales experimentales en un programa de mejoramiento genético debe ser repetida en una serie de años y ambientes, por diferencias existentes en el suelo, prácticas culturales y condiciones climáticas que pueden provocar variaciones en el comportamiento del material. Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio fue formar híbridos clonales, evaluar su comportamiento con base en características morfológicas y realizar selección de los sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético parental

Se evaluaron cuatro híbridos experimentales denominados HEZ1 (MOR13P2 × Prestige Red), HEZ2

(OAX14P4 × Freedom Red), HEZ3 (MOR13P2 × Freedom Red) y HEZ6 (OAX13P10 × Prestige Red) y sus respectivos progenitores masculinos (materiales comerciales). Los parentales femeninos utilizados en las cruzas fueron una población colectada en el estado de Morelos (MOR13P2) y dos colectadas en Oaxaca (OAX14P4 y OAX13P10); se caracterizan por ser plantas arbustivas, que alcanzan una altura cercana a los 5 m, entrenudos largos, de dos a tres ramas con flores femeninas simples y sin pétalos ni sépalos (Canul *et al*., 2013).

Las tres colectas se seleccionaron por su buen comportamiento y expresión fenotípica, sobre todo en características de brácteas (Canul *et al*., 2014). Los progenitores masculinos fueron dos variedades comerciales generadas fuera de México, los cuales se eligieron por su aceptación en el mercado y por cubrir más del 90 % de la demanda de consumidores en el país. Prestige Red es de altura de planta intermedia, bien ramificada, con tallos resistentes al transporte y al manejo postcosecha. Freedom Red es de altura de planta intermedia, posee hojas verdes oscuras y extremadamente grandes (Ecke *et al*.*,* 2004).

Formación de híbridos

Las cruzas dirigidas se realizaron con la finalidad de reducir la altura de planta y acortar la distancia de entrenudos, además de incorporar otras características de la variedad comercial. Las cruzas se llevaron a cabo en 2010 en el Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, localizado a los 18º 39′ latitud N, 99º 11′ longitud O, a 911 msnm. Se utilizó la técnica propuesta por Canul-Ku *et al.* (2015). La semilla F_1 se sembró en 2011 en el mismo Campo Experimental Zacatepec. En 2012, mediante propagación vegetativa vía esquejes se incrementó el número de individuos de cada material.

Evaluación de los híbridos y manejo del cultivo

La evaluación morfológica de los híbridos experimentales se realizó durante cuatro ciclos de cultivo, de 2013 a 2016, en la localidad de Tetela del Monte, Municipio de Cuernavaca, Morelos, la cual se ubica geográficamente en las coordenadas 18º 58′ latitud N, 99º 15′ longitud O y 2200 msnm. Los tratamientos fueron los híbridos experimentales y sus progenitores masculinos, los cuales se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones. La unidad experimental consistió de una planta establecida por maceta. Se aplicaron riegos y solución nutritiva con una frecuencia de acuerdo con el ritmo de crecimiento de la planta. Se practicó selección en cada año de evaluación, la cual consistió en la eliminación de plantas altas con entrenudos largos, hojas y brácteas pequeñas, e inflorescencia con diámetro grande de ciatios.

Variables evaluadas

Tomando en consideración que la nochebuena es una planta ornamental cuyo valor comercial radica en las características de las brácteas, hojas y porte de planta compacta, que en conjunto conforman la arquitectura y estética de la planta, se registraron las variables de altura de la planta (cm), número de ramas, número de entrenudos, amplitud del dosel de bráctea (cm), diámetro de ciatio (cm), longitud del peciolo de bráctea (cm), largo de bráctea (cm), ancho de bráctea (cm), longitud de hoja (cm), ancho de hoja (cm) y longitud del peciolo de hoja (cm). El registro de las variables se realizó en la etapa de tercer ciatio abierto, que es cuando se libera el polen y las brácteas presentan el 80 % de pigmentación (alrededor de 5.5 meses después de trasplante), dando sólo una poda de formación.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Híbridos experimentales

Los híbridos experimentales de nochebuena mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la mayor parte de las variables estudiadas, al igual que los años de evaluación. También hubo significancia estadística en la interacción años × híbridos para la mayoría de las variables (Cuadro 1). La significancia entre híbridos indica que los materiales experimentales de nochebuena tuvieron diferente expresión fenotípica debido a su contenido genético y origen geográfico de los parentales que les dieron origen. En el Cuadro 2 se muestran las características en que difieren los híbridos experimentales. Se observa que las diferencias son los aspectos a modificar en el proceso de mejora de la nochebuena, que corresponden al porte de la planta y características de hoja y bráctea, como el color, la forma y el tamaño (Canul-Ku *et al*., 2017). En nochebuena, Pérez-López *et al.* (2005) señalan que la altura de planta debe mantener una relación 2:1 entre planta y maceta, ya que es un factor decisivo para la venta, manejo y transporte (Alia-Tejacal *et al*., 2011). Los híbridos experimentales HEZ2 y HEZ6 cumplen con este criterio y se consideran materiales promisorios para continuar con el proceso de mejora genética.

De los cuatro híbridos experimentales sobresale HEZ1 en varios de los caracteres evaluados como amplitud del dosel de bráctea, longitud de bráctea y ancho de bráctea;

Cuadro 1. Cuadrados medios y coeficiente de variación (%) de variables evaluadas en híbridos experimentales de nochebuena en Tetela del Monte, Morelos, México durante el periodo 2013 a 2016.

Variables	Híbridos	Años	Años × Híbridos	CV (%)
Altura de planta	457.32**	1365.42**	208.88**	12.66
Número de ramas	0.15^{NS}	6.09**	1.26^{NS}	24.02
Número de entrenudos	107.75**	82.53**	31.96**	13.55
Amplitud del dosel de bráctea	224.49**	172.21**	40.41**	10.20
Diámetro de ciatio	6.40**	17.63**	0.92^{NS}	33.73
Longitud del peciolo de bráctea	0.47*	5.58**	0.72**	25.53
Longitud de bráctea	38.10**	16.63**	8.55**	13.98
Ancho de bráctea	4.36**	12.66**	1.01^{NS}	17.90
Longitud de hoja	9.60^{NS}	24.53**	23.13**	14.86
Ancho de hoja	0.53^{NS}	1.81^{NS}	4.19**	16.81
Longitud del peciolo de hoja	6.06**	4.21**	1.00*	20.01

^{NS}: Diferencias no significativas, *: diferencias significativas (P ≤ 0.05), **: diferencias altamente significativas (P ≤ 0.01), CV: coeficiente de variación.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables registradas en la evaluación de híbridos experimentales de nochebuena en Tetela del Monte, Morelos, México durante el periodo 2013 a 2016.

Variables	Híbridos experimentales			
	HEZ1	HEZ2	HEZ3	HEZ6
Altura de planta (cm)	37.01 a	31.09 c	36.07 a	33.52 b
Número de entrenudos	15.75 b	15.41 b	17.56 a	13.72 c
Amplitud del dosel de bráctea (cm)	27.78 a	26.78 ab	26.31 b	21.72 c
Diámetro de ciatio (cm)	4.14 a	3.41 b	3.67 ab	4.00 ab
Longitud del peciolo de bráctea (cm)	2.08 a	1.80 b	1.87 ab	1.80 b
Longitud de bráctea (cm)	11.08 a	10.68 ab	10.06 b	8.71 c
Ancho de bráctea (cm)	4.78 a	4.84 a	4.30 b	4.00 b
Longitud del peciolo de hoja (cm)	3.71 a	3.84 a	3.23 b	3.04 b

Medias con letras iguales en las hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

le sigue en importancia HEZ2 por el valor de los promedios mostrados en ancho de bráctea, longitud de bráctea, amplitud del dosel de bráctea y altura de planta (Cuadro 2). Esto significa que el proceso de mejoramiento genético mediante selección clonal ha conducido a la estabilización de los híbridos, probablemente en el corto plazo se puedan ofrecer como nuevas variedades. Márquez-Márquez *et al.*, (2017) en la evaluación de progenies de cruzas dobles de nochebuena identificaron al material CD70 con la mayor cantidad de características favorables y mencionan que es candidata para ser liberada como variedad.

Comparación de híbridos experimentales con variedades comerciales

Después de un proceso de selección durante tres ciclos de cultivo de diferentes híbridos formados, en el cuarto ciclo se comparó el comportamiento de los híbridos experimentales con respecto a los dos progenitores masculinos comerciales que les dieron origen. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas (Cuadro 3).

El material HEZ2 mostró similar altura de planta que la variedad comercial Prestige Red, mientras que HEZ6 y HEZ3, a pesar de ser diferentes de Prestige Red (Cuadro 4), cumplen con la relación ideal de altura de planta: altura de maceta (Pérez-López *et al.*, 2005). Lo anterior significa que tres híbridos experimentales presentaron el porte ideal de planta para ser ofertados al consumidor.

El porte de planta, tamaño de hojas y brácteas, en

conjunto, conforman la arquitectura y la apariencia comercial; además, proporcionan valor estético a la planta de nochebuena. En longitud de peciolo de hoja los cuatro híbridos evaluados fueron iguales a Freedom Red. En longitud de hoja HEZ1 y HEZ2 fueron iguales a Prestige Red, mientras que HEZ3 y HEZ6 fueron similares a Freedom Red; sin embargo, cuando se compararon en la literatura con otras variedades, los híbridos experimentales mostraron menor longitud de hoja, para Miss Maple se reportan 12.8 cm (Lee *et al*., 2007a) y para Grace 13.9 cm (Lee *et al*., 2013).

Cuadro 3. Cuadrados medios y coeficiente de variación de variables evaluadas en híbridos experimentales de nochebuena y sus progenitores comerciales masculinos en Tetela del Monte, Morelos, México en 2016.

Variables	CM	CV (%)
Altura de planta	448.09**	13.66
Número de ramas	49.81**	21.00
Número de entrenudos	94.45**	14.50
Amplitud de dosel de bráctea	58.54**	10.76
Diámetro de ciatio	10.25**	31.91
Longitud del peciolo de bráctea	0.44^{NS}	26.05
Longitud de bráctea	15.51**	12.77
Ancho de bráctea	13.47**	14.81
Longitud de hoja	9.32**	11.62
Ancho de hoja	0.58^{NS}	13.93
Longitud del peciolo de hoja	6.27**	20.23

^{NS}: Diferencia no significativa, *: diferencias significativas (P ≤ 0.05), **: diferencias altamente significativas (P ≤ 0.01), CM: cuadrados medios, CV: coeficiente de variación.

La longitud de bráctea de las dos variedades comerciales fue comparable al de los híbridos HEZ1, HEZ2 y HEZ3, mientras que en ancho de bráctea, Freedom Red presentó el mayor valor; sin embargo, HEZ1 y HEZ2 fueron similares a Prestige Red. En el cultivar Miss Maple se reporta una longitud de bráctea de 9.0 cm y ancho de bráctea de 4.8 (Lee *et al*., 2007a), en Scarlet las dimensiones de bráctea fueron de 13.6 cm y 5.8 cm (Lee *et al*., 2007b) y en Grace 11.9 cm y 6.2 cm (Lee *et al*., 2013). Como puede observarse, el tamaño de bráctea de los híbridos experimentales es comparable al de variedades comerciales liberadas en otros países.

En amplitud de dosel de bráctea, los híbridos HEZ1, HEZ2 y HEZ3 fueron iguales estadísticamente a Prestige Red y Freedom Red; sin embargo, en diámetro de ciatio los híbridos experimentales tuvieron mayor promedio que las dos variedades (Cuadro 4). En Florida, Estados Unidos se evaluaron ocho variedades desarrolladas en Europa y los diámetros de inflorescencia fueron desde 21.59 cm en la variedad Puebla hasta 30.48 cm en el cultivar Maren (Wilfret *et al*., 1995).

Los resultados aquí obtenidos muestran avances en la mejora genética de nochebuena. La aplicación de métodos genotécnicos clásicos ha dado origen a híbridos clonales experimentales con potencial para ser ofertados en un corto tiempo como variedades comerciales en México.

CONCLUSIONES

El proceso de mejoramiento genético mediante hibridación ha conducido a la estabilización de híbridos clonales con base en características morfológicas sobresalientes. Los híbridos experimentales tuvieron distinta expresión

Cuadro 4. Comparación de medias de variables registradas en la evaluación de híbridos experimentales de nochebuena y sus progenitores comerciales masculinos en Tetela del Monte, Morelos, México en 2016.

Variables	HEZ1	HEZ2	HEZ3	HEZ6	Prestige Red	Freedom Red
AP (cm)	37.42 a	26.02 cd	31.78 b	28.99 bc	23.99 d	17.97 e
NR	3.00 b	3.4 b	2.60 b	3.3 b	7.0 a	6.7 a
NE	16.10 b	14.80 bc	16.80 b	12.10 c	21.30 a	17.80 b
DB (cm)	24.50 a	25.20 a	22.79 a	18.43 b	23.02 a	24.12 a
DC (cm)	3.72 a	2.82 a	2.88 a	3.49 a	1.42 b	1.35 b
LB (cm)	10.32 a	10.30 a	9.40 a	7.43 b	10.21 a	10.94 a
AB (cm)	4.89 bc	5.15 bc	4.31 cd	3.73 d	5.90 b	6.99 a
LH (cm)	11.41 a	9.94 ab	9.41 b	9.02 b	10.03 ab	8.68 b
LPH (cm)	3.64 b	3.41 b	2.80 bc	2.48 c	4.75 a	3.17 bc

Medias con letras iguales en las hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), AP. altura de planta, NR: número de ramas, NE: número de entrenudos, DB: amplitud de dosel de bráctea, DC: diámetro de ciatio, LB: longitud de bráctea, AB: ancho de bráctea, LH: longitud de hoja, LPH: longitud de peciolo de hoja.

morfológica y fueron afectados por los años de evaluación. Comparados con sus progenitores comerciales masculinos, mostraron similar comportamiento y los híbridos HEZ1 y HEZ2 sobresalieron en varias características.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el apoyo financiero a través de diferentes proyectos con recursos fiscales.

BIBLIOGRAFÍA

Alia-Tejacal I., L. A. Valdez-Aguilar, E. Campos-Bravo, M. J. Sainz-Aispuro, G. A. Pérez-Arias, M. T. Colinas-León, M. Andrade-Rodríguez, V. López-Martínez y A. Alvear-García (2011) Efecto de la aspersión de ácido giberélico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:577-589.

Canul K. J., F. García P., F. J. Osuna C., S. Ramírez R. y E. J. Barrios G. (2013) Recursos genéticos de nochebuena en México, colecta de germoplasma para mejoramiento genético. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México* 1:20-26.

Canul K. J., F. García P., E. J. Barrios G., F. J. Osuna C., S. Ramírez R., I. Alia T., y R. E Montoya C. (2014) Caracterización morfológica de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México* 2:16-23.

Canul-Ku J., F. García-Pérez, E. J. Barrios-Gómez, E. Campos-Bravo, F. J. Osuna-Canizalez, S. Ramírez-Rojas y S. E. Rangel-Estrada (2015) Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch). *Agroproductividad* 8:32-37.

Canul-Ku J., F. García-Pérez, E. J. Barrios-Gómez, S. E. Rangel-Estrada, S. Ramírez-Rojas y F. J. Osuna-Canizalez (2017) Variación generada mediante recombinación genética en *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. *Agroproductividad* 10:13-17.

Ecke P., J. E. Faust, J. Williams and A. Higgins (2004) The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA. 287 p.

Islam M. A. and D. C. Joyce (2015) Postharvest behavior and keeping quality of potted poinsettia: a review. *Research in Agriculture, Livestock and Fisheries* 2:185-196.

Lee E. K., W. H. Kim, S. T. Kim, K. S. Lee and S. Y. Lee (2013) A new peach colored poinsettia 'Grace'. *Korean Journal of Breeding Science* 45:130-133.

Lee E. K., W. H. Kim, P. M. Park, S. T. Kim, D. W. Lee and Y. J. Kim (2007a) A new poinsettia cultivar, "Miss Maple" with deep lobed leaf-blades. *Korean Journal of Breeding Science* 39:534-535.

Lee E. K., W. H. Kim, P. M. Park, S. T. Kim, D. W. Lee and Y. J. Kim (2007b) A new poinsettia cultivar, "Scarlet" with bright red bracts. *Korean Journal of Breeding Science* 39:536-537.

Lee E. K., W. H. Kim, S. T. Kim, K. S. Lee and S. Y. Lee (2013) A new peach colored poinsettia 'Grace'. *Korean Journal of Breeding Science* 45:130-133.

Lopez R., J. Dole and J. Barrett (2010) Consumer poinsettia picks. *Greenhouse Product News* 20:28-30.

Lütken H., J. L. Clarke and R. Müller (2012) Genetic engineering and sustainable production of ornamentals: current status and future directions. *Plant Cell Reports* 31:1141-1157, https://doi.org/10.1007/s.00299-012-1265-5

Márquez-Márquez J. M., J. Canul-Ku, C. Sánchez-Abarca, E. J. Barrios-Gómez, F. García-Pérez y E. López-Herrera (2017) Evaluación de progenies de cruza doble de flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch) en Morelos, México. *Interciencia* 42:388-392.

Pérez-López A., J. A. Carrillo-Salazar, M. T. Colinas-León y M. Sandoval-Villa (2005) Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotszch) con etefón. *Agrociencia* 39:639-646.

Rodríguez R. T. J., M. Andrade R., O. G. Villegas T., I. Alia T., M. T. Colinas L. y J. Canul K. (2016) Producción de frutos y calidad de semilla en cruzas de variedades de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotszch. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 33:433-457.

SAS Institute (2009) SAS/STAT. User´s Guide Versión 9.2 para Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1643 p.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. Ciudad de México. http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (Junio 2018).

Taylor J. M., R. G. Lopez, C. J. Currey and J. Janick (2011) The poinsettia: history and transformation. *Chronica Horticulturae* 51:23-28.

Thiemann A., S. Meyer and S. Scholten (2009) Heterosis in plants: manifestation in early seed development and prediction approaches to assist hybrid breeding. *Chinese Science Bulletin* 54:2363-2375, https://doi.org/10.1007/s11434-009-0326-9

Trejo L., T. P. Feria A., K. M. Olsen, L. E. Eguiarte, B. Arroyo, J. A. Gruhn and M. E. Olson (2012) Pointsettia´s wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99:1146-1157, https://doi.org/10.3732/ajb.1200072

Trejo-Hernández L., M. E. Olson-Zúnica y R. A. Bye-Boettler (2015) Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:478-485, https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.033

Vargas-Araujo J., M. Andrade-Rodríguez, O. G. Villegas-Torres, A. Castillo-Gutiérrez, M. T. Colinas-León, E. Avitia-García e I. Alia-Tejacal (2017) Características reproductivas de nueve variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotszch). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:295-306.

Wilfret G. J., J. E. Barrett and T. A. Nell (1995) An evaluation of the Pelfi poinsettia cultivars grown in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 108:1-3.