



## Production of fruits and seeds in crosses of varieties of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch)

## Producción de frutos y semillas en cruces de variedades nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch)

Montes-Maya, F.<sup>1</sup>, Andrade-Rodríguez, M.<sup>1,\*</sup>, Ayala-Hernández, J. J.<sup>2</sup>, Villegas Torres, O. G.<sup>1</sup>, Sotelo Nava, H.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencia Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001. C.P.62209. Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. México.

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Chapingo, Estado de México. México.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Montes-Maya, F., Andrade-Rodríguez, M., Ayala-Hernández, J. J., Villegas Torres, O. G., Sotelo Nava, H. (2019). Production of fruits and seeds in crosses of varieties of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Revista Bio Ciencias* 6, e601. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e601>



### ABSTRACT

Seeds are the basis of the genetic diversity of the species and a fundamental element in the conventional genetic breeding. The production of seeds in poinsettia is depending on the varieties used as progenitors. Based on this, the aim of this study was to evaluate the production of fruits and seeds in crosses of two varieties of poinsettias of sun with four varieties of shade plants. The female parents were Amanecer navideño and Juan Pablo, and the male parents were Festival red, Ice punch, Premium marble and Cortez burgundy. There were 10 repetitions per crossing and in each one 15 hermaphrodite flowers were selected, these were emasculated before the anthesis and the pollination was performed when the stigma was receptive. Fruit set, characteristics of the fruits as well as the characteristics of the seeds were evaluated.

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: November 15<sup>th</sup> 2018.

Accepted/Aceptado: June 10<sup>th</sup> 2019.

Available on line/Publicado: June 14<sup>th</sup> 2019.

### RESUMEN

Las semillas son base de la diversidad genética de las especies y elemento fundamental en el mejoramiento genético convencional. La producción de semillas de nochebuena depende de las variedades usadas como progenitores. Con base en esto, el objetivo fue evaluar la producción de frutos y semillas en cruzamientos de dos variedades de nochebuena de sol con cuatro de sombra. Los progenitores femeninos fueron Amanecer navideño y Juan Pablo y los masculinos fueron Festival red, Ice punch, Premium marble y Cortez burgundy. Se tuvieron 10 repeticiones por cruzamiento, en cada una se eligieron 15 flores hermafroditas mismas que fueron emasculadas antes de la antesis; la polinización se realizó cuando el estigma estuvo receptivo. Se evaluó amarre de fruto, características de los frutos así como las características de semillas. Los mejores cruzamientos fueron Juan Pablo x Premium marble y Amanecer navideño x Festival red ya que tuvieron mayor amarre de fruto (83.6 y 69.98 %) y más de dos semillas por fruto. Los mejores progenitores masculinos fueron Festival red y Premium marble (indujeron 63.99 y 64.63 % amarre de fruto); por el

#### \*Corresponding Author:

María Andrade Rodríguez. Av. Universidad 1001. 62209. Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. México. Phone: +52(777) 223 7602. E-mail: [maria.andrade@uaem.mx](mailto:maria.andrade@uaem.mx)

The best crosses were Juan Pablo x Premium marble and Amanecer navideño x Festival red since they had a higher fruit set (83.6 and 69.98 %) and more than two seeds per fruit. The best male progenitors were Festival red and Premium marble (induced 63.99 and 64.63 % fruit set); on the contrary, Ice punch and Cortez burgundy induced few fruits and Ice punch even did not produce fruit when crossing it with Juan Pablo.

---

## KEY WORDS

---

Crossings in poinsettia, size of seeds, characteristics of poinsettia fruits, fruit set.

---

## Introduction

Poinsettia or “cuetlaxochit” (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch) is the most important species of the *Euphorbia* genus, and one of the top plant with higher economic impact, with annual sales of hundreds of millions of dollars (USDA, 2015). In Mexico, its sale initiates during the second week of November and continues until December. The demand is focused on interior design, gardens and public spaces although its medicinal use is also reported (Colinas-León, 2009). In the last decade, the surface destined to its cultivation has increased, which has been reflected in its economic aspect. Around 30 million poinsettia plants are produced per year, with a value of production of \$522,713.03; the states of Morelos, Michoacán, Puebla, District Federal, Jalisco, Estado de México and Oaxaca (SIAP, 2017) stand out, where around 30 varieties are cultivated.

Most of ornamental species produced in Mexico depends 100 % on improved imported varieties, as propagules or as seeds; this create a dependence on the exterior for vegetal material. In the case of *E. pulcherrima*, genetic breeding has been realized in United States of North America, France, Norway, Austria and Germany, where varieties have been generated, whose main characteristics are the mechanical resistance to cold, in addition to color, shape and size of the bracts, which are different from the existing varieties, size and vigor of the plant, reduction of the sensibility to ethylene, and higher duration of the bracts (Taylor *et al.*, 2011).

contrario, Ice punch y Cortez burgundy indujeron pocos frutos e incluso Ice punch no generó fruto al cruzarla con Juan Pablo.

---

## PALABRAS CLAVE

---

Cruzamientos en nochebuena, tamaño de semillas, características de frutos de nochebuena, amarre de frutos.

---

## Introducción

La nochebuena o “cuetlaxochit” (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch) es la especie más importante del género *Euphorbia*, y una de las plantas en maceta con mayor impacto económico, con ventas anuales de cientos de millones de dólares (USDA, 2015). En México su venta inicia en la segunda semana de noviembre y continúa hasta diciembre. La demanda se orienta a decoración de interiores, jardines y espacios públicos aunque también se reporta uso medicinal (Colinas-León, 2009). En la última década se ha incrementado la superficie destinada a su cultivo, lo que se ha visto reflejado en el aspecto económico. Se producen alrededor de 30 millones de plantas de nochebuena al año, con un valor de la producción de \$522,713.03; destacan los estados de Morelos, Michoacán, Puebla, Distrito Federal, Jalisco, Estado de México y Oaxaca (SIAP, 2017), en donde se cultivan alrededor de 30 variedades.

En la mayoría de las especies ornamentales producidas en México se depende al 100 % de las variedades mejoradas importadas ya sea como propágulos o como semillas; esto crea una dependencia del exterior por material vegetal. En el caso de *E. pulcherrima*, el mejoramiento genético ha sido efectuado en Estados Unidos de Norte América, Francia, Noruega, Austria y Alemania, donde se han generado variedades cuyas características principales son la resistencia mecánica al transporte y al frío, además de color, forma, y tamaño de las brácteas diferentes a las de las variedades existentes, porte y vigor de la planta, reducción a la sensibilidad al etileno, y mayor duración de las brácteas (Taylor *et al.*, 2011).

