



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO**

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

**PROHEXADIONA DE CALCIO EN NOCHEBUENAS DE SOL (*Euphorbia
pulcherrima*) VARIEDAD AMANECER NAVIDEÑO**

TESIS PROFESIONAL

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

ALAN RODOLFO HERNÁNDEZ PÉREZ

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DRA. MARIA TERESA BERYL COLINAS Y LEÓN



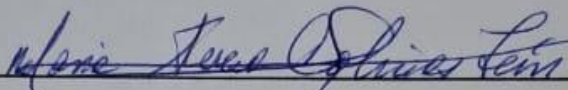
CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, 2026

PROHEXADIONA DE CALCIO EN NOCHEBUENAS DE SOL (*Euphorbia pulcherrima*) VARIEDAD AMANECER NAVIDEÑO

Tesis realizada por **ALAN RODOLFO HERNÁNDEZ PÉREZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

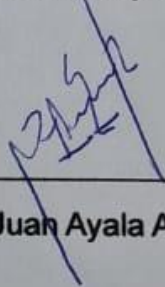
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



Dra. María Teresa Beryl Colinas y León

ASESOR:



Dr. Juan Ayala Arreola

ASESOR:



Dra. Ma. de Jesús Juárez Hernández

ASESOR:



Dr. Manuel Mandujano Piña

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIA.....	xi
DATOS BIOGRÁFICOS	xii
RESUMEN GENERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específico	2
1.2. HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Referencias taxonómicas.....	3
2.2. Origen	3
3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	4
3.1. Taxonomía	4
3.2. Planta.....	4
3.3. Hojas.....	4
3.4. Flores.....	5
4. CULTIVO	5
4.1. Altitud.....	5
4.2. Temperatura.....	5
4.3. Necesidades hídricas.....	6
4.4. Iluminación.....	6
4.5. Humedad relativa.....	6
4.6. Radiación solar	6
4.7. Sustrato	7

5. EFECTOS DE LA PROHEXADIONA DE CALCIO (P-Ca).....	7
6. METABOLISMO DE LA PROHEXADIONA DE CALCIO (P-Ca).....	8
7. PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS Y ECOTOXICOLÓGICAS.....	8
8. ABSORCIÓN Y TRANSLOCACIÓN DE LA PROHEXADIONA DE CALCIO (P-Ca)	9
9. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
9.1. Localización del experimento.....	9
9.2. Material vegetal	9
9.3. Diseño experimental	9
10. VARIABLES EVALUADAS	10
10.1. VARIABLES VEGETATIVAS	10
10.1.1. Altura de planta (cm).....	10
10.1.2. Número de entrenudos.....	10
10.1.3. Longitud de entrenudos (cm)	10
10.1.4. Diámetro de tallo (mm).....	10
10.1.5. Área foliar (cm ²)	11
10.1.6. Materia seca (%).....	11
10.2. VARIABLES CROMÁTICAS	11
10.2.1. Color (L* C* h*).....	11
10.3. VARIABLES BIOQUÍMICAS EN BRÁCTEA	12
10.3.1. Actividad antioxidante (mg VCEAC 100 g ⁻¹ PF)	12
10.3.2. Fenoles totales (mg TAE 100 g ⁻¹ PF)	12
10.3.3. Flavonoides (mg QE 100 g ⁻¹ PF).....	12
10.4. VARIABLES FISIOLÓGICAS.....	12
10.4.1. Unidades SPAD.....	12
10.4.2. Estomas por mm ²	12
10.4.3. Conductancia estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)	14
10.5. VARIABLES BIOQUÍMICAS EN HOJA.....	14
10.5.1. Clorofila a, b, totales y carotenoides (mg 100 g ⁻¹ PF)	14

10.5.2.	Actividad antioxidante (mg VCEAC 100 g ⁻¹ PF)	15
10.5.3.	Azucares totales y reductores (mg glucosa 100 g ⁻¹ PF).....	15
10.5.4.	Fenoles totales (mg TAE 100 g ⁻¹ PF)	15
10.6.	VARIABLES NUTRIMENTALES	16
10.6.1.	Macroelementos (N, P, K, Ca y Mg)	16
10.6.2.	Microelementos (Fe, Zn y B)	16
11.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	16
12.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
12.1.	Altura de planta	16
12.2.	Número de entrenudos.....	17
12.3.	Longitud de entrenudos	18
12.4.	Diámetro de tallo	18
12.5.	Área foliar	19
12.6.	Materia seca	20
12.7.	Variables cromáticas.....	21
12.8.	Luminosidad en brácteas	23
12.9.	Ángulo Hue.....	23
12.10.	Actividad antioxidante en brácteas.....	24
12.11.	Fenoles y flavonoides en brácteas	24
12.12.	Actividad antioxidante en brácteas.....	25
12.13.	Unidades SPAD.....	26
12.14.	Numero de estomas	27
12.15.	Conductancia estomática	28
12.16.	Clorofila a, b, total y carotenoides en hoja	28
12.17.	Actividad antioxidante en hoja.....	30
12.18.	Azucares totales y reductores en hoja	30
12.19.	Fenoles en hoja.....	31
12.20.	Macroelementos.....	33
12.21.	Microelementos	36

