

VARIACIÓN GENERADA MEDIANTE RECOMBINACIÓN GENÉTICA EN *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch

VARIATION GENERATED THROUGH GENETIC RECOMBINATION OF *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch

Canul-Ku, J.^{1*}; García-Pérez, F.¹; Barrios-Gómez, E.J.¹; Rangel-Estrada, S.E.¹; Ramírez-Rojas, S.¹; Osuna-Canizalez, F. de J.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec. Km 0.5 carretera Zacatepec-Galeana, Colonia Centro (frente al IMSS), C. P. 62 780 Zacatepec, Mor. Tel.: 01 800 088 2222 o 55 38 71 87 00 ext. 86606.

*Autor de correspondencia: canul.jaime@inifap.gob.mx,

RESUMEN

El mejoramiento genético en nochebuena aplicando métodos genotécnicos de hibridación y selección ha generado variabilidad morfofenotípica que requiere ser evaluado. Por lo que, el objetivo de este trabajo fue describir la variación obtenida a través de recombinación genética en nochebuena. La investigación se desarrolló en el Campo Experimental Zacatepec del INIFAP en el periodo de 2010 a 2015. El material genético fue generado a través de polinización manual y consistió de tres genotipos experimentales de cruce simple (CSF3, CSG1, CSB14), dos de cruce de tres líneas (CTA18, CTE19) y una de cruce doble (CDC51), por lo que seis materiales en total fueron usados. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones, considerando una planta como repetición. Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey. Los materiales experimentales de nochebuena presentaron respuesta morfológica diferencial. El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas altamente significativas en todas las características registradas, a excepción de diámetro de bráctea. Los genotipos experimentales CDC51 y CSB14 son los que mostraron el mejor comportamiento. La variación generada a través de la recombinación genética es amplia. Se requiere la evaluación a nivel comercial de los materiales prometedores con la finalidad de ser liberados como nueva variedad.

Palabras clave: hibridación, selección, polinización manual.

ABSTRACT

Genetic improvement in poinsettia by applying genotechnical hybridization and selection methods has generated morphophenotypical variability that needs to be evaluated. Therefore, the objective of this study was to describe the variation obtained through genetic recombination in poinsettia. The research was carried out during the 2010-2015 period. The genetic material was generated through manual pollination and consisted in three simple-cross experimental genotypes (CSF3, CSG1, CSB14), two with three-line crosses (CTA18, CTE19) and one double-cross (CDC51), so that six materials in total were used. A completely random experimental design with ten repetitions was used, considering one plant as repetition. Variance analysis and Tukey means comparison test were carried out. The experimental poinsettia materials presented a differential morphological response. The variance analysis detected highly significant statistical differences in all the characteristics recorded, with the exception of bract diameter. The experimental genotypes CDC51 and CSB14 are the ones that showed the best performance. The variation generated through genetic recombination is broad. The evaluation at the commercial level of the promising materials is required, with the purpose of being liberated as new varieties.

Keywords: hybridization, selection, manual pollination.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 8, agosto, 2017, pp. 13-17.

Recibido: diciembre, 2016. **Aceptado:** mayo, 2017.

INTRODUCCIÓN

En muchos países se identifica la temporada de navidad con la planta de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). La especie se ubica taxonómicamente en la familia Euphorbiaceae (Steinmann, 2002), su centro de origen según Trejo *et al.* (2012) es una pequeña región localizada al norte del estado de Guerrero, México, no obstante se distribuye en varias entidades del país, en áreas naturales, traspatios y en forma semicultivada (Canul *et al.*, 2013). La parte comercial y atractiva de la nochebuena son sus hojas modificadas denominadas brácteas, aunque también contribuye en su apariencia la arquitectura de la planta (Canul *et al.*, 2014). García *et al.* (2013) indican que la altura ideal y estética es variada y está definida por los consumidores, quienes demandan plantas compactas y altas. A nivel comercial, se oferta en diferentes tamaños de contenedor, desde las más pequeñas para escritorio (tres pulgadas) hasta los de mayores tamaños (10-12 pulgadas) denominados macetones y colgantes. El consumidor, nacional e internacional, demanda en mayor proporción nochebuena con brácteas de color rojo (90%) del total (Catanzaro y Bhatti, 2006), y el 10 % restante se reparten en variedades con brácteas de color rosa, amarillo, y variegadas. Aunque, es preciso señalar que la oferta de la variabilidad de colores lo hacen las empresas extranjeras, quienes son las generadoras de los genotipos mejorados para espacios de interior. En un periodo relativamente corto se comercializan en promedio seis millones de plantas al año en Morelos, México, y 25 millones en el país (SIAP, 2014). Es un cultivo importante por el número de productores dedicados al proce-