Las variedades importadas presentan problemas como reducción o exceso de crecimiento vegetativo, inicio de floración temprana (en septiembre) o bien la falta de pigmentación en las brácteas; lo anterior es consecuencia de las diferencias climáticas entre las zonas de producción y las áreas de generación de las variedades. Lo anterior indica que las

Imported varieties present problems as the reduction or the excess of vegetative growth, early beginning of flowering (in September) or lack of pigmentation in the bracts; the previous mentioned is a consequence of the climatic differences among production zones and the generation areas of the varieties. The previous said indicates that poinsettia varieties must be generated in each country where it is produced.

By being the original center of poinsettia (*E. pulcherrima*), Mexico relies on native plants and varieties named of sun (grow and flower in sun conditions in gardens), which have been promoted and rudimentary domesticated in home gardens, being considered close to the native species, both types of plants could be used as a source of genes to generate Mexican varieties (Villegas et al., 2015).

Seeds are the base of the genetic diversity of the species and essential element in conventional genetic breeding. In the case of poinsettia species, seeds are generally produced by genetic breeders (Bernuetz, 2001). Canul-Ku et al. (2013) reported that through hybridization they obtained nine genotypes whose female progenitors were plants of native *E. pulcherrima* from the states of Oaxaca, Morelos, Puebla and Guerrero, and as male progenitors they used Freedom Red and Prestige commercial varieties.

The efficient production of seeds depends on several factors, plant genotype, the number of repetitions of pollination, temperature and light of the environment. In poinsettia species, the production of seeds obtained by crossed pollination and auto-pollination, is generally low (Bernuetz, 2001). The capacity of seed production in this species varies according to the varieties used as female and male progenitors (Rodríguez et al., 2016). The higher the production of seeds, the higher is the probability to find new phenotypes; that is why the ideal is progenitors with higher capacity of developing fruits and seeds per fruit (one, two or three seeds).

The ploidy level of progenitors is a determining factor in seed production; Bernuetz (2001) reported that *E. pulcherrima* has  $2n = 28$  or  $56$  genetic information; the number of somatic chromosomes of the cultivars is  $28$  or  $56$ , those with  $2n = 28$  are diploids, those that own  $2n = 42$  chromosomes are called triploids, but according to Ewart & Walker (1960) they could be hexaploids. According to Milbocker & Sink (1969), hybridization between diploid cultivars generate

variedades de nochebuena se deben generar en cada país donde se van a producir.

México al ser centro de origen de la nochebuena (*E. pulcherrima*), cuenta con plantas silvestres y variedades denominadas de sol (crecen y florecen en condiciones de sol en jardines), las cuales han sido fomentadas y domesticadas rudimentariamente en jardines caseros, considerándose cercanas a la especie silvestre, ambos tipos de plantas podrían ser utilizadas como fuente de genes para generar variedades mexicanas (Villegas et al., 2015).

Las semillas son base de la diversidad genética de las especies y elemento fundamental en el mejoramiento genético convencional. En el caso de la especie de nochebuena, las semillas son generalmente producidas por los mejoradores (Bernuetz, 2001). Canul-Ku et al. (2013) reportan que mediante hibridación obtuvieron nueve genotipos cuyos progenitores femeninos fueron plantas de *E. pulcherrima* silvestres de los estados de Oaxaca, Morelos, Puebla y Guerrero, y como progenitores masculinos usaron las variedades comerciales Freedom Red y Prestige.

La producción eficiente de semillas depende de varios factores, el genotipo de las plantas, el número de repeticiones de polinización, la temperatura y la luz del ambiente. En la especie de nochebuena, la producción de semillas obtenida por polinización cruzada o autopolinización, es generalmente baja (Bernuetz, 2001). La capacidad de producción de semillas en ésta especie varía en función de las variedades usadas como progenitor femenino y masculino (Rodríguez et al., 2016). A mayor producción de semilla mayor probabilidad de encontrar nuevos fenotipos; por lo que, son deseables los progenitores que tengan mayor capacidad de desarrollar frutos y semillas por fruto (una, dos o tres semillas).

El nivel de ploidia de los progenitores es un factor determinante en la producción de semillas; Bernuetz (2001) reporta que *E. pulcherrima* tiene información genética  $2n = 28$  o  $56$ ; el número de cromosomas somáticos de los cultivares es  $28$  o  $56$ , aquellos con  $2n = 28$  son diploides, los que poseen  $2n = 42$  cromosomas se denominan triploides, pero de acuerdo con Ewart & Walker (1960) podrían ser hexaploides. De acuerdo con Milbocker & Sink (1969), la hibridación entre cultivares diploides genera una producción abundante de semillas; sin embargo, al cruzar diploides femeninos con tetraploides, se obtiene menos de 1% de semillas viables, el desarrollo de endospermo en

an abundant production of seeds; however, when crossing female diploids with tetraploids, less than 1 % of viable seeds are obtained, the development of endosperm in most of the ovules do not progress over the initial stage of the cells, the previous mentioned suggesting that endosperm may be the determining factor in the establishment of the seed in the diploid x tetraploid cross.

*E. pulcherrima* fruits are tricarpeal schizocarps with a central column and one ovule per carpel, in which a maximum of three seeds are formed, when not all of them are formed, the mature fruit is narrower (Tokuoka & Tobe, 2003), these are structures that present explosive dehiscence releasing seeds up to 2 m of distance. Rodríguez *et al.* (2016) indicate that the absence of seeds generate an abscission of fruits. Canul *et al.* (2012) reported that poinsettia seeds collected in the states of Nayarit, Morelos and Guerrero presented polar diameters of 7.98; 7.56, and 7.17 mm, equatorial diameters of 7.04; 6.21 and 6.08 mm, and biomass of 174, 131, and 120 mg respectively. Vargas (2012) observed that *E. pulcherrima* sun plants produce seeds without human intervention, because flower pollination is entomophile. Nevertheless, for genetic breeding, the pollination has to be controlled and the efficiency of fecundation depends on the selected progenitors for crosses, as pointed out by Canul *et al.* (2012); Huang and Chu (2008) indicated that progenitors have to produce high quantity of viable pollen, its period of releasing has to be extended, and they must have the capacity to produce a high quantity of seeds.

As previously mentioned, *E. pulcherrima* seeds are used for genetic breeding, each seed can generate a different phenotype, undesired situation when the purpose is to produce homogenous plants for commercialization, in this case propagation is done through cutting (Rangel-Estrada *et al.*, 2015) or stakes (Colinas *et al.*, 2015).

The above mentioned indicates that it is necessary to generate knowledge allowing to support genetic breeding programs in *E. pulcherrima*, with the purpose to obtain national varieties adapted to environmental conditions of the country, with competitive characteristics with imported varieties and at available prices for producers. Based on that, the objective of the investigation was to evaluate the production of fruits and seeds in crosses of two poinsettia sun varieties with four shade, to determine which progenitors are more convenient to use in a genetic breeding program.

la mayoría de los óvulos no progresó más allá del estadio inicial de las células, lo anterior sugiere que el endospermo puede ser el factor determinante en el establecimiento de la semilla en el cruce diploide x tetraploide.