13.	CONCLUSIONES	38
14.	LITERATURA CITADA	39
15.	ANEXOS	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Euphorbia pulcherrima</i> (Willd. ex Klotzsch).	4
Cuadro 2. Tratamientos a base de prohexadiona de calcio (P-Ca) a distintas concentraciones.....	10
Cuadro 3. Comparación de medias para variables vegetativas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).	18
Cuadro 4. Comparación de medias para variables vegetativas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).	20
Cuadro 5. Comparación de medias para las variables de color de brácteas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).....	22
Cuadro 6. Comparación de medias para variables bioquímicas en brácteas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).	25
Cuadro 7. Comparación de medias para variables fisiológicas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).	27
Cuadro 8. Comparación de medias para clorofilas y carotenoides en hojas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).	29
Cuadro 9. Comparación de medias para azúcares totales, reductores, actividad antioxidante y fenoles en hojas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).	31

Cuadro 10. Comparación de medias para variables nutrimentales (macroelementos) en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).....	34
Cuadro 11. Comparación de medias para variables nutrimentales (microelementos) en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de L^* , C^* y h° entre plantas testigo y plantas tratadas de nochebuenas de sol var. Amanecer navideño con las concentraciones de prohexadiona de calcio (P-Ca).....	22
--	----

AGRADECIMIENTOS

A la **Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)**, por el apoyo y la confianza para desarrollar el trabajo de investigación con los medios adecuados.

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por darme las mejores condiciones académicas para desarrollarme profesionalmente y poder fundamentar de manera adecuada el trabajo de investigación.

A la **Dra. María Teresa Beryl Colinas y León**, por su orientación y compromiso durante todo el desarrollo de esta investigación. Su vocación académica y humana fue indispensable para lograr los objetivos del trabajo de investigación.

Al **Dr. Juan Ayala Arreola**, por su apoyo, su valiosa amistad y sus conocimientos, que enriquecieron de gran importancia este trabajo de investigación.

A la **Dra. Ma. de Jesús Juárez Hernández**, por su colaboración profesional como docente-investigadora de acuerdo a los conocimientos requeridos para el trabajo de investigación.

Al **Q. A. Cecilio Bautista**, por su asistencia técnica, disposición y colaboración constante durante las etapas experimentales. Su trabajo fue esencial para la obtención de resultados.

DEDICATORIA

A Marla Juquila López Sánchez, el amor de mi vida, por ser esa persona especial que me impulsa a ser mejor cada día con su inmenso amor, incluso frente a los grandes obstáculos que la vida nos presenta. Gracias por ser la luz que ilumina mi camino y por acompañarme siempre.

A mis padres, Rodolfo y Bertha, por ser mi guía constante, por su amor incondicional, su paciencia y por enseñarme el valor del esfuerzo. Son, sin duda, los más grandes ejemplos a seguir en mi vida.

A mis hermanas y a mi hermano, por ser esas personas incondicionales con quienes siempre puedo contar, sin importar lo que suceda, aun cuando la distancia nos separe.

A mis mejores amigos Pedro, Cali, Polo y Gizeh, por su amistad sincera, por sus consejos y por esas bromas que siempre tendrán sentido para nosotros.

A mis amigas, la Dra. Denis, Chayito y Lili, por compartir conmigo momentos inolvidables durante esta etapa y, sobre todo, por sus consejos, que valen más que mil palabras.

Al Dr. Juan Ayala Arreola, por su amistad a lo largo de estos años y por todos los conocimientos que me ha compartido, siempre con el propósito de contribuir a mi crecimiento personal, profesional y académico.

A mis compañeros de maestría Francisco, Lesly y Fernando, por ser de esas pocas personas con quienes la amistad trasciende y se fortalece, y por todas sus aportaciones a mi desarrollo personal.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre: Alan Rodolfo Hernández Pérez.

Fecha de nacimiento: 17 de octubre de 1999.

Lugar de nacimiento: Montecristo de Guerrero, Chiapas, México.

No. Cartilla militar: D-5397106.

CURP: HEPA991017HCSRRL03.

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia.

Cédula profesional: 13989424.

Desarrollo académico

Preparatoria: Preparatoria Agrícola Chapingo.

Licenciatura: Ingeniería Agronómica Especialista en Fitotecnia.