so productivo y empleos que genera (Vázquez *et al.*, 2012). La oferta y demanda de plantas de nochebuena es dinámica por lo que existe la oportunidad para proponer nuevos materiales cumpliendo con los estándares de calidad y gusto del consumidor. El mercado está dominado comercialmente por variedades generadas fuera de México, lo cual trae limitantes, tales como la falta de adaptación de esas variedades comerciales a las condiciones del medio ambiente de las áreas productoras, anormalidad en el crecimiento y desarrollo de la planta, calidad deficiente de la planta terminada, y baja o nula pigmentación. Además, crea dependencia en varios sentidos, ya que los productores tienen que adquirir el material vegetativo solo con empresas que tienen los derechos para su comercialización, lo que además implica el pago de regalías lo cual causa un incremento en los costos de producción. Bajo estas condiciones se inició en el año 2010 el programa de mejoramiento genético en nochebuena trazándose como meta principal la obtención de variedades de origen nacional que coadyuve a la disminución de costos de producción, con características que el mercado demanda, tales como el color, tamaño y forma de bráctea, larga vida de contenedor y resistencia a factores bióticos y abióticos (Canul *et al.*, 2010). Como tal, el país posee germoplasma valioso a partir del cual se puede obtener nuevas variedades, en este sentido Trejo *et al.* (2015) señalan que la diversidad genética presente en las plantas del Distrito Federal es casi tan elevada como la encontrada en los cultivares comerciales, aunque menor que la observada en las plantas silvestres. En tanto que, Canul *et al.* (2014) reportaron amplia variación genética en germoplasma

procedente de diez entidades del país. A través del mejoramiento genético de la especie aplicando métodos genotécnicos de hibridación, selección y mutagénesis se ha generado variabilidad morfofenotípica en nochebuena. El objetivo de este trabajo fue describir la variación generada a través de recombinación genética en nochebuena partiendo de una muestra nacional de genotipos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en el periodo comprendido de 2010 a 2015 en el Campo Experimental Zacatepec, perteneciente al INIFAP. Este Campo se localiza en el Km. 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana (18° 39' 23" N; 99° 11' 54.95" O, y altitud de 911 m). El clima es cálido subhúmedo (Aw0) con lluvias en verano, precipitación promedio anual de 800 mm y temperatura promedio anual de 24 °C. El material genético empleado para realizar los cruzamientos manuales fueron poblaciones nativas y variedades comerciales. Las poblaciones fueron recolectadas en diez estados de la República Mexicana (Canul *et al.*, 2013); las cuales fueron caracterizadas con base en morfología de planta (Canul *et al.*, 2014) y posteriormente se seleccionaron las mejores. Mientras que, las variedades comerciales se eligieron por su alta demanda en el mercado y que han perdurado en el gusto del consumidor por largos años. Los métodos genotécnicos aplicados fueron la hibridación y la selección. En la primera se realizó la emasculación y la polinización manual, cortando dos terceras partes de la bráctea en dirección del ápice hacia la base de la inflorescencia, se eliminaron todas las estructuras masculinas y se dejaron tres a cuatro flores femeni-

nas no receptivas, pero en similar estado fenológico, enseguida se cubrió con bolsa encerada. El desarrollo de la flor femenina se revisó tres días después, cuando estuvo receptiva se llevó a cabo la polinización, para esto se recolectó polen del progenitor masculino e impregnó en cantidad suficiente al estigma del progenitor femenino (Canul *et al.*, 2015). La cantidad de genotipos generados por recombinación genética ha sido en gran cantidad; sin embargo, para este estudio se emplearon tres genotipos de cruce simple (CSF3, CSG1, CSB14), dos de cruce de tres líneas (CTA18, CTE19) y una de cruce doble (CDC51) (Figura 1).

Las semillas cosechadas de los genotipos experimentales, se sembraron en charolas de 50 cavidades empleando como sustrato comercial Sunshine[®] No. 3. En cada cavidad se colocó una semilla. Las charolas se cubrieron con plástico blanco para mantener la humedad del sustrato y aumentar la temperatura, para acelerar su germinación. La emergencia ocurrió entre 4 y 5 días después y las charolas se cambiaron a condiciones de malla aluminizada. Las plántulas en etapa de cuatro hojas verdaderas se cambiaron a maceta de ocho pulgadas conteniendo como sustrato mezcla de ocochal, atocle, polvillo de coco en block $\frac{3}{4}$ Pelemix[®] y lombricomposta de cachaza en proporción 48:16:16:20 v/v. El manejo del cultivo se basó en aplicación de riegos, eliminación manual de malezas, suministro de fertilizante mediante solución nutritiva y control preventivo de plagas y enfermedades. La selección de plantas se realizó en etapa fenológica de pigmentación de brácteas aplicando criterios de selección, tales como: porte y arquitectura de planta; largo, ancho y color tanto de hoja como de bráctea. Para continuar



Figura 1. Polinización manual de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch.

con el proceso de mejoramiento genético, cada año se incrementó el número de individuos mediante propagación vegetativa vía esquejes (Figura 2) a partir de las plantas seleccionadas.

Los genotipos generados se consideraron como tratamientos y para su evaluación en vivero se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Las variables respuesta

fueron altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), largo (cm) y ancho de hoja (cm), largo y ancho de bráctea (cm), longitud de peciolo de hoja (cm) y de bráctea (cm), diámetro de bráctea (cm) y ciatio (cm), y número de ramas. La información registrada de esas variables se sometió a análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas se realizaron comparación de medias a través de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($P \leq 0.05$). Ambos análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales experimentales de nochebuena presentaron respuesta morfológica diferencial (Cuadro 1), el análisis de varianza detectó diferencias estadísticas altamente significativas en todas las características registradas, a excepción de diámetro de bráctea. El coeficiente de variación más alto se obtuvo en diámetro de ciatio con 38% y el menor en número de entrenudos con 13%. Estos valores son similares a lo reportado en la evaluación de progenies F_1 (Jiménez, 2014) y de cruza dobles de nochebuena (Márquez, 2016).

El Cuadro 2 muestra la comparación de medias de las variables respuestas entre los materiales experimentales evaluados.



Figura 2. Propagación de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch mediante esquejes.

Cuadro 1. Cuadrados medios y coeficiente de variación en materiales experimentales de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch evaluados en Zacatepec, Morelos, México.

Características	CM	CV (%)
Altura de planta (cm)	627.65**	16.61
Diámetro de tallo (mm)	55.47**	15.85
Largo de hoja (cm)	16.23**	14.75
Ancho de hoja (cm)	18.63**	22.66
Longitud del peciolo de hoja (cm)	3.29**	25.59
Número de ramas	3.55**	28.4
Número de entrenudos	85.54**	13.62
Ancho de bráctea (cm)	3.58**	20.61
Largo de bráctea (cm)	5.27*	17.10
Diámetro de bráctea (cm)	22.23 ^{NS}	18.47
Diámetro de ciatio (cm)	11.4**	38.76
Longitud del peciolo de bráctea (cm)	1.36**	25.11

NS: Diferencia no significativa; *: Diferencia significativa $P \leq 0.05$; **: Diferencia altamente significativa $P \leq 0.01$; CM: Cuadrados Medios; CV: Coeficiente de Variación.

El material CSG1 expresó la menor altura de planta, en cambio CTE19 y CSB14 fueron los de mayor porte, es importante señalar que en nochebuena lo que se busca es tener plantas compactas y CSG1 es un material idóneo y fue similar a CDC51, al respecto García (2015) señala que el carácter en donde se observó la mejor respuesta al evaluar genotipos experimentales de nochebuena fue en porte de la planta. En diámetro de tallo CSB14

y CTE19 mostraron el mayor grosor y CDC51 el más delgado, una planta con buen grosor de tallo permitirá el sostén de muchas ramas con sus respectivas brácteas, hay que tener presente que el consumidor demanda plantas con bastantes brácteas. En largo de hoja CSB14 y CTE19 también tuvieron el promedio mayor y CSG1 el menor. Mientras que, en ancho de hoja CTA18 y CTE19 fueron estadísticamente superiores a los otros genotipos, de

nueva cuenta CSG1 tuvo menor anchura de hoja y el peciolo de hoja más corto.

Otro aspecto muy importante es la ramificación, y con excepción de CTE19, todos tuvieron la misma cantidad de ramas. En cuanto a nudos CTA18 y CSB14 presentaron la mayor cantidad y CSG1 la menor. El genotipo con mayor tamaño de brácteas fue CDC51 (4.12 mm en ancho y 8.70 mm en largo); en cambio CTE19 tuvo brácteas pequeñas. En diámetro de ciatio CSG1 mostró ciatios más compactos y es uno de los caracteres que le dan estética a la nochebuena, así como tener brácteas grandes (Cuadro 2). Los materiales experimentales evaluados mostraron fenotipos diferentes, esto da la oportunidad para seleccionar a los genotipos más prometedores. También permitirá ofrecer diferentes tipos de plantas, ya que el mercado de ornamentales es muy dinámico (García *et al.*, 2015) y depende de las preferencias del consumidor (Catanzaro y Bhatti, 2006). La Figura 3 muestra genotipos generados en el programa de mejoramiento genético de nochebuena.

Cuadro 2. Comparación de medias de variables evaluadas en materiales experimentales de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch en Zacatepec, Morelos, México.

Característica	CTA18	CSB14	CDC51	CTE19	CSF3	CSG1
Altura de planta (cm)	42.5bc	50.68ab	38.79cd	52.15a	41.29c	32.89d
Diámetro de tallo (mm)	10.76c	13.40a	7.05d	13.12ab	11.17bc	9.86c
Largo de hoja (cm)	10.32abc	11.39a	9.56bcd	11.24ab	9.46cd	8.38d
Ancho de hoja (cm)	6.90a	6.56ab	5.10bc	6.89a	4.70c	4.25c
Longitud del peciolo de hoja (cm)	2.80b	3.24ab	3.27ab	4.10a	2.96b	2.55b
Número de ramas	3.73a	4.00a	3.60a	2.30b	3.53a	3.46ab
Número de entrenudos	18.80a	17.60ab	14.30cd	15.80bc	15.46bc	11.80d
Ancho de bráctea (cm)	3.71ab	3.17bc	4.12a	2.50c	3.30abc	3.84ab
Largo de bráctea (cm)	7.19ab	7.19ab	8.70a	7.05b	8.28ab	7.92ab
Diámetro de ciatio (cm)	2.41bc	3.74ab	4.70a	3.82ab	3.62abc	2.16c
Longitud del peciolo de bráctea (cm)	1.44bc	1.74b	2.24a	1.40bc	1.60bc	1.25c

Valores con la misma letra en el sentido de la hilera son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La variación generada a través de la recombinación genética es amplia, y se observó en la expresión morfo fenotípica diferente, lo que da la oportunidad para seleccionar a las más prometedoras aplicando criterios de calidad que demanda el mercado de nochebuena. Los genotipos experimentales CDC51 y CSB14 fueron los que registraron la mejor respuesta a las variables respuesta, y se sugiere su evaluación comercial.



Figura 3. Variación morfológica producto de recombinación genética en *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch.

LITERATURA CITADA

- Canul K.J., García P.F., Osuna C.F., Ramírez R.S. 2010. Estrategias para el mejoramiento genético de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Investigación Agropecuaria 7(1): 44-54.
- Canul K.J., García P.F., Osuna C.F., Ramírez R.S., Barrios G.E. 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., García P.F., Barrios G.E., Osuna C.F., Ramírez R.S., Alia T.I., Montoya C.E. 2014. Caracterización morfológica de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México 2: 16-23.
- Canul-Ku J., García-Pérez F., Barrios-Gómez E., Campos-Bravo E., Osuna-Canizalez F., Ramírez-Rojas S., Rangel-Estrada S. 2015. Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Agroproductividad 8:32-37.
- Catanzaro C., Bhatti S. 2006. Consumers survey reveals poinsettia cultivar preferences for 2005. HortScience 41:1061.
- García L.S. 2015. Evaluación de genotipos de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Tetela del Monte, Cuernavaca, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 34 p.
- García P.F., Alia T.I., Vargas D.G., Valdez A.L., Canul K.J., López M.V., Osuna C.F., Colinas de L. M., Ramírez R. S. 2013. Comportamiento de variedades comerciales de nochebuena en Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos. Folleto Técnico Número 74. 51 p.
- García P.F., Canul K.J., Osuna C.F., Ramírez R.S., Rangel E.S., Portas F.B. 2015. Propagación de nochebuena de sol. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos. Publicación Especial Núm 57.45 p.
- Jiménez M.C. 2014. Respuesta agronómica de progenies F1 de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 43 p.
- Márquez M.M. 2016. Evaluación de progenies de cruza dobles de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 42 p.
- SAS. 2000. SAS® Procedure Guide, Version 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA 1643 p.
- SIAP. 2015. (Consultado septiembre, 2015). <http://www.siap.gob.mx/>.
- Steinmann V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. Acta Botánica Mexicana 61:61-93.
- Trejo L., Feria A.T., Olsen K.M., Eguiarte L.E., Arroyo B., Gruhn J.A., Olson M.E. 2012. Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. American Journal of Botany 99:1146-1157.
- Trejo-Hernández L., Olson-Zúñiga M.E., Bye-Boettler R.A. 2015. Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 86:478-485.
- Vázquez A.P., García P.F., Granada C.L., Canul K.J., Ramírez R.S., Osuna C.F. 2012. CUETLAXÓCHITL-NOCHEBUENA: su pasado, presente y futuro en el estado de Morelos. Publicación Especial Núm. 52. INIFAP. C.E. Zacatepec. 70 p.