Los frutos de *E. pulcherrima* son esquizocarpos tricarpelares con una columna central y un óvulo por carpelo, en los cuales se forma un máximo de tres semillas, al no formarse todas, el fruto maduro es más angosto (Tokuoka & Tobe, 2003), son estructuras que presentan dehiscencia explosiva liberando las semillas hasta 2 m de distancia. Rodríguez *et al.* (2016) indican que la ausencia de semillas provoca abscisión de frutos. Canul *et al.* (2012) reportaron que las semillas de nochebuena recolectadas en los estados de Nayarit, Morelos y Guerrero presentaron diámetros polares de 7.98; 7.56, y 7.17 mm, diámetros ecuatoriales de 7.04; 6.21 y 6.08 mm, y biomasa de 174, 131, y 120 mg respectivamente. Vargas (2012) observó que las plantas de *E. pulcherrima* de sol producen semillas sin intervención humana porque la polinización de las flores es entomófila. Sin embargo, para mejoramiento genético, la polinización debe ser controlada y la efectividad de la fecundación dependerá de los progenitores elegidos para los cruzamientos, como señalaron Canul *et al.* (2012); Huang & Chu (2008) indicaron que los progenitores deben producir polen viable en gran cantidad, el periodo de liberación del mismo debe ser prolongado, y deben tener capacidad de producir semillas en grandes cantidades.

Como se mencionó, las semillas de *E. pulcherrima* se usan con fines de mejoramiento genético, cada semilla puede generar un fenotipo diferente, situación que es indeseable cuando se busca producir plantas homogéneas para la comercialización, en cuyo caso la propagación se hace mediante esquejes (Rangel-Estrada *et al.*, 2015) o por estacas (Colinas *et al.*, 2015).

Lo anterior indica que es necesario generar conocimientos que permitan sustentar programas de mejoramiento genético en *E. pulcherrima*, con el propósito de obtener variedades nacionales adaptadas a las condiciones ambientales del país, con características competitivas con las variedades importadas y a precios accesibles al productor. Con base en esto, el objetivo de la investigación fue evaluar la producción de frutos y semillas en cruzamientos de dos variedades de nochebuena de sol con cuatro variedades de sombra, para determinar cuáles progenitores son más convenientes para usarse en un programa de mejoramiento genético.

## Material and Methods

The research work was performed from July 2016 to June 2017, in the Experimental Field of the Faculty of Agricultural Sciences of the Autonomous University of the State of Morelos, in Cuernavaca, Morelos, Mexico, with geographical location of 18°58'54,71" N and 99°13'59,14" W, and 1876 masl. The climate is semi-warm semi-humid A(C) w2, presents a rainy season with annual average precipitations of 1200 mm and an annual average temperature of 21.5 °C (García, 1981).

Used sun varieties (*E. pulcherrima* for garden) were Amanecer navideño and Juan Pablo, whose characteristics are: resistance to sun, narrow bracts (5 cm approx.), early beginning of flowering (final of October for the State of Morelos, México), and duration of the flowering of 80 days approx.; these varieties flower without the need to cover them with black plastic to give them additional darkness hours to those of the time of cultivation, as it has to be done with imported shade varieties.

Shade varieties (from greenhouse) were: Festival red, of compact plants with 8 to 9 branches, withstand direct sunlight without showing damages, shiny red color of bracts, medium beginning of flowering (in Morelos it begins the second week of November), duration of the flowering of 100 days approximately, 2) Ice punch, which had irregular-shaped plants with 7 to 8 branches, wide leaves (6 to 8 cm), webbed-shaped, late beginning of flowering (the fourth week of November, in Morelos) and duration of flowering of 100 days approx., the color of the bracts is a combination of red with white (Red group-c 43, yellow group-d10); 3) Premium Marble, regular-shaped plants with 6 to 7 branches, cream and pink color of bracts, wide leaves and bracts with entire leaf margin, intermediate beginning of flowering; 4) Cortez burgundy, is of compact plants with 7 to 8 branches, wide bracts (6.54 cm in average), intermediate beginning of flowering (in Morelos it begins the second week of November), duration of flowering of 120 days, purple bracts (Purple gray group N77). Regarding genetic characteristics, sun *E. pulcherrima* are diploid as well as Festival red and Premium marble, while Ice punch is a tetraploid variety (Milbocker & Sink, 1969).

Progenitor plants of sun varieties were grown outdoor in 10' pots using substrate made of 70 % of compost

## Material y Métodos

La investigación se realizó de julio de 2016 a junio de 2017, en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en Cuernavaca, Morelos, México, con ubicación geográfica de 18°58'54,71" N y 99°13'59,14" O, y 1876 masl. El clima es semi-cálido semi-húmedo A (C) w2, presenta un régimen de lluvias de 1200 mm anuales en promedio y una temperatura media anual de 21.5 °C (García, 1981).

Las variedades de sol (*E. pulcherrima* para jardín) usadas fueron Amanecer navideño y Juan Pablo, cuyas características son: resistencia al sol, brácteas angostas (5 cm aprox.), inicio de floración precoz (finales de octubre para el Estado de Morelos, México), y duración de la floración de 80 días aprox.; estas variedades florecen sin necesidad de cubrirlas con plástico negro para darles horas de oscuridad adicionales a las de la época de cultivo, como se tiene que hacer con las variedades de sombra importadas.

Las variedades de sombra (de invernadero) fueron: 1) Festival red, de plantas compactas con 8 a 9 ramas, soporta la luz directa del sol sin mostrar daños, color de brácteas rojo brillante, inicio de floración media (en Morelos inicia la segunda semana de noviembre) duración de floración de 100 días aproximadamente; 2) Ice punch, que tuvo plantas de forma irregular con 7 a 8 ramas, hojas anchas (6 a 8 cm), forma palmeada, inicio de floración tardío (la cuarta semana de noviembre, en Morelos) y duración de floración de 100 días aprox., el color de las brácteas es una combinación de rojo con blanco (Red group-c 43, yellow group-d10); 3) Premium Marble, plantas de forma regular con 6 a 7 ramas, color de brácteas crema y rosa, hojas y brácteas anchas borde entero, inicio de floración intermedia; 4) Cortez burgundy, es de plantas compactas con 7 a 8 ramas, brácteas anchas (6.54 cm en promedio), inicio de floración intermedia (en Morelos inicia la segunda semana de noviembre), duración de floración de 120 días, brácteas color púrpura (Purple gray group N77). En cuanto a características genéticas, las *E. pulcherrima* de sol son diploides al igual que Festival red y Premium marble, en tanto que Ice punch es una variedad tetraploide (Milbocker & Sink, 1969).