RESUMEN GENERAL

PROHEXADIONA DE CALCIO EN NOCHEBUENAS DE SOL (*Euphorbia pulcherrima*) VARIEDAD AMANECER NAVIDEÑO

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es una especie ornamental de alto valor comercial en México cuya calidad de porte y coloración son determinantes para su aceptación en el mercado. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la prohexadiona de calcio (P-Ca) sobre el desarrollo vegetativo, variables fisiológicas, pigmentación de brácteas y composición bioquímica en *E. pulcherrima* var. Amanecer Navideño. El experimento se realizó en un invernadero del campus central de la Universidad Autónoma de Chapingo, empleando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (0, 50, 100 y 150 mg L⁻¹ de P-Ca), cinco repeticiones y dos aplicaciones foliares. La aplicación de P-Ca redujo significativamente la altura de planta respecto al testigo (53.5 cm) con valores entre 32.9 y 34.7 cm a base de prohexadiona de calcio y disminuyó el número de entrenudos. En el color de brácteas, la luminosidad (L*) fue mayor en testigo, mientras que el ángulo Hue (h°) aumentó con las concentraciones, reflejando tonalidades blanco-amarillentas características de la variedad. Asimismo, P-Ca incrementó la actividad antioxidante en brácteas, las unidades SPAD, la densidad estomática y los contenidos de clorofilas y carotenoides; en contraste, no modificó el perfil nutrimental, con excepción del magnesio en el tratamiento de mayor concentración. Se concluye que la aplicación foliar de P-Ca (50–150 mg L⁻¹) generó plantas más compactas y uniformes, mejoró atributos fisiológicos y aumentó la actividad antioxidante sin afectar de manera negativa el balance nutrimental. Por lo tanto, la prohexadiona de calcio representa una alternativa viable para mejorar el porte y la calidad ornamental de *E. pulcherrima* var. Amanecer Navideño.

Palabras clave: Variables fisiológicas; brácteas; compactación vegetal; actividad antioxidante; clorofilas; color (L* C* h*).

GENERAL ABSTRACT

CALCIUM PROHEXADIONE IN SUN POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima*) VARIETY AMANECER NAVIDEÑO

The poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) is an ornamental species of high commercial value in Mexico, whose growth habit and coloration are key factors in its market acceptance. The objective of this study was to evaluate the effect of calcium prohexadione (P-Ca) on vegetative development, physiological variables, bract pigmentation, and biochemical composition in *E. pulcherrima* var. Amanecer Navideño. The experiment was conducted in a greenhouse on the main campus of the Autonomous University of Chapingo, using a completely randomized design with four treatments (0, 50, 100, and 150 mg L⁻¹ of P-Ca), five replicates, and two foliar applications. The application of P-Ca significantly reduced plant height compared to the control (53.5 cm), with values ranging from 32.9 to 34.7 cm when using calcium prohexadione and decreased the number of internodes. Regarding bract color, lightness (L*) was higher in the control, while the Hue angle (h°) increased with concentration, reflecting the characteristic yellowish-white tones of the variety. Furthermore, P-Ca increased antioxidant activity in bracts, SPAD units, stomatal density, and chlorophyll and carotenoid content; however, it did not alter the nutrient profile, with the exception of magnesium in the highest concentration treatment. It is concluded that foliar application of P-Ca (50–150 mg L⁻¹) resulted in more compact and uniform plants, improved physiological attributes, and increased antioxidant activity without negatively affecting the nutrient balance. Therefore, calcium prohexadione represents a viable alternative to improve the size and ornamental quality of *E. pulcherrima* var. Amanecer Navideño.

Keywords: Physiological variables; bracts; plant compaction; antioxidant activity; chlorophylls; Color (L* C* h*).

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es una de las plantas ornamentales económicamente más importantes del mundo. Sus ventas anuales en Estados Unidos superan los 100 millones de dólares porque es el símbolo de la flor navideña (Taylor et al., 2011). En 2023, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural informó que la producción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) mantuvo un crecimiento sostenido en México. De acuerdo con datos del SIAP, en 2022 se cosecharon alrededor de 20.1 millones de plantas, con un valor de producción de 902 millones 742 mil pesos. Los principales estados productores fueron Morelos, Michoacán y Ciudad de México, seguidos de Puebla, Jalisco, Estado de México y Oaxaca. Morelos encabezó la producción nacional con 7.07 millones de plantas, consolidándose como líder en el cultivo (SIAP, 2023).

Las plantas silvestres crecen naturalmente en los bosques tropicales caducifolios a lo largo de la costa del Pacífico desde Sinaloa, México, hasta Guatemala. También se encuentran en los bosques tropicales secos de la Cuenca del Balsas, especialmente en los estados de Guerrero y el norte de Morelos (Mayfield, 1997; Trejo et al., 2012).

Tradicionalmente, quien introdujo la flor de Pascua a la comunidad hortícola internacional fue Joel Robert Poinsett, el primer Ministro Plenipotenciario estadounidense en México (1825-1830) (Ecke et al., 1990; Fry, 2001; Graham, 1836; McGinty, 1980; Moon, 1956; Rafinesque, 1833). Después de que la flor de pascua llegó a los Estados Unidos, la gente comenzó a escribir sobre esta extraña planta de flores rojas proveniente de México. Graham (1836) señaló que en 1828 Poinsett envió plantas y semillas de flor de pascua al Bartram Arboretum en Filadelfia.

