
EVALUACIÓN DE PROGENIES DE CRUZA DOBLE DE FLOR DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* WILLD. EX KLOTZSCH) EN MORELOS, MÉXICO

José Miguel Márquez-Márquez, Jaime Canul-Ku, Carlos Sánchez-Abarca, Edwin Javier Barrios-Gómez, Faustino García-Pérez y Edgar López-Herrera

RESUMEN

El mejoramiento genético en especies ornamentales en México es escaso, por lo que existe dependencia de variedades del extranjero. En flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) se han generado progenies potenciales como resultado de cruza dirigidas. Para avanzar en el proceso de mejora genética es necesaria su evaluación. El objetivo del estudio fue evaluar, identificar y seleccionar progenies de nueve cruza dobles con base en características agronómicas y morfológicas de interés. El trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con nueve repeticiones, y la unidad experimental constó de una planta. Las variables medidas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, largo y ancho de hoja, longitud de peciolo de hoja, diámetro, largo y

ancho de bráctea, longitud de peciolo de bráctea y diámetro de ciatio. Se contó el número de ramas y el número de entrenudos. Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas para los caracteres longitud de hoja, largo y ancho de bráctea, y altamente significativas en altura de planta, diámetro de tallo y número de entrenudos. Los híbridos de crusa doble tuvieron diferente comportamiento; el CD70 reunió más características favorables y manifestó vigor híbrido positivo y negativo, lo que permitió diferenciarlo del total de los materiales evaluados. Existe variabilidad genética para continuar con el mejoramiento de la planta. En corto tiempo será posible obtener variedades con fines de cultivo comercial.

Introducción

México es un país megadiverso en especies de plantas, tanto cultivadas como silvestres (Molina y Córdoba, 2006). Se estima que existen 30.000 especies vegetales, de las cuales pueden tener uso ornamental 3434 especies (Nava-Esparza y Chimal, 2006), destacando entre ellas la flor de nidad o nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Estudios con marcadores moleculares muestran que la zona norte del estado de Guerrero es la región ancestral de probable origen de esta especie (Trejo *et al.*, 2012).

En varios estados de México existen materiales silvestres y poblaciones de plantas cuya expresión fenotípica es diferente la de las variedades comerciales (Canul *et al.*, 2013). Esto representa una fuente de genes para la creación de nuevos genotipos con características estéticas y atractivas deseables para los consumidores.

Existe la necesidad de generar variedades mexicanas de nochebuena, debido a la importancia económica que tiene a nivel estatal, nacional e internacional como planta ornamental. En México se comercializan en promedio

17,5×10⁶ plantas de nochebuena al año, con un valor de mercado de 522,7×10⁶ pesos y su cultivo genera 10.000 empleos, tanto directos como indirectos (SIAP, 2016).

El mejoramiento genético de especies ornamentales ha tenido poca importancia en México, existiendo una dependencia de variedades del exterior, en forma de semilla o material vegetativo, en cerca del 100% (Ramírez y Chávez-Servia, 2014). En nochebuena, la mejora genética está enfocado a obtener plantas de porte bajo, con tallos gruesos; brácteas de color rojo, amarillo y jaspeado; de

ciclo precoz a intermedio; con resistencia a enfermedades; resistente al empaque, traslado, manejo post cosecha y larga vida en contenedor (Canul *et al.*, 2010).

El mejoramiento genético de las especies vegetales ha permitido generar variedades e híbridos para la alimentación humana y animal desde el siglo pasado, siendo un ejemplo muy claro el del maíz (*Zea mays* L.) (Ángeles, 2000). También ha proporcionado otros tipos de productos para la satisfacción del hombre, como plantas para decorar diferentes espacios.

PALABRAS CLAVE / Bráctea / *Euphorbia pulcherrima* / Hibridación / Mejoramiento Genético / Porte de Planta /

Recibido: 02/06/2015. Modificado: 09/06/2017. Aceptado: 12/06/2017.

Jaime Canul-Ku. Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias y Doctor en Genética, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Investigador, INIFAP, México. Dirección: Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Km 0.5 Carretera Zacatepec-Galeana, Zacatepec, Morelos,

México. C.P. 62780. e-mail: canul.jaime@inifap.gob.mx

José Miguel Márquez-Márquez. Estudiante de Agronomía, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México.

Carlos Sánchez-Abarca. Ingeniero Agrónomo y Maestro en Ciencias en Producción de Semi-

llas, COLPOS, México. Profesor Investigador, UACH, México.

Edwin Javier Barrios-Gómez. Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias y Doctor en Genética, COLPOS, México. Investigador, INIFAP, México.

Faustino García-Pérez. Ingeniero Agrónomo y Maestro en

Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Investigador, INIFAP, México.

Edgar López-Herrera. Ingeniero Agrónomo, UACH. Profesor Investigador, UACH, México.

EVALUATION OF DOUBLE CROSS PROGENIES OF POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima* WILLD. EX KLOTZSCH) IN MORELOS, MEXICO

José Miguel Márquez-Márquez, Jaime Canul-Ku, Carlos Sánchez-Abarca, Edwin Javier Barrios-Gómez, Faustino García-Pérez and Edgar López-Herrera

SUMMARY

The genetic improvement in ornamental species in Mexico is limited, so there is a dependence on foreign varieties. In *Poinsettia* (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), as a result of directed crossings, potential progenies have been generated. To advance the process of genetic improvement it is necessary to evaluate them. The goal of the study was to evaluate, identify and select double crossing progenies, based on morphological and agronomic characteristics of interest. The work was performed at the Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. The experimental design was a completely randomized one, with nine replicates, the experimental unit consisting of a plant. The variables measured were: plant height, stem diameter, leaf and width, leaf petiole length, bract diameter,

length and width, bract petiole length and, cyathium diameter. The number of branches and the number of internodes were counted. Analysis of variance and comparison of means were performed. Analysis of variance showed statistically significant differences for leaf length, length and width of bract, and highly significant differences in plant height, stem diameter and number of internodes. Double-cross hybrids showed different behaviors; CD70 presented more favorable characteristics, with positive and negative hybrid vigor, which allowed differentiating it from the rest of the evaluated materials. There is genetic variability to continue the improvement of *Poinsettia*. Within a short time, it will be possible to obtain varieties with commercial purposes.

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE CRUZAMENTO DUPLO DE FLOR-DO-NATAL (*Euphorbia pulcherrima* WILLD. EX KLOTZSCH) EM MORELOS, MÉXICO

José Miguel Márquez-Márquez, Jaime Canul-Ku, Carlos Sánchez-Abarca, Edwin Javier Barrios-Gómez, Faustino García-Pérez e Edgar López-Herrera

RESUMO

O melhoramento genético em espécies ornamentais no México é escasso, por isto existe dependência de variedades estrangeiras. Em flor-do-natal (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) tem sido geradas progênies potenciais como resultado de cruzamentos dirigidos. Para avançar no processo de melhora genética é necessária sua avaliação. O objetivo do estudo foi avaliar, identificar e selecionar progênies de nove cruzamentos duplos com base em características agronômicas e morfológicas de interesse. O trabalho foi realizado no Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Foi utilizado um desenho experimental completamente aleatório, com nove repetições, e a unidade experimental constou de uma planta. As variáveis medidas foram: altura de planta, diâmetro do caule, comprimento e largura de folha, longitude de pecíolo de folha, diâme-

tro, comprimento e largura de bráctea, longitude de pecíolo de bráctea e diâmetro de cíatíio. Foi medido o número de galhos e também o número de entrenós. Realizou-se análise de variância e teste de comparação de médias. A análise de variância mostrou diferenças estatísticas significativas para os caracteres longitude de folha, comprimento e largura de bráctea, e altamente significativas em altura de planta, diâmetro de caule e número de entrenós. Os híbridos de cruzamento duplo tiveram diferente comportamento; o CD70 reuniu mais características favoráveis e manifestou vigor híbrido positivo e negativo, o qual permitiu diferenciá-lo do total dos materiais avaliados. Existe variabilidade genética para continuar com o melhoramento da planta. Em curto espaço de tempo será possível obter variedades com fins de cultivo comercial.

La hibridación es un método genotécnico ampliamente empleado para el mejoramiento genético de plantas ornamentales, bien sea entre la misma especie, es decir, hibridación intraespecífica, o de diferentes especies, hibridación interespecífica (Kato y Mii, 2012). La biotecnología ha permitido la creación de nuevos genotipos utilizando diferentes géneros, por ejemplo *Chrysanthemum* x *morifolium* con *Ajania pacifica* (Zhao *et al.*, 2012) y entre especies de cactáceas (Mihalte y Sestras, 2011).

Con la hibridación se aprovecha la heterosis o vigor hí-

brido, la cual se manifiesta en la respuesta superior de la progenie comparada con sus parentales (Thiemann *et al.*, 2009). Los híbridos presentan ventajas de alta uniformidad fenotípica, mayor rendimiento o resistencia a factores adversos. Respuestas favorables en la progenie híbrida se han obtenido en varias especies ornamentales, por ejemplo en *Tagetes patula* (Ai *et al.*, 2015) y *Rosa* x *hibrida* (Nadeem *et al.*, 2014). En nochebuena, la aplicación del método genotécnico de hibridación ha dado como resultado híbridos potenciales (Canul *et al.*, 2015). En

crisantemo (*Chrysanthemum* x *morifolium* Ramat.) el uso de cruza amplias ha sido altamente exitoso en mejorar muchas características como la promoción de la precocidad en la floración, tolerancia al frío y al calor (Zhao *et al.*, 2012).

La evaluación de los híbridos está enfocada a observar características fenotípicas y medir las estructuras agromorfológicas. La descripción de materiales con base en descriptores estandarizados tiene por finalidad llevarlos a un siguiente nivel de mejoramiento, previo a su registro ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de

Semillas (SNICS). El objetivo del presente estudio fue evaluar, identificar y seleccionar progenies de nueve cruza dobles de plantas de nochebuena con base en características agronómicas y morfológicas de interés.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatepec, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Zacatepec de Hidalgo, Morelos, México, el cual está ubicado en 18°39'16"N, 99°11'54"O, a una altitud de 910msnm.

En 2012 se formaron nueve híbridos de cruza doble mediante cruza dirigida de especímenes de variedades de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. En los híbridos simples los progenitores femeninos fueron materiales colectados en los estados de México, Morelos, Nayarit, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Sinaloa (Canul *et al.*, 2013). Los progenitores masculinos fueron las variedades comerciales Freedom red, Festival red y Prestige (Tabla I).

En marzo de 2013 se cosechó la semilla híbrida y se guardó a temperatura ambiente en sobres coin, especificando los progenitores que intervinieron. En junio del mismo año las semillas de los híbridos se sembraron en charolas de plástico color negro de 50 cavidades, con sustrato comercial Sunshine Mix® N° 3 humedecido a capacidad de contenedor. Cuando la plántula tuvo cuatro hojas verdaderas fueron trasplantadas a macetas de ocho pulgadas, conteniendo como sustrato mezcla de ocochal, atocle, polvillo de coco y lombricomposta 48:16:16:20 (v/v). Se aplicó solución nutritiva dos veces a la semana y una aplicación de agua durante el ciclo del cultivo. La solución nutritiva fue a base de nitrato de potasio (0,22g·l⁻¹); fosfato monopotásico (0,21g·l⁻¹); Kelatex® (0,032g·l⁻¹) y ácido nítrico (0,25g·l⁻¹). Las plantas se podaron dos veces, la primera quince días después del cambio a maceta de ocho pulgadas y la segunda un mes

después. El mayor problema de plagas fue la araña roja (*Tetranychus urticae*) y se controló con Agrimec® en dosis de 1,5ml·l⁻¹.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y la planta en su maceta de ocho pulgadas se consideró como una repetición, que en total fueron nueve.

En la etapa fenológica de ciatio abierto se midieron: altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm), largo de hoja (cm), ancho de hoja (cm), longitud del peciolo de hoja (cm), diámetro del ciatio (cm), diámetro de bráctea (cm), longitud del peciolo de bráctea (cm), largo de bráctea (cm) y ancho de bráctea (cm). Se contaron el número de entrenudos y el número de ramas.

Con base en la información obtenida se realizó análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (P≤0,05), utilizando el programa de análisis estadístico SAS versión 8.1 (SAS, 2000).

Resultados y Discusión

En la Tabla II se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza y los coeficientes de variación de cada uno de los caracteres registrados. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas para los caracteres longitud de hoja, largo y ancho de bráctea, y diferencias altamente significativas en altura de planta, diámetro de tallo y número de entrenudos.

TABLA I
PROGENITORES UTILIZADOS PARA LA FORMACIÓN DE NUEVE HÍBRIDOS DE CRUZA DOBLE DE NOCHEBUENA. ZACATEPEC, MORELOS, MÉXICO. 2013.

| Progenitor ♀ | | Progenitor ♂ | | F ₁ |
|--------------|--------------|--------------|----------|----------------|
| GRO-08 | Freedom red | MOR-6 | Prestige | CD1 |
| MEX-08 | Freedom red | GRO-4 | Prestige | CD19 |
| MOR-01 | Festival red | GRO-7 | Prestige | CD34 |
| MOR-05 | Freedom red | GRO-7 | Prestige | CD42 |
| MOR-21 | Freedom red | GRO-11 | Prestige | CD47 |
| MOR-21 | Freedom red | OAX-10 | Prestige | CD50 |
| NAY-13 | Freedom red | GRO-11 | Prestige | CD70 |
| PUE-07 | Freedom red | GRO-7 | Prestige | CD81 |
| SIN-02 | Freedom red | GRO-7 | Prestige | CD89 |

F₁: Designación de la cruza, GRO: Guerrero, MEX: México, MOR: Morelos, NAY: Nayarit, PUE: Puebla, SIN: Sinaloa, OAX: Oaxaca.

TABLA II
CUADRADOS MEDIOS Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CARACTERES EVALUADOS EN NUEVE HÍBRIDOS DE CRUZA DOBLE DE NOCHEBUENA

| Caracteres | CM | CV (%) |
|--------------------------------------|-----------|--------|
| Altura de planta (cm) | 575,09 ** | 17,03 |
| Diámetro del tallo (mm) | 53,08 ** | 11,27 |
| Número de ramas | 1,69 ns | 36,28 |
| Número de entrenudos | 34,85 ** | 12,37 |
| Longitud de hoja (cm) | 6,13 * | 13,62 |
| Ancho de hoja (cm) | 3,32 ns | 22,65 |
| Longitud del peciolo de hoja (cm) | 0,92 ns | 24,05 |
| Diámetro de bráctea (cm) | 30,14 ns | 22,06 |
| Diámetro del ciatio (cm) | 6,50 ns | 42,24 |
| Longitud del peciolo de bráctea (cm) | 0,85 ns | 33,69 |
| Largo de bráctea (cm) | 7,43 * | 17,05 |
| Ancho de bráctea (cm) | 3,70 * | 25,91 |

CM: cuadrados medios; CV: coeficiente de variación; ns: diferencia no significativa; *: diferencia significativa (P≤0,05); **: diferencia altamente significativa (P≤0,01).

Para número de ramas, ancho de hoja, diámetro de bráctea, diámetro de ciatio, longitud del peciolo de bráctea y de hoja no se encontraron diferencias estadísticas. El coeficiente de variación con el valor más alto se obtuvo en longitud del peciolo de bráctea con 33,69% y con el menor valor se registró en diámetro del tallo con 11,27%.

Para algunas variables se tuvieron valores aceptables del coeficiente de variación, lo que indica que existe diversidad genética para este nivel de hibridación. Barrios *et al.* (2013) mencionan que entre más grande el valor de este coeficiente probablemente habrá mayor variabilidad. Esto permitirá encontrar materiales con características deseables para la obtención de nuevos genotipos y así poder continuar con el

proceso de mejoramiento genético de la especie. En caracteres con coeficiente de variación alto (Tabla II) probablemente será necesario continuar con el proceso para así generar individuos que reúnan las características morfológicas y estéticas que demandan tanto el productor como el consumidor.

La mitad de las variables registradas para la evaluación fenotípica de los híbridos de cruza doble de nochebuena presentaron diferencias estadísticas significativas. En la Tabla III se muestra la comparación de medias Tukey (P≤0,05). Se observa que de los nueve genotipos, evaluados ocho sobresalieron por lo menos en una característica. El híbrido CD50 no presentó superioridad en característica alguna.

TABLA III
PROMEDIOS DE LAS VARIABLES QUE PRESENTARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN NUEVE HÍBRIDOS DE CRUZA DOBLE DE NOCHEBUENA

| Híbrido | Caracteres | | | | | |
|---------|------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| | AP (cm) | DT (mm) | NE | LH (cm) | LB (cm) | AB (cm) |
| CD1 | 78,42 b | 19,21 bc | 25,77 a | 10,92 ab | 10,47 ab | 5,25 ab |
| CD19 | 75,11 b | 20,43 b | 20,77 b | 12,51 ab | 11,92 ab | 5,83 a |
| CD34 | 68,65 b | 20,36 bc | 23,15 ab | 11,49 ab | 10,44 ab | 4,00 ab |
| CD42 | 99,58 a | 22,47 ab | 23,00 ab | 12,76 a | 12,53 a | 4,78 ab |
| CD47 | 73,94 b | 20,47 b | 23,14 ab | 10,94 ab | 10,04 ab | 5,24 ab |
| CD50 | 83,71 ab | 21,07 ab | 25,33 ab | 11,66 ab | 9,10 b | 3,63 b |
| CD70 | 75,26 b | 24,62 a | 26,76 a | 10,26 b | 9,98 ab | 4,79 ab |
| CD81 | 78,92 b | 16,72 c | 25,09 ab | 12,17 ab | 10,72 ab | 4,60 ab |
| CD89 | 72,08 b | 19,53 bc | 22,57 ab | 11,45 ab | 10,70 ab | 4,80 ab |

AP: altura de planta, DT: diámetro de tallo, NE: número de entrenudos, LH: longitud de hoja, LB: largo de bráctea, AB: ancho de bráctea. Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas (P≤0,05).

Altura de planta

El híbrido CD42 presentó la mayor altura de planta (99,58cm) y fue estadísticamente similar a CD50 (83,71cm), vigor híbrido no deseado en un genotipo de buenas características para nochebuena; sin embargo, comparado con los híbridos restantes se comportó diferente. El CD34 mostró el menor porte con 68,65cm. Los demás materiales presentaron valores estadísticamente iguales.

Como resultado de la recombinación genética, un híbrido de cruce doble presentó mayor altura de planta; sin embargo, para el caso de nochebuena de interior en maceta se demanda plantas de porte bajo. Por lo tanto, los genotipos restantes serían ideales para continuar con el proceso de mejoramiento genético. Comparado con el porte de planta de la variedad comercial Freedom red, que es de 46cm de altura, algunos genotipos se acercan más al porte de planta deseado por los consumidores.

Campos (2013), en una cruce simple entre una accesión del estado de Morelos con la variedad comercial Prestige early, reportó altura de planta promedio de 147cm, la cual es superior comparado con los resultados de este estudio. Jiménez (2014), en la cruce entre una accesión del estado de México con la variedad comercial Freedom red, determinó altura promedio de la progenie de 91cm, que es menor a lo obtenido en este trabajo. Lo anterior indica interacción dependiente de la fuente de germoplasma y de la recombinación, la cual es aleatoria. Probablemente entre más distante sea el origen de los progenitores, mayor la probabilidad de que se logren recombinaciones superiores.

Diámetro del tallo

El híbrido CD70 sobresalió por su grosor de tallo y fue el de valor más alto con 24,62mm en promedio, pero fue similar a CD42 y CD50. El de menor diámetro fue CD81 con 16,72mm. Con base en la expresión fenotípica del grosor de tallo, aspecto fundamental en soporte de la planta, existen materiales promisorios con el acervo genético para este carácter, el cual se le dará mayor énfasis en las generaciones siguientes, mediante la propagación clonal para mantener la identidad genética (Islam *et al.*, 2013).

El más apropiado para seguir con el proceso de mejoramiento es CD70, por el diámetro de tallo que presentó, el cual permitirá soportar el peso de la planta. En nochebuena se requieren buena cantidad de ramas y cada una representa una bráctea potencial. En la progenie obtenida por Jiménez (2014) el diámetro del tallo fue de 24,31mm, valor superado por CD70, mientras que los híbridos restantes tuvieron menor grosor.

El más apropiado para seguir con el proceso de mejoramiento es CD70, por el diámetro de tallo que presentó, el cual permitirá soportar el peso de la planta. En nochebuena se requieren buena cantidad de ramas y cada una representa una bráctea potencial. En la progenie obtenida por Jiménez (2014) el diámetro del tallo fue de 24,31mm, valor superado por CD70, mientras que los híbridos restantes tuvieron menor grosor.

Número de entrenudos

Los materiales con el mayor número de entrenudos fueron CD70 y CD1, resultando estadísticamente similares a los otros híbridos, excepto CD19, que presentó el menor número. Estos resultados son similares a lo reportado por Jiménez (2014) en la progenie derivada del cruzamiento de una colecta procedente del estado de Oaxaca con la variedad comercial Freedom red, la cual produjo 23 entrenudos.

Probablemente el híbrido CD19 se consideraría ideal para su selección, pero esto dependerá de la distancia de nudo a nudo, ya que los criterios de selección son los de una menor distancia. Para el fitomejorador, entre mayor cantidad de nudos y menos distantes entre ellos es mejor, pues así se tendrá plantas de porte bajo con mayor cantidad de brotes que darán lugar a brácteas. Ambos caracteres son de vigor híbrido negativo, pero muy importantes en nochebuena.

Longitud de hoja

La comparación de medias mostró diferencia estadística en la longitud de hoja de los genotipos evaluados. El CD42 mostró el mayor valor con

12,76cm, el cual coincide con la longitud de hoja del cultivar Miss Maple (Lee *et al.*, 2007a). El CD42 es estadísticamente similar a los demás genotipos, a excepción del CD70, que mostró el menor promedio con 10,26cm. En el híbrido de cruce simple reportado por Jiménez (2014) la longitud de hoja (18,33cm) fue mayor comparado con estos híbridos de cruce doble. También Lee *et al.* (2007b) determinó mayor longitud de hoja (17,2cm) en el híbrido Scarlet.

La longitud de la hoja es importante para la arquitectura de las plantas. El consumidor demanda plantas compactas con muchas ramas y se requiere de buena cobertura aérea para darle estética al producto.

Largo de bráctea

El híbrido CD42 presentó las brácteas más largas con 12,53cm, estadísticamente igual a otros siete híbridos, y CD50 tuvo brácteas cortas, de 9,10cm. CD42 superó en longitud de bráctea a Miss Maple (Lee *et al.*, 2007a) y fue inferior a Heidi (Lee *et al.*, 2010) y Scarlet (Lee *et al.*, 2007b). Por otra parte, en híbridos experimentales Jiménez (2014) reportó un menor promedio en el largo de bráctea (8,31cm).

El objetivo primordial en mejoramiento genético respecto a brácteas es obtener el mayor tamaño posible, que sean vistosas y llamativas para el consumidor final. El genotipo CD42 es un buen candidato, aunque estadísticamente fue similar a otros siete híbridos.

Ancho de bráctea

La prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) determinó diferencias en ancho de bráctea entre los híbridos CD19 (5,83cm) y CD50 (3,63cm). El primero de ellos (CD19) fue estadísticamente igual a otros siete híbridos (Tabla III). El de menor anchura de bráctea coincide con lo reportado por Jiménez (2014). Por otra parte, los valores obtenidos en este trabajo son menores comparados con el de variedades comerciales: para

Miss Maple se reporta 4,8cm (Lee *et al.*, 2007a), para Scarlet 5,8cm (Lee *et al.*, 2007b) y para Heidi 7,9cm (Lee *et al.*, 2010).

El valor comercial de la nochebuena radica en el porte de planta, tamaño de hoja, tamaño de bráctea y el color de la misma (Canul *et al.*, 2010). Por ello, se considera que el híbrido CD19 reúne las mejores características para esta variable. El híbrido CD50 presentó bráctea angosta, por lo que probablemente se descartaría para continuar con su mejora. Todos los materiales presentaron brácteas pequeñas comparado con la variedad Freedom red, cuyo ancho es de 9 a 10cm.

La respuesta fenotípica de los híbridos fue diferente entre ellos, debido a la constitución genética de los mismos. Todos provienen de cuatro progenitores y la diferencia probablemente radica en el aporte génico del parental materno, ya que en su mayoría los parentales paternos fueron los mismos (Freedom red y Prestige), a excepción del caso de Festival red. En los híbridos en donde hubo buena respuesta fenotípica se puede inferir que la recombinación genética fue favorable.

Santos *et al.* (2012) señalan que la habilidad para combinarse es un factor determinante en el mejoramiento genético y es una consecuencia de la asociación entre alelos favorables y un proceso meiótico regular, lo que da origen a la formación de gametos viables.

Finalmente, cabe enfatizar que el mejoramiento genético de las especies cultivadas es un proceso largo, minucioso y atractivo en términos monetarios. La variación generada a través de la cruce empleando un número variable de progenitores es una alternativa viable para ofertar variedades novedosas. Además, aprovechar la facilidad de la planta de nochebuena para ser clonada vegetativamente acelera el proceso y da oportunidad de ofrecer material libre de enfermedades.

Conclusiones

Los híbridos de cruce doble estudiados mostraron diferencias

en los caracteres evaluados. Los que presentaron mejores respuestas para las características deseables para llegar a una planta de nochebuena comercial fueron CD70, CD1, CD19 y CD42.

El híbrido CD70 fue el que reunió más características aceptables, mostrando vigor híbrido positivo o negativo, el cual permitió diferenciarlo del total de los materiales evaluados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INIFAP por el apoyo económico proporcionado a través del proyecto de investigación N° SIGI 828833155.

REFERENCIAS

- Ai Y, Zhang Q, Pan C, Zhang H, Ma S, He Y, Bao M (2015) A study of heterosis, combining ability and heritability between two male sterile lines and ten inbred lines of *Tagetes patula*. *Euphytica* 203: 349-366.
- Ángeles HH (2000) Mejoramiento genético del maíz en México: el INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor, el INIFAP. *Agric. Téc. Méx.* 26: 31-48.
- Barrios GEJ, Zamarripa CA, Canul KJ, Hernández AM, Alarcón CN, Chepetla CV (2013) Evaluación de materiales élite de higuera (*Ricinus communis* L.) en Morelos. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx.* 1(2): 27-32.
- Campos BE (2013) *Hibridación en Nochebuena de Sol* (Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch) con la Variedad Prestige Early y su Evaluación con Marcadores Morfológicos y Moleculares. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 71 pp.
- Canul KJ, García PF, Osuna CFJ, Ramírez RS (2010) Estrategias para el mejoramiento genético de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Inv. Agropec.* 7: 44-54.
- Canul KJ, García PF, Osuna CFJ, Ramírez RS, Barrios GEJ (2013) Recursos genéticos de nochebuena en México, colecta de germoplasma para mejoramiento genético. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx.* 1(2): 20-26.
- Canul KJ; García PF, Barrios GEJ, Campos BE, Osuna CFJ, Ramírez RS, Rangel ESE (2015) Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Agroproductividad* 8(2): 32-37.
- Lee EK, Kim WH, Park PM, Kim ST, Lee DW, Kim YJ (2007a) A new poinsettia cultivar, "Miss Maple" with deep lobed leafblades. *Kor. J. Breed. Sci.* 39: 534-535.
- Lee EK, Kim WH, Park PM, Kim ST, Lee DW, Kim YJ (2007b) A new poinsettia cultivar, "Scarlet" bright red bracts. *Kor. J. Breed. Sci.* 39: 536-537.
- Lee EK, Kim WH, Kim ST, Lee SY (2010) Breeding of velvety red poinsettia "Heidi". *Kor. J. Breed. Sci.* 42: 611-614.
- Islam MA, Lütken H, Hauglien S, Blystad D, Torre S, Rolcik J, Rasmussen SK, Olsen JE, Clarke JL (2013) Overexpression of the *AtSH1* gene in poinsettia, *Euphorbia pulcherrima*, results in compact plants. *Plos ONE* 8(1):e53377. doi:10.1371/journal.pone.0053377.
- Jiménez MC (2014) *Respuesta Agronómica de Progenies F₁ de Nochebuena* (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 44 pp.
- Kato J, Mii M (2012) Production of interspecific hybrids in ornamental plants. En Loyola-Vargas VM, Ochoa-Alejo N (Eds.) *Plant Cell Culture Protocols. Methods in Molecular Biology*. Springer. pp. 233-245.
- Mihalte L, Sestras RE (2011) The plant size and the spine characteristics of the first generation progeny obtained through the cross-pollination of different genotypes of Cactaceae. *Euphytica* 184: 369-376.
- Molina MJ, Córdova TL (2006) *Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, México. 172 pp.
- Nadeem M, Wang X, Akond M, Awan FS, Khan AI, Riaz A, Yonnis A (2014) Hybrid identification, morphological evaluation and genetic diversity analysis of Rosa x hybrida by SSR markers. *Aust. J. Crop Sci.* 8: 183-190.
- Nava-Esparza VC, Chimal HA (2006) *Plantas Mexicanas con Potencial Ornamental*. Serie Académicos CBS. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 626 pp.
- Ramírez ZG, Chávez-Servia JL (2014) *Mejoramiento Genético de Ornamentales del Estado de México*. Instituto de Investigación y Capacitación Agrícola, Acuicola y Forestal del Estado de México, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca, COFUPRO. México. 26 pp.
- Santos EA, Souza MM, Abreu PP, Conceicao LD, Araújo IS, Viana AP, Almeida AF, Freitas JC (2012) Confirmation and characterization of interspecific hybrids of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*) for ornamental use. *Euphytica* 184: 389-399.
- SAS (2000) *SAS® Procedure Guide, Version 8.1*. SAS Institute Inc. Cary, NC, EEUU. 1643 pp.
- SIAP (2016) *Cierre de la Producción Agrícola. Nochebuena (Planta)*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 (Cons. 06/06/2017).
- Thiemann A, Meyer S, Scholten S (2009) Heterosis in plants: manifestation in early seed development and prediction approaches to assist hybrid breeding. *Chin. Sci. Bull.* 54: 2363-2375.
- Trejo L, Feria T, Olsen KM, Eguarte LE, Arroyo B, Gruhn J, Olson ME (2012) Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *Am. J. Bot.* 99: 1146-1157.
- Zhao H, Chen S, Tang F, Jiang J, Li Ch, Miao H, Chen F, Fang W, Guo W (2012) Morphological characteristics and chromosome behavior in F₁, F₂ and BC₁ progenies between *Chrysanthemum x morifolium* and *Ajania pacifica*. *Russ. J. Genet.* 48: 808-818.