Las plantas progenitoras de las variedades de sol se cultivaron a cielo abierto en macetas de 10" utilizando

and 30 % of "tepojal" (small pumice stone of volcanic origin wrapped with clay, lighter than tezontle); shade varieties were maintained under plastic greenhouse conditions (with minimum temperature from 12.2 to 15.7 °C, maximum from 25.2 to 27.0 °C, relative humidity from 51 to 73 %). Nutrition was realized with highly soluble fertilizer 20-20-20 every 15 days; fungicides were applied in a preventive way by using Carbendazim (1 g·L<sup>-1</sup>), N-trichloromethyl dicarboximide (2 mg·L<sup>-1</sup>), Mancozeb (1 g·L<sup>-1</sup>), Iprodion (1 g·L<sup>-1</sup>) and Metalaxyl-M + Chlorothalonil (2 mg·L<sup>-1</sup>) products, in total five applications of fungicides were applied; Abamectin insecticide (1 mL·L<sup>-1</sup>) were applied for mite control.

To realize crosses, in varieties that serve as female progenitor, 15 hermaphrodite flowers were selected per repetition; these flowers were emasculated and anthers were eliminated with fine forceps before anthesis, as they were appearing. The cross was realized when the stigma was receptive (Figure 1a) by depositing pollen of the variety that serves as male progenitor; pollinized flowers (Figure 1b) were covered with glassine bags.

Eight treatments (intercrosses) were evaluated, derived of the combination of two sun varieties (Amanecer navideño and Juan Pablo) with four shade varieties (Festival red, Ice punch, Premium marble and Cortez burgundy), a Completely Randomized Experimental Design was used with 10 repetitions per cross. Variables of characteristics of fruits and seeds were evaluated.

Fruits were harvested when they were dry and fruit set was registered, the number of formed fruits by

sustrato compuesto por 70 % composta y 30 % "tepojal" (pequeña piedra pómic de origen volcánico recubierto de arcilla, más ligera que el tezontle); las variedades de sombra se mantuvieron en condiciones de invernadero de plástico (con temperaturas mínimas de 12.2 a 15.7 °C, máximas de 25.2 a 27.0 °C, humedad relativa de 51 a 73 %). La nutrición se realizó con fertilizante de alta solubilidad 20-20-20 cada 15 d; de manera preventiva se aplicaron fungicidas utilizando los productos Carbendazim (1 g·L<sup>-1</sup>), N-triclorometil dicarboximida (2 mg·L<sup>-1</sup>), Mancozeb (1 g·L<sup>-1</sup>), Iprodiona (1 g·L<sup>-1</sup>) y Metalaxil-M + Clorotalonil (2 mg·L<sup>-1</sup>), en total se realizaron cinco aplicaciones de fungicida; se aplicó el insecticida Abamectina (1 mL·L<sup>-1</sup>) para control de ácaros.

Para realizar los cruzamientos, en las variedades que fungieron como progenitor femenino, se eligieron 15 flores hermafroditas por repetición; estas flores fueron emasculadas y se eliminaron las anteras con pinzas antes de la anthesis, conforme fueron apareciendo. El cruzamiento se realizó cuando el estigma fue receptivo (Figura 1a) depositando polen de la variedad que fungió como progenitor masculino; las flores polinizadas (Figura 1b) se cubrieron con bolsas de glassine.

Se evaluaron ocho tratamientos (cruzamientos), derivados de la combinación de dos variedades de sol (Amanecer navideño y Juan Pablo) con cuatro variedades de sombra (Festival red, Ice punch, Premium marble y Cortez burgundy), se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones por cruzamiento. Se evaluaron variables de características de frutos y de semillas.

Los frutos se cosecharon cuando estuvieron secos y se registró amarre de frutos, se contó el número de frutos

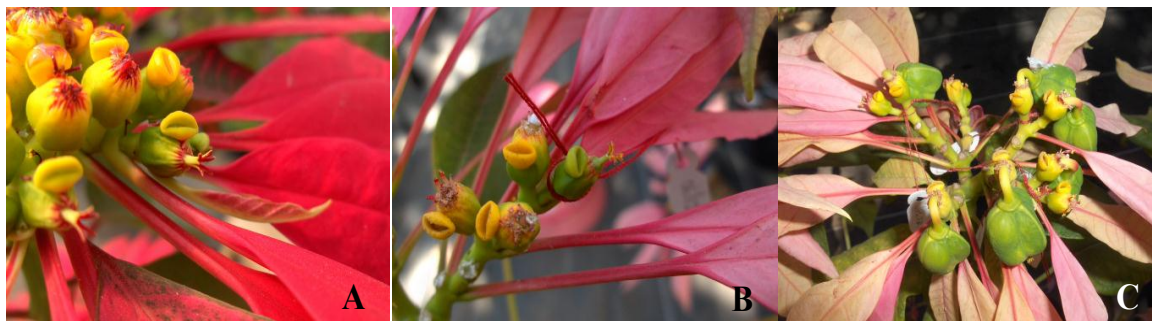


Figure 1. Receptive stigma of poinsettia (A), Pollinized hermaphrodite flower (B), Growing fruit (C).

Figura 1. Estigmas de nochebuena receptivos (A), Flor hermafrodita polinizada (B), Frutos en crecimiento (C).

repetition, and the percentage regarding the number of total crosses per repetitions was calculated. Moreover, in each fruit, length and diameter was evaluated with a Truper® digital Vernier, and its biomass in an Ohaus® analytic balance. Posteriorly, the seed of the fruits of each cross was harvested and deposited in plastic tubes identified with the number of fruits, the repetition and the origin of the cross, the number of seeds per fruit was assessed.

Length and diameter were evaluated in seeds with a Truper® digital Vernier, as well as the biomass per seed in an Ohaus® analytical balance. The cross of Juan Pablo x Ice punch did not produce any fruit, therefore characteristics of fruits and seeds were not measured. Obtained data in the variables was analyzed by means of variance analysis (ANOVA) and Tukey Multiple Comparison Test (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) with SAS 9.0 (S.A.S, 2002) software. Values of evaluated variables in percentage were arcsin transformed previously to analysis.

## Results and Discussion

The variance analysis showed significant effect ( $p \leq 0.01$ ) of the cross for the five assessed characteristics of the fruit and of seed (Table 1), indicating that female and male progenitors involved in the intercrosses affect the evaluated variables.

Regarding fruit set, Amanecer navideño generated fruits when it was crossed with the four male progenitors, with an average of fruit set of 31.64 %. In the case of Juan Pablo variety, the fruit set was achieved only in three of the four performed crosses, since as observed (Figure 2), it did not develop any fruit when it was crossed with Ice punch. However, the female progenitor gave the highest average percentage of developed fruits (36.72 %). Festival red and Premium marble generated similar results as male progenitors (63.99 and 64.63 % of fruit set, respectively); in contrast, Ice punch and Cortez burgundy generated a few fruits and even Ice punch did not generate fruits when crossing it with Juan Pablo (Figure 2). The best crosses for obtaining fruits were Juan Pablo x Premium marble and Amanecer navideño x Festival red.

The low percentage of fruit set obtained with Ice punch and Cortez burgundy might be due to the fact that

formados por repetición y se calculó el porcentaje con respecto al número de cruzamientos totales por repetición. Además, en cada fruto se evaluó la longitud y diámetro con un vernier digital Truper®, y su biomasa en una balanza analítica Ohaus®. Posteriormente, se cosechó la semilla de los frutos de cada cruzamiento y se depositó en tubos plásticos identificados con el número del fruto, la repetición y el cruzamiento de procedencia, se evaluó el número de semillas por fruto.

En las semillas se evaluó longitud y diámetro con un vernier digital Truper®, así como la biomasa por semilla en una balanza analítica Ohaus®. El cruzamiento de Juan Pablo x Ice punch no produjo frutos, razón por la cual no se midieron características de frutos y semillas. Los datos obtenidos en las variables se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS 9.0 (SAS, 2002). Los valores de variables evaluadas en porcentaje fueron transformados con la función arcoseno previo al análisis.

## Resultados y Discusión

El análisis de varianza mostró efecto significativo ( $p \leq 0.01$ ) del cruzamiento para las cinco características de fruto y las características de semilla evaluadas (Tabla 1), lo que indica que los progenitores femenino y masculino involucrados en el cruzamiento afectaron a las variables evaluadas.

En cuanto a amarre de fruto, Amanecer navideño generó frutos al cruzarse con los cuatro progenitores masculinos, con promedio de amarre de fruto de 31.64 %. En el caso de Juan Pablo, se logró amarre de fruto sólo en tres de los cuatro cruzamientos realizados, pues como se puede observar (Figura 2), al cruzarse con Ice punch no desarrolló fruto alguno; no obstante, fue el progenitor femenino con mayor porcentaje promedio de frutos desarrollados (36.72 %). Festival red y Premium marble generaron resultados similares como progenitores masculinos (63.99 y 64.63 % de amarre de fruto respectivamente); en contraste, Ice punch y Cortez burgundy generaron pocos frutos e incluso Ice punch no generó fruto al cruzarla con Juan Pablo (Figura 2). Los mejores cruzamientos para la obtención de frutos fueron Juan Pablo x Premium marble y Amanecer navideño x Festival red.

Table 1.

Analysis of variance (square means) of fruit set and characteristics of fruits of poinsettia by effect of the cross between two varieties of poinsettias of sun with three varieties of shade (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).

Tabla 1.

Análisis de varianza (Cuadrado medios) de amarre de fruto y características de frutos de nochebuena por efecto del cruzamiento entre dos variedades de nochebuena de sol con tres variedades de sombra (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).

F.V.	D.F	Set of fruit (%)	Length of fruit (cm)	Diameter of fruit (cm)	Biomass of fruit (g)	Seeds by fruit (Num.)	Length of seed (mm)	Diameter of seed (mm)	Biomass of seed (g)
Crosses	6	7415.920**	1.786**	1.852**	0.0366**	0.4553**	0.6159 **	0.4125**	0.0004416**
Error	63	124.215	0.0041	0.0157	0.00045	0.0372	0.0560	0.0264	0.0000073
R <sup>2</sup>		0.88	0.98	0.94	0.91	0.62	0.9	0.88	0.89
C. V. (%)		24.67	0.428	0.924	3.51	8.68	3.46	3.14	2.54

C.V. Coefficient of variation.

C.V. Coeficiente de variación.

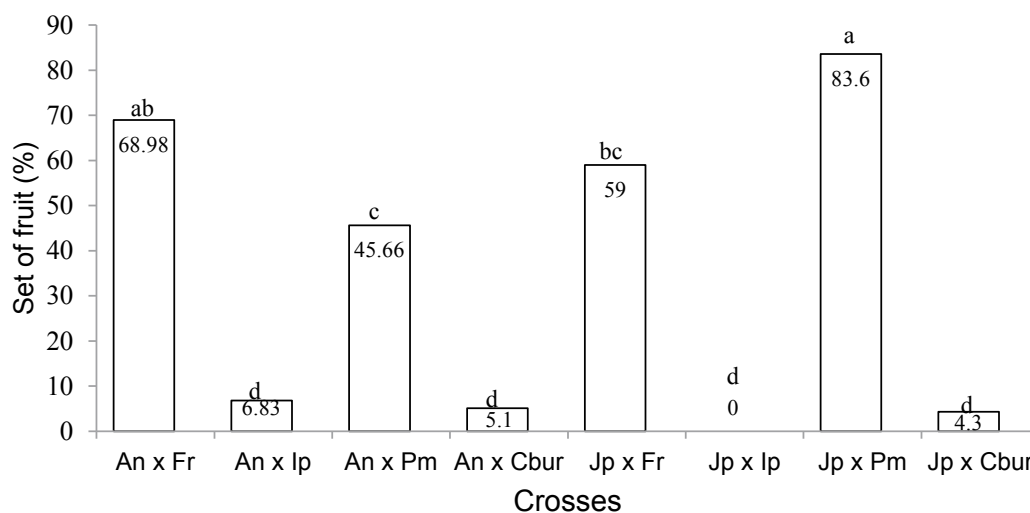


Figure 2. Set of fruit (%) in crosses of two sun varieties of poinsettias with four varieties of shade.

An: Amanecer navideño, Jp: Juan Pablo, Fr: Festival red, Ip: Ice punch, Pm: Premium marble, Cbur: Cortez burgundy. MSD: 18.14. Each datum is the average of ten repetitions.

Figura 2. Amarre de fruto (%) en cruzamientos de dos variedades de nochebuena de sol con cuatro variedades de sombra. An: Amanecer navideño, Jp: Juan Pablo, Fr: Festival red, Ip: Ice punch, Pm: Premium marble, Cbur: Cortez burgundy. MSD: 18.14. Cada dato es el promedio de diez repeticiones.



pollen viability of Cortez burgundy was the lowest of the four shade varieties (Vargas, 2012). Another reason may be what indicated by Milbocker & Sink (1969), who reported that crossing of diploid poinsettia with tetraploid generate lesser than 1 % of viable seeds, suggesting that endosperm can be the determining factor for growth and development of seeds in crossing of diploid x tetraploid; Petit *et al.* (1997) pointed out that triploid seeds can be unviability of endosperm. The above mentioned results in the fact that the seed cannot develop and the fruit fall weeks after pollination, as highlighted by Wang *et al.* (2005), who indicated that unviability of hybrid embryo in crossing of diploid x tetraploid and the absence of seeds result in the fall of fruits.

Fruit set of the cross between Amanecer navideño x Festival red was similar to the one reported by Canul-Ku *et al.* (2015) who obtained 68 % of developed fruits. Nevertheless, these results were overtaken by 83.6 % obtained in cross of Juan Pablo x Premium marble. It is important to highlight that handling during pollination also affect fruit set, since in intercrossing realized by Rodríguez *et al.* (2016), a maximum of 24 % of fruit set was obtained when crossing Amanecer navideño x Festival red and in this case 68.98 % of fruit set was obtained. In addition to choose receptive hermaphrodite flowers, anthers with fresh pollen have to be chosen, released the same day of the pollination.

The length of the fruit varied from 14.29 to 15.44 mm, with an average of 15.07 mm. Fruits with the highest length were those produced by crosses of Juan Pablo x Festival red, Premium marble x Cortez burgundy, as well as those of Amanecer navideño x Festival red; similarly, fruits of higher diameter correspond to those produced by Juan Pablo x Premium marble and by Cortez burgundy. Regarding biomass, fruits of higher weight were those of the crosses of Juan Pablo with Festival red and Premium marble, as well as those of Amanecer navideño by Festival red. Fruits of lower weight correspond to the crosses of Amanecer navideño x Premium marble and by Cortez burgundy (Table 2).

One of the most important aspects for this study and which affect characteristics of the fruit is the quantity of seeds that were able to develop. Tokuoka & Tobe (2003) described that they are tricarpelar schizocarps with a central column and one ovule per carpel. It was observed that a maximum of three seeds were formed

El bajo porcentaje de amarre de fruto obtenido con Ice punch y Cortez burgundy pudo deberse a que la viabilidad de polen de Cortez burgundy fue la más baja de las cuatro variedades de sombra (Vargas, 2012). Otra razón, es lo indicado por Milbocker & Sink (1969) quienes reportan que el cruzamiento de nochebuena diploide con tetraploide genera menos de 1 % de semillas viables, sugiriendo que el endospermo puede ser el factor determinante en el crecimiento y desarrollo de semillas en cruces de diploides por tetraploides; Petit *et al.* (1997) señalan que las semillas triploides pueden tener inviabilidad de endospermo. Lo anterior ocasiona que la semilla no logre desarrollar y en fruto caiga semanas después de haber realizado la polinización, tal como lo señalan Wang *et al.* (2005) quienes indican que la inviabilidad del embrión híbrido en cruces de diploides por tetraploides y la ausencia de semilla repercute en la caída de los frutos.

El amarre de fruto del cruzamiento entre Amanecer navideño x Festival red fue similar al reportado por Canul-Ku *et al.* (2015) quienes obtuvieron 68 % de frutos desarrollados. Sin embargo, estos resultados fueron superados por el 83.6 % obtenido en el cruzamiento de Juan Pablo x Premium marble. Es importante señalar que también el manejo durante la polinización tiene efecto en el amarre de fruto, pues en los cruzamientos efectuados por Rodríguez *et al.* (2016) se tuvo un máximo de 24 % de amarre de fruto en el cruzamiento de Amanecer navideño x Festival red y en esta ocasión se obtuvo 68.98 %. Además de elegir flores hermafroditas receptoras, se deben tomar anteras con polen fresco, liberado el mismo día de la polinización.

La longitud del fruto varió de 14.29 a 15.44 mm, con promedio de 15.07 mm. Los frutos con mayor longitud fueron los producidos por Juan Pablo x Festival red, Premium marble x Cortez burgundy al igual que los de Amanecer navideño x Festival red; de manera similar, los frutos de mayor diámetro correspondieron a los producidos por Juan Pablo x Premium marble y por Cortez burgundy. Con relación a la biomasa, los frutos de mayor peso fueron los de Juan Pablo cruzada con Festival red y Premium marble al igual que los de Amanecer navideño por Festival red. Los frutos de menor tamaño correspondieron a los cruzamientos de Amanecer navideño x Premium marble y por Cortez burgundy (Tabla 2).

Uno de los aspectos más importantes para este estudio y que afecta las características del fruto, es la cantidad de semillas que se pueden desarrollar. Tokuoka & Tobe (2003) describen que son esquizocarpos tricarpelares con una columna central y un óvulo por carpelo. Se observó

**Table 2.**  
**Fruit characteristics in crosses between two sun varieties of poinsettia with four varieties of shade (*Euphorbia pulcherrima*, Willd ex Klotzch).**

**Tabla 2.**  
**Características de fruto en cruzamiento entre dos variedades de nochebuena de sol con cuatro variedades de sombra (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).**

Crosses	Length (mm)	Diameter (mm)	Biomass (g)	Seeds (Num.)
Female progenitor x Male progenitor				
Amanecer navideño x Festival red	15.39 a	13.90 ab	0.652 a	2.280 a
Amanecer navideño x Ice punch	14.95 b	13.05 c	0.503 b	1.700 b
Amanecer navideño x Premium marble	14.30 c	12.96 c	0.537 b	2.406 a
Amanecer navideño x Cortez burgundy	14.29 c	13.02 c	0.526 b	1.100 c
Juan Pablo x Festival red	15.44 a	13.83 b	0.665 a	2.180 a
Juan Pablo x Premium marble	15.37 a	14.09 a	0.658 a	2.378 a
Juan Pablo x Cortez burgundy	15.38 a	14.08 a	0.530 b	1.200 c
MSD	0.104	0.202	0.034	0.311

The means followed by different letters, in each column, indicate significant differences (Tukey, 0.05). MSD, minimum significant difference; Each datum is the average of ten repetitions.

Medias seguidas por letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). MSD, diferencia mínima significativa; Cada dato es el promedio de diez repeticiones.

and when all are not formed, the fruit is narrower and of lower weight (Figure 1c). Rinehart (pers. comm. 1997), cited by Bernuetz (2001), indicated that the trilocular ovary of *E. pulcherrima* can contain a maximum of three seeds, although an average of two per ovary is generally obtained.

In this study, it was observed that in four of the seven crosses, fruits with more than two seeds were produced, corresponding to crosses where Festival red and Premium marble participated as male parents, therefore being the best male parents; on the contrary, fruits with less seeds were those generated by both female parents with Cortez burgundy (Table 2). The above mentioned is related to pollen quantity and viability, since Cortez burgundy had pollen with less viability. The formation of seeds was also affected by the level of ploidy of parents; *E. pulcherrima* plants from sun varieties that were diploid and crossed with Festival red and Premium marble generated a higher quantity of seeds; otherwise, being crossed with Ice punch and Cortez burgundy (tetraploid varieties), less seeds were formed (Milbocker and Sink, 1969). The quantity of

que se forma un máximo de tres semillas y al no formarse todas, el fruto será más angosto y de menor peso (Figura 1c). Rinehart (com. pers. 1997), citado por Bernuetz (2001), indica que el ovario trilobular de *E. pulcherrima* puede contener un máximo de tres semillas, aunque generalmente se obtiene un promedio de dos por ovario.

En este estudio, se observó que en cuatro de los siete cruzamientos que produjeron frutos con más de dos semillas y correspondieron a los cruzamientos donde participaron como progenitores masculinos Festival red y Premium marble, por lo cual fueron los mejores progenitores masculinos; por el contrario, los frutos con menos semillas fueron aquellos generados por el cruzamiento de ambos progenitores femeninos con Cortez burgundy (Tabla 2). Lo anterior está relacionado con la cantidad y viabilidad de polen, pues Cortez burgundy tuvo polen con menor viabilidad. La formación de las semillas también fue afectada por el nivel de ploidia de los progenitores; las plantas de *E. pulcherrima* de sol fueron diploides y cruzadas con Festival red y Premium marble generaron mayor cantidad de semilla; caso contrario al cruzarse con Ice punch y Cortez burgundy (variedades tetraploides) se formaron menos semillas (Milbocker & Sink,

seeds per fruit was higher than what Rodríguez *et al.* (2016) obtained, whose obtained 1.1 seeds per fruit, this may be due to a better knowledge of poinsettia flower phenology.

It is desirable that fruits have two or three seeds, but it is also necessary that they are big enough to contain a higher quantity of endosperm to use during germination process. Seeds of higher length were those produced by fruits of Juan Pablo variety, although also those of intercrossing between Amanecer navideño x Ice punch; in four of the seven crosses, 7 cm length (approx.) seeds were obtained (Table 3), similar to what reported by Canul *et al.* (2012) who observed an average of 7.5 mm for poinsettia seeds of different origins; the smallest seeds (5.8 mm) were those of crossing between Amanecer navideño x Cortez burgundy, similarly to the results obtained by Rodríguez *et al.* (2016).

The diameter of the seeds varied from 5.0 to 5.6 mm, most of the crosses generated seeds with 5.0 to 5.1 mm. This value was lesser than 6.3 mm reported by Canul *et al.* (2012) and Rodríguez *et al.* (2016). Seeds of Amanecer navideño x Ice punch and those of Juan Pablo x Cortez burgundy has correspondence of higher diameter and higher length (Table 3).

1969). La cantidad de semillas por fruto fue mayor que lo obtenido por Rodríguez *et al.* (2016) quienes obtuvieron 1.1 semillas por fruto, esto puede ser resultado de conocer más la fenología floral de la nochebuena.

Es deseable que los frutos tengan dos o tres semillas, pero también es necesario que éstas sean grandes para que contengan mayor cantidad de endospermo para usar durante el proceso de germinación. Las semillas de mayor longitud fueron las producidas por los frutos de la variedad Juan Pablo aunque también las de Amanecer navideño x Ice punch; en cuatro de los siete cruzamientos se tuvieron semillas de 7 mm de longitud aprox. (Tabla 3), similares a lo reportado por Canul *et al.* (2012) quienes observaron promedio de 7.5 mm para semillas de nochebuena de diferentes procedencias; las semillas más pequeñas (5.8 mm) fueron las de Amanecer navideño x Cortez burgundy, similar a lo obtenido por Rodríguez *et al.* (2016).

El diámetro de las semillas varió de 5.0 a 5.6 mm, la mayoría de los cruzamientos generaron semillas con 5.0 a 5.1 mm. Este valor fue menor a los 6.3 mm reportado por Canul *et al.* (2012) y Rodríguez *et al.* (2016). Las semillas de Amanecer navideño x Ice punch y las de Juan Pablo x Cortez burgundy tuvieron correspondencia de mayor diámetro y mayor longitud (Tabla 3).

**Table 3.**  
**Characteristics of seeds in crosses between two sun varieties of poinsettia with four varieties of shade (*Euphorbia pulcherrima*, Willd ex Klotzch).**

**Tabla 3.**  
**Características de semillas en cruzamientos entre dos variedades de nochebuena de sol con cuatro variedades de sombra (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).**

Crosses	Length (mm)	Diameter (mm)	Biomass (g)
Female progenitor x Male progenitor			
Amanecer navideño x Festival red	6.506 b	5.003 b	0.107 c
Amanecer navideño x Ice punch	7.100 a	5.678 a	0.120 c
Amanecer navideño x Premium marble	6.642 b	5.060 b	0.104 c
Amanecer navideño x Cortez burgundy	5.840 c	5.582 a	0.229 b
Juan Pablo x Festival red	7.132 a	5.182 b	0.106 c
Juan Pablo x Premium marble	7.061 a	5.128 b	0.095 c
Juan Pablo x Cortez burgundy	7.086 a	5.529 a	0.298 a
MSD	0.381	0.262	0.044

The means followed by different letters, in each column, indicate significant differences (Tukey, 0.05). MSD, minimum significant difference; Each datum is the average of ten repetitions.

Medias seguidas por letras diferentes, en cada columna, indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). MSD, diferencia mínima significativa; Cada dato es el promedio de diez repeticiones.

Biomass is the best indicator of seed quality, because they can have high length and diameter but they can be "vain" in higher and lower degree. Most of the seeds of crossing had an average biomass of 107 to 120 mg, there was correspondence between seed size and weight only in seeds of Juan Pablo x Cortez burgundy which were the biggest and with the highest biomass. These results were lower than those reported by Canul *et al.* (2012) for poinsettia seeds collected in the states of Nayarit, Morelos and Guerrero (0.174; 0.131 and 0.120 g, respectively); they were also lower to those reported by Rodríguez *et al.* (2016) who had seeds from 0.221 to 0.395 g. The obtained results are attributed to the presence of more than two seeds by fruit and a higher quantity of fruits per plant, causing a lower biomass.

### Conclusions

The research allows to determine that parents involved in the controlled crossings of *E. pulcherrima* have a determining effect on fruit set and on the quantity and quality of produced seeds. Amanecer navideño variety was found to be the best variety to be used as female parent in comparison with Juan Pablo, since it generated seeds when it was crossed with the four varieties used as male progenitors. Similarly, results indicated that shade varieties Premium marble and Festival red were the best male progenitors for producing a higher fruit set and seeds.

### References

- Bernuetz, A. (2001). Studies on breeding dwarf poinsettias (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) and the influence of infective agents. Ph D. Thesis. Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture, University of Sydney. Australia 318 p.
- Canul, K. J., García, P.F., Osuna, C.F. and Ramírez, R.S. (2012). *Metodologías de mejoramiento genético aplicables en nochebuena*. INIFAP, Folleto Técnico 64. Zacatepec, Mor., México. 39 p. <http://www.cirpas-inifap.gob.mx/publicaciones/documentos/mmgnochebuena.pdf>
- Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Osuna-Canizalez, F.J., Ramírez-Rojas, S., Alia-Tejagal, I., Vázquez-Alvarado, J.M.P., Campos-Bravo, E. and Portas-Fernández, B. (2013). *Genotipos de nochebuena obtenidos por hibridación*. 1ª Edición INIFAP. Zacatepec, Mor., México. 53 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/4080?show=full>
- Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Barrios-Gómez, E.J., Campos-Bravo, E., Osuna-Canizalez, F. de J., Ramírez-Rojas, S. and Rangel-Estrada, S.E. (2015). Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Agroproductividad*, 8:32-37. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37352181/AGROPRODUCTIVIDAD\\_II\\_2015.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAGROPRODUCTIVIDAD.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190614%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20190614T191259Z&X-Amz-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37352181/AGROPRODUCTIVIDAD_II_2015.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAGROPRODUCTIVIDAD.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190614%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190614T191259Z&X-Amz-)

La biomasa es el mejor indicador de la calidad de las semillas, porque éstas pueden ser grandes en longitud y diámetro pero estar "vanas" en mayor o menor grado. La mayoría de las semillas de los cruzamientos tuvieron una biomasa promedio de 107 a 120 mg, sólo en las semillas de Juan Pablo x Cortez burgundy hubo correspondencia en el tamaño con el peso de las semillas y fueron las más grandes y de mayor biomasa. Estos resultados fueron menores a los reportados por Canul *et al.* (2012) para las semillas de nochebuena recolectadas en los estados de Nayarit, Morelos y Guerrero (0.174; 0.131 y 0.120 g, respectivamente); también fueron menores a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2016) quienes tuvieron semillas de 0.221 a 0.395 g. Los resultados obtenidos se atribuyen a la presencia de más de dos semillas por fruto y mayor cantidad de frutos por planta, lo que dio lugar a que fueran de menor biomasa.

### Conclusiones

La investigación permitió determinar que los progenitores involucrados en el cruzamiento controlado de *E. pulcherrima* tienen efecto determinante en el amarre de frutos y en la cantidad y calidad de las semillas producidas. Se encontró que Amanecer navideño es la mejor variedad para usarse como progenitor femenino en comparación con Juan Pablo, pues generó semillas al cruzarla con las cuatro variedades usadas como progenitor masculino. De igual modo, los resultados indicaron que las variedades de sombra Premium marble y Festival red fueron los mejores progenitores masculinos por producir mayor amarre de frutos y semillas.

- [Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=e865d6c15101bc3d7c53b9c004bc4a275e815684894dca9770cc21bb51acde2e#page=34](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a106989)
- Colinas-León, M.T. (2009). La nochebuena: ayer, hoy y mañana. pp. 118-123. En: 7° Simposium Internacional de Viverismo. Osuna, F.J., P.F. García, R.L. Ramírez, C.D.V. Granada y G. Galindo (Comps.). Cuautla, Morelos. México. pp:118-123.
- Colinas, M.T., Espinosa, A., Mejía, A.J., Rodríguez, M.A., Pérez, M.L. and Alía-Tejacal, I. (2015). Cultivars of *Euphorbia pulcherrima* from Mexico. *Acta Horticulturae*, 1104: 487-490. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1104.70>
- Ewart, L.C. & Walker, D. E. (1960). Chromosome numbers in poinsettia. *The Journal of Heredity*, 51: 203-207. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a106989>
- García, E. (1981). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México, D.F. 246 p. [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo\\_siglo21/serie\\_lib/modific\\_al\\_sis.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf)
- Huang, C. & Chu, Y. (2008). Methods to improve the fertility of poinsettia. *Scientia Horticulturae*, 117: 271-274. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.04.005>
- Milbocker, D. & Sink, K. (1969). Embriology of diploid x diploid and diploid x tetraploid crosses in poinsettia. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 11: 271-274. <https://doi.org/10.1139/g69-070>
- Petit, C., Lesbros, P., Gel, X. and Thompson, J. D. (1997). Variation in flowering phenology and selfing rate across a contact zone between diploid and tetraploid *Arrhenatherum elatius* (Poaceae). *Heredity*, 79: 31-40. <https://www.nature.com/articles/hdy1997120>
- Rangel-Estrada, S.E., Canul-Ku, J., Osuna-Canizalez, F.J., García-Pérez, F., Rosario-Montes, P., Vences H., Á.S.B. and Hernández-Meneses, E. (2015). Regeneración *in vitro* de híbridos de nochebuena vía organogénesis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6: 1571-1585. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n7/v6n7a12.pdf>
- Rodríguez, R. T. J., Andrade, R. M., Villegas, T. O.G., Alía, T. I., Colinas, L. M.T. and Canul, K. J. (2016). Producción de frutos y calidad de semilla en cruza de variedades de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 33: 418-442. <http://revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre-diciembre2016/v33n4a2016433457.pdf>
- SAS (La Sociedad por Acciones Simplificada) (2002). *SAS user's guide: Statistics. Version 9.00*. SAS Inst., Inc., Cary, N.C. 4424 p.
- SIAP. (El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2017). Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la SAGARPA <https://www.gob.mx/siap>. [Last Checked January 31<sup>st</sup> 2018]
- Taylor, J.M., Lopez, R.G., Currey, C.J. and Janick, J. (2011). The poinsettia: history and transformation. *Chronica Horticulturae*, 51: 23-28. <https://www.actahort.org/chronica/pdf/ch5103.pdf#page=23>
- Tokuoka, T. & Tobe, H. (2003). Ovules and seeds in *Acalyphoideae* (*Euphorbiaceae*): structure and systematic implications. *Journal of Plant Research*, 116: 355-385. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10265-003-0116-4>
- USDA. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) (2015). Floriculture Crops 2014 Summary. United States Department of Agriculture. 59 p. <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/nass/FlorCrop//2010s/2015/FlorCrop-06-04-2015.pdf>
- Vargas, A.J. (2012). Morfología y fenología floral de nueve variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzsch) (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 79 p.
- Villegas, O.J., Valdovinos, P.G., Ramírez, R.S. and Hernández, J.C. (2015). Búsqueda de fuentes de resistencia al *Poinsettia mosaic virus* en plantas silvestres de nochebuena. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33: 219-231. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v33n2/2007-8080-rmfi-33-02-00219.pdf>
- Wang, Y., Scarth, R. and Cambell, C. (2005). Interspecific hybridization between diploid *Fagopyrum esculentum* and *F. homotropicum*. *Canadian Journal of Plant Science*, 85: 41-48. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/P03-147>