La producción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) en México es una de las más demandadas durante el mes de diciembre. Año con año, su cultivo incrementa, y las plantas se presentan en espacios cada vez más reducidos, con una estética atractiva para los consumidores finales. La aplicación de

prohexadiona de calcio (P-Ca) se realizó con la finalidad de evaluar el efecto enanizante y mejorar la calidad ornamental de la planta para que esta sea más atractiva y vendida en las zonas de mayor producción en el país.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

Evaluar el efecto de la prohexadiona de calcio (P-Ca) en plantas de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima*) var. Amanecer navideño durante su desarrollo vegetativo y reproductivo, favoreciendo la propagación de esta variedad que se encuentra en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

1.1.2. Específico

Determinar el efecto de las concentraciones de prohexadiona de calcio (P-Ca) en el desarrollo de las plantas para mejorar calidad y porte de la planta de nochebuena de sol variedad Amanecer navideño.

1.2. HIPÓTESIS

La aplicación de las concentraciones de prohexadiona de calcio (P-Ca) mejorará la calidad y el porte de la planta de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima*) var. Amanecer Navideño.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Referencias taxonómicas

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) es una especie originaria del sur de México y Guatemala. Pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, a la cual también pertenece el ricino. Se caracteriza por su alto valor ornamental y su amplio uso a nivel mundial, siendo una de las plantas de maceta más comercializadas durante la temporada navideña (Kew Science, 2024; UNF Botanical Garden, 2023).

2.2. Origen

La nochebuena, originaria de México, se encuentra en estado silvestre en su hábitat natural, traspatios y jardines, y también cultivada como variedad mejorada. La valoración de la diversidad genética de la nochebuena es necesaria, ya que es la base para definir acciones orientadas a la conservación, manejo, aprovechamiento sustentable y uso racional de la especie.

Los estudios sistemáticos permiten conocer la amplitud de la variación morfológica, más aún en México, centro de origen de la especie. Con esta finalidad se han desarrollado recolecciones de muestras con el fin de situar la distribución del género *Euphorbia* o enfocadas a definir la taxonomía y relaciones filogenéticas entre ellas (Trejo et al., 2012).

3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

3.1. Taxonomía

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Euphorbia pulcherrima* (Willd. ex Klotzsch).

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiplantae</i>
Infrarreino	<i>Streptophyta</i>
Superdivisión	<i>Embryophyta</i>
División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Spermatophytina</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Superorden	<i>Rosanae</i>
Orden	<i>Malpighiales</i>
Familia	<i>Euphorbiaceae</i>
Género	<i>Euphorbia</i>
Especie	<i>Euphorbia pulcherrima</i> (Willd. ex Klotzsch)

Fuente: Elaboración propia con información de Plants of the World Online (POWO, 2024).

3.2. Planta

Es una planta perteneciente a la familia *Euphorbiaceae*. Se puede encontrar en forma silvestre, sembrada en patios y jardines o cultivada para su venta (Galindo et al., 2012). Las plantas de nochebuena son arbustos o árboles pequeños, llegando a medir hasta cuatro metros. *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch, conocida como nochebuena, presenta flores femeninas simples, sin pétalos ni sépalos, rodeadas por flores masculinas encerradas en una estructura denominada ciatio (Ecke et al., 1990; Taylor et al., 2011).

3.3. Hojas

Las hojas de la nochebuena son simples y ovaladas, de color verde oscuro, y pueden medir hasta 16 cm de largo y su disposición es alterna, con un pecíolo

cercano a 3 cm que suele mostrar tonalidad rojiza; el haz es liso y el envés ligeramente pubescente (Sosa, 2021).

3.4. Flores

El conjunto floral se encuentra rodeado por hojas tectrices de las inflorescencias masculinas denominadas brácteas, de coloración roja brillante donde las flores están constituidas por un grupo de inflorescencias denominadas ciatos, característicos en la familia de las *Euphorbiaceae* (Sosa, 2021). El ciato está formado por flores femeninas centrales de ovario tricarpelar, rodeadas por grupos de flores masculinas pediceladas dispuestas en cincinos (Sosa, 2021). Las flores femeninas son pequeñas y reducidas en la parte central del ciatio, están rodeadas por flores masculinas, las cuales producen un estambre con anteras amarillas que contrastan con las brácteas rojizas (Sosa, 2021).

4. CULTIVO

4.1. Altitud

En México, la especie se desarrolla naturalmente en zonas que van desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 2000 m de altitud y diversos estudios señalan que, en regiones productoras como Morelos, Puebla y Ciudad de México, el cultivo comercial suele establecerse entre los 1000 y 1900 metros, donde las condiciones de clima y radiación favorecen su crecimiento (Martínez-Vázquez et al., 2021; Trejo-Hernández et al., 2015).

4.2. Temperatura

La nochebuena presenta un crecimiento óptimo en temperaturas moderadas, generalmente entre 15 y 26 °C, ya que valores por debajo de 15 °C ralentizan su desarrollo y temperaturas superiores a 26–27 °C pueden afectar su calidad vegetativa y floral (Aguilar-Islas et al., 2022; Hartley, 1992). Durante la floración, la mayoría de los cultivares responden mejor a temperaturas nocturnas de 15 a 21 °C, mientras que exceder los 22–24 °C puede inhibir la iniciación floral (Aguilar-Islas et al., 2022; Hartley, 1992). De manera práctica, se recomienda mantener la planta en intervalos de 15 a 25 °C, en espacios bien ventilados y con

iluminación abundante, pero sin exposición solar directa (Aguilar-Islas et al., 2022; Hartley, 1992).

4.3. Necesidades hídricas

Cabrera et al. (2006) y Hernández et al. (2014) sugieren que los requerimientos de riego para el cultivo de nochebuena en macetas y bajo cubierta sean de 250-300 ml (1.8 mm) como máximo cada tercer día.

4.4. Iluminación

En el cultivo de nochebuena, se recomienda mantener intensidades lumínicas cercanas a 5,500 pies-candela en zonas templadas y alrededor de 4,500 en regiones cálidas hasta octubre, lo cual puede lograrse utilizando una cubierta de plástico blanco lechoso al 50 % (Ecke et al., 2004). Posteriormente, estas intensidades deben reducirse progresivamente a 4,000 y 3,000 pies-candela, y en las semanas previas a la comercialización ajustarse aún más, idealmente entre 2,000 y 2,500, niveles que en México difícilmente se alcanzan (Ecke et al., 2004). Además, la nochebuena es una especie de día corto, por lo que requiere noches prolongadas para inducir la formación y el desarrollo de sus brácteas coloreadas (Ecke et al., 2004).

4.5. Humedad relativa

La humedad relativa es de especial importancia, ya que la planta puede volverse más susceptible a ataques de hongos como cenicilla (oídio) o *Botrytis*, así como a bacterias del género *Erwinia*. Por ello, la humedad debe mantenerse por debajo del 75 % y, en condiciones de clima lluvioso, es necesario asegurar una adecuada circulación de aire (Ecke et al., 2004).

4.6. Radiación solar

La radiación es un factor importante que se manifiesta en el desarrollo de las plantas de nochebuena (intensidad, calidad y duración), la intensidad desempeña un papel muy importante en el color de las hojas, flor y el crecimiento del tallo, así como la pigmentación y retención del follaje (Ecke III et al., 2004).

En cuanto al fotoperiodo, la nochebuena reacciona ante la duración de la radiación solar con dos tipos de crecimiento, el vegetativo (crecimiento de follaje) y el reproductivo (floración); la floración comienza si hay por lo menos 12.5 h continuas de oscuridad (Hartley, 1992).

4.7. Sustrato

En México, para el cultivo de nochebuenas en maceta, se recomienda usar un sustrato con una porosidad total del 50 % al 70 %, de los cuales al menos un tercio debe estar constituido por macroporos, lo que favorece el drenaje adecuado después del riego (ICAMEX, s.f.). Cuando el sustrato contiene tierra, el pH óptimo sugerido es de 6.3 a 6.8, mientras que en sustratos libres de tierra el intervalo recomendado es de 5.5 a 6.5 (ICAMEX, s.f.). Además, la conductividad eléctrica ideal para un adecuado crecimiento de nochebuena es moderada, evitando valores elevados que puedan inducir salinidad y afectar el desarrollo radicular (ICAMEX, s.f.).

En estudios realizados en México, se han evaluado mezclas que incluyen materiales como tezontle, fibra de coco y sustratos orgánicos combinados con vermicomposta, demostrando que alternativas al uso exclusivo de tierra pueden sostener un desarrollo vegetal y nutrimental adecuado (Morales Cárdenas, 2006). En general, el sustrato debe ser suelto, con alta porosidad y buen drenaje, lo que favorece la aireación y la prevención de anegamientos, principios coincidentes en guías técnicas mexicanas y trabajos experimentales sobre sustratos en nochebuena (ICAMEX, s.f.; Morales Cárdenas, 2006).

5. EFECTOS DE LA PROHEXADIONA DE CALCIO (P-Ca)

La P-Ca, tiene una estructura parecida al ácido 2-oxoglutámico, el sustrato de dioxigenasas, que catalizan las reacciones de la etapa III de la formación de gas y específicamente, P-Ca bloquea AG₂₀ 3 β -hidroxilasa inhibiendo la formación de giberelinas biológicamente activas y formando precursores inactivos (Rademacher, 2000; Rademacher et al., 2006). P-Ca pudiera también actuar como inhibidor de la síntesis de etileno (Rademacher et al., 2006; Rademacher, 2014) e interfiere en el metabolismo de flavonoides (Rademacher, 2014).

Se absorbe principalmente a través de las hojas y su translocación es principalmente acropétala y en menor grado basipétala con un período de actividad biológica dentro de 10 a 14 días (Evans et al., 1997).

Los principales efectos de la prohexadiona de calcio son la reducción en la tasa de crecimiento de los brotes tiernos retardando el crecimiento de las plantas al hacer lenta la división y alargamiento celular regulando de manera fisiológica la altura de las plantas sin causar deformaciones en hojas o tallos (Padilla et al., 2017). La prohexadiona de calcio (P-Ca) esta, reduce el crecimiento vegetativo y mejora la producción (Rehman et al., 2018).

6. METABOLISMO DE LA PROHEXADIONA DE CALCIO (P-Ca)

La P-Ca en las plantas, se degrada en 2 semanas aproximadamente. Después de la asimilación y del partimiento de su anillo, ocurre naturalmente el ácido propano 1, 2, 3-tricarboxílico (ácido tricarbarílico), el cual es introducido al metabolismo de la planta (Evans et al., 1999). En los suelos, el P-Ca se descompone principalmente en dióxido de carbono, con una media de vida de 7 días, y en agua se degrada por fotólisis a dióxido de carbono y otros productos naturales, según se ha reportado en estudios sobre su degradación ambiental (Rademacher, 2000).

7. PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS Y ECOTOXICOLÓGICAS

La prohexadiona de calcio no es mutagénico, carcinogénico o teratogénico. P-Ca no tiene efectos negativos en pájaros, peces, abejas o en los microorganismos del suelo (Evans et al., 1999). Se considera que es un producto más seguro y menos persistente en el ambiente, pero su efecto en plantas ornamentales no ha sido muy estudiado (Reekie et al., 2007)

8. ABSORCIÓN Y TRANSLOCACIÓN DE LA PROHEXADIONA DE CALCIO (P-Ca)

Para una máxima absorción requiere un mínimo de 8 horas, y es transportado acropétalmente a los puntos individuales de crecimiento (meristemas). Los movimientos basipétalos son mínimos. P-Ca no persiste en la planta (Evans et al., 1999). Las propiedades conocidas actualmente de P-Ca, la ubican como un biorregulador joven de uso prometedor en la producción hortícola; por lo tanto, es necesario continuar evaluándolo y en forma simultánea investigar sobre su posible mecanismo de acción.

9. MATERIALES Y MÉTODOS

9.1. Localización del experimento

Se llevó a cabo en un invernadero con cubierta de cristal ubicado al interior del campus central de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Carretera México-Texcoco Km 38.5, Texcoco de Mora, México, a una altitud de 2250 msnm y con coordenadas 19°29'23" N y 98°53'37" O.

9.2. Material vegetal

Se utilizaron esquejes enraizados de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima*) var. Amanecer Navideño, obtenido del banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo. Las plantas se colocaron en bolsas de polietileno negro con capacidad para 10 litros. El sustrato estuvo compuesto por "peat moss" y perlita en una proporción 3:1. Al momento de trasplante se le aplicó un promotor del desarrollo radical (radimax Boost® a una cantidad de 1 mL L⁻¹).

9.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DECA), se establecieron cuatro tratamientos con cinco repeticiones. La unidad experimental correspondió a una planta de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima*) var. Amanecer navideño.

El producto evaluado fue prohexadiona de calcio (P-Ca), aplicado en diferentes concentraciones (Cuadro 2). La aplicación foliar se realizó con un atomizador (1

L de capacidad), a los dos días después del trasplante y se repitió 17 días más tarde.

Cuadro 2. Tratamientos a base de prohexadiona de calcio (P-Ca) a distintas concentraciones.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	Aplicación de 50 mg L ⁻¹
T3	Aplicación de 100 mg L ⁻¹
T4	Aplicación de 150 mg L ⁻¹

10. VARIABLES EVALUADAS

10.1. VARIABLES VEGETATIVAS

10.1.1. Altura de planta (cm)

Se registró semanalmente la longitud de la planta con una regla graduada en cm, midiendo desde la base de la planta hasta el meristemo apical, a partir del trasplante del esqueje.

10.1.2. Número de entrenudos

El conteo del número de entrenudos inició desde la aplicación de los tratamientos. Se consideró como primer entrenudo aquel ubicado más cerca del cuello o base del tallo, y el registro se realizó de forma semanal.

10.1.3. Longitud de entrenudos (cm)

La longitud de los entrenudos se midió semanalmente con una regla graduada en centímetros. Para ello, se seleccionó el entrenudo medio de cada tallo y únicamente a este se le tomó la medición hasta la cosecha de la planta.

10.1.4. Diámetro de tallo (mm)

Se midió el diámetro de cada planta en la parte media del tallo, tomando como referencia el entrenudo ubicado en esa sección. La medición se realizó

semanalmente utilizando un vernier digital Mitutoyo CD-6"CSX con una resolución de 0.01 mm.

10.1.5. Área foliar (cm²)

La medición del área foliar se realizó al finalizar el experimento, utilizando un medidor de área foliar (MFP5000), marca VTSYIQI. Las evaluaciones se efectuaron de manera individual en cada planta.

10.1.6. Materia seca (%)

Para la determinación de la materia seca, se consideraron tanto las partes aéreas (tallo, hojas e inflorescencias) como las subterráneas (raíces) de cada planta. En primer lugar, se registró el peso fresco de cada componente para obtener posteriormente el peso total por planta. Enseguida, las muestras se colocaron en cajas Petri y se secaron en una estufa de secado (Thelco, modelo 6M GCA/Precision Scientific) a temperatura constante (70 °C) durante 72 horas, hasta alcanzar un peso estable. Con estos valores se calculó el contenido de materia seca mediante la fórmula correspondiente.

$$Materia\ seca\ (\%) = \left(\frac{PS}{PF} \right) * 100$$

PS: Peso seco de la muestra (g).

PF: Peso fresco de la muestra (g).

10.2. VARIABLES CROMÁTICAS

10.2.1. Color (L* C* h*)

La luminosidad croma y ángulo Hue se determinaron con un colorímetro digital portátil marca AMTAST y modelo AMT506. La medición se realizó una vez que las brácteas presentaron una pigmentación completa. De igual manera, se efectuó una medición final al momento de la cosecha de la planta completa.

Para cuantificar el color de las brácteas, se utilizó el sistema CIE L* C* h*, el cual permite describir el color de manera objetiva y reproducible. En este sistema, L* representa la luminosidad de la muestra, con valores que van de 0 (negro) a 100

(blanco); C* indica la saturación o intensidad del color; y H (hue) corresponde al ángulo que define el tono, por ejemplo, rojo, amarillo o verde. Este enfoque evita la subjetividad inherente a la evaluación visual tradicional (Fairchild, 2013; Kendal et al., 2013; Wyszecki & Stiles, 1982).

10.3. VARIABLES BIOQUÍMICAS EN BRÁCTEA

10.3.1. Actividad antioxidante (mg VCEAC 100 g⁻¹ PF)

Para la determinación se empleó la metodología descrita por Kuskoski et al. (2005), modificada por Q. A. Cecilio Bautista Bañuelos (2005).

10.3.2. Fenoles totales (mg TAE 100 g⁻¹ PF)

La determinación se realizó bajo la metodología de Folin y Ciocalteu descrita por Waterman y Mole (2004).

10.3.3. Flavonoides (mg QE 100 g⁻¹ PF)

Para la determinación se utilizó la metodología descrita por Arvouet-Grand et al. (1994).

10.4. VARIABLES FISIOLÓGICAS

10.4.1. Unidades SPAD

Se utilizó un medidor de clorofila (SPAD 502 Plus Minolta). El cual cuantifica cambios sutiles o tendencias en la salud de la planta mucho antes de que sean visibles al ojo humano. Se realizaron tres mediciones por hoja de la parte media, del dosel de la planta, de manera lineal y se promediaron para su análisis estadístico.

10.4.2. Estomas por mm²

El conteo del número de estomas por campo se realizó mediante la observación de muestras tomadas del envés de las hojas, tanto de las plantas testigo como de las plantas tratadas.

1. Se seleccionaron hojas sanas y bien desarrolladas, además de estar activas fotosintéticamente en la parte media de la planta para obtener el molde negativo.

2. En una caja Petri se colocaron de 3 a 5 g de pasta de impresión (Exactoden®) y dos gotas del catalizador de la misma marca.
3. Con una espátula de doble acción se mezcló para homogeneizar la pasta y el catalizador (10 segundos de mezclar).
4. Se colocó la pasta en la parte central del envés de las hojas seleccionadas y se dejó secar (5 minutos aproximadamente).
5. Se retiraron los moldes negativos del envés de las hojas.
6. Se recolectaron todos los moldes con su respectiva identificación del invernadero de fruticultura del campo San Martín de la Universidad Autónoma Chapingo: Tratamiento y repetición.
7. En el laboratorio de Nutrición de Frutales con ayuda del siguiente material se obtuvieron los moldes positivos.
 - Moldes negativos (obtenidos en campo).
 - Pinza de disección.
 - Guantes de látex.
 - Barniz transparente de uñas.
 - Portaobjetos y cubreobjetos.
8. Con ayuda de la brocha del barniz transparente se aplicó una capa delgada en el envés de la hoja (película de barniz).
9. Se dejó secar el barniz (15 segundos) y se retiró con la ayuda de la pinza de disección.
10. Se colocó la película de barniz en la cara que corresponde al envés de la hoja hacia arriba en el portaobjetos y cubrimos con el cubreobjetos (muestra terminada para observar a microscopio).
11. Las muestras se observaron con un microscopio óptico Modelo Olympus CX 31 del Laboratorio de Nutrición de Frutales, ubicado en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

12. Se utilizó el objetivo de 40x, se observaron cinco campos para promediar el número de estomas.

10.4.3. Conductancia estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

La conductancia estomática se determinó utilizando el porómetro Leaf Porometer SC-1 (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA). Para cada planta, se seleccionó una hoja completamente expandida y fotosintéticamente activa ubicada en la parte media del dosel. Las mediciones se realizaron de 10:00 y 11:00 horas, periodo en el que la actividad estomática suele ser estable y representativa del comportamiento fisiológico de la planta.

10.5. VARIABLES BIOQUÍMICAS EN HOJA

Kim et al. (2002) propusieron una forma comparativa y universal de expresar la actividad antioxidante de extractos naturales en equivalentes de vitamina C (ácido ascórbico). Antes de su propuesta, los resultados se reportaban mediante indicadores como la “trolox equivalent antioxidant capacity” (TEAC, en $\mu\text{mol TE/g}$), valores de IC_{50} (concentración inhibitoria al 50 %) o porcentajes de inhibición de radicales libres ($\text{ABTS}^{\bullet+}$ o $\text{DPPH}^{\bullet}$). Se expresan los resultados en miligramos equivalentes de vitamina C (VCEAC) permite una interpretación más clara, comparable y universal, especialmente cuando se emplea el método ABTS, ampliamente utilizado en estudios de antioxidantes vegetales.

10.5.1. Clorofila a, b, totales y carotenoides ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$)

Clorofilas y carotenoides se determinaron por la metodología descrita por Whitam et al. (1971).

- Clorofila A:

$$\text{Ca} = 11.24 (A_{661.6}) - 2.04 (A_{645})$$

- Clorofila B:

$$\text{Cb} = 20.13 (A_{645}) - 4.19 (A_{661.6})$$

- Clorofila total:

$$CT = 7.05 (A_{645}) + 8.09 (A_{645})$$

- Carotenoides:

$$C_{X+C} = 1000 (A_{470}) - 1.90 (Ca) - 63.14 (Cb) / 214$$

La determinación de clorofilas y carotenoides en tejidos vegetales se basa en métodos espectrofotométricos ampliamente estandarizados. Lichtenthaler (1987) estableció procedimientos clásicos para la cuantificación de clorofila a, clorofila b y carotenoides mediante la lectura de absorbancias a 663, 645 y 470 nm, respectivamente, los cuales continúan siendo referencia en estudios fisiológicos y bioquímicos de plantas. De manera complementaria, Moran (1982) desarrolló un método para la estimación total de carotenoides en extractos vegetales, integrando ecuaciones que consideran las absorbancias en distintas longitudes de onda con el fin de obtener resultados más precisos. Posteriormente, Porra (2002) refinó las ecuaciones de cuantificación simultánea de clorofilas a y b, proporcionando coeficientes de extinción más exactos y mejorando la fiabilidad de las determinaciones espectrofotométricas. En conjunto, estos métodos permiten una estimación precisa del contenido de pigmentos y respaldan los resultados obtenidos en el presente estudio, donde las dosis más altas de P-Ca promovieron un mayor contenido de clorofilas y carotenoides en las plantas de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima*).

10.5.2. Actividad antioxidante (mg VCEAC 100 g⁻¹ PF)

Para la determinación se utilizó la metodología descrita por Kuskoski et al., (2005), modificada por Q. A. Cecilio Bautista Bañuelos (2005).

10.5.3. Azúcares totales y reductores (mg glucosa 100 g⁻¹ PF)

La determinación de azúcares totales se realizó mediante la técnica de antrona, descrita por Whitam et al. (1971), y los azúcares reductores por la metodología de Somogyi (1952).

10.5.4. Fenoles totales (mg TAE 100 g⁻¹ PF)

La determinación se realizó bajo la metodología de Folin y Ciocalteu descrita por Waterman y Mole (1994).

10.6. VARIABLES NUTRIMENTALES

10.6.1. Macroelementos (N, P, K, Ca y Mg)

La determinación del nitrógeno (N) se realizó mediante digestión con mezcla diácida y posterior análisis por el método de arrastre de vapor de Kjeldahl, técnica descrita originalmente por Johan Kjeldahl (1883). El fósforo (P) se cuantificó tras la digestión diácida mediante el método colorimétrico de reducción con molibdo vanadato de amonio. El potasio (K) se determinó mediante espectrofotometría de emisión de flama, mientras que el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) se evaluaron por espectrofotometría de absorción atómica, todos ellos a partir de extractos obtenidos por digestión con mezcla diácida, conforme a los procedimientos estandarizados por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016).

10.6.2. Microelementos (Fe, Zn y B)

La determinación de los elementos hierro (Fe), zinc (Zn) y boro (B) también se realizó por digestión con mezcla diácida y por espectrofotometría de absorción atómica.

11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) y una correlación de Pearson mediante el software estadístico SAS 9.4.

12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

12.1. Altura de planta

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), se observó que las plantas testigo alcanzaron una altura promedio de 53.5 cm, siendo estadísticamente diferentes de las plantas tratadas con cualquier concentración de prohexadiona de calcio evaluada, las cuales presentaron valores de altura de planta menores (32.9 cm, 33.4 cm y 34.7 cm, respectivamente).

La aplicación de prohexadiona de calcio generó una reducción significativa en la altura de las plantas en comparación con el tratamiento testigo, con una

disminución del 38.50 % en la concentración más baja evaluada (Cuadro 3). Resultados similares fueron reportados por Ramírez et al. (2010), quienes observaron una reducción del 19.84 % en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), lo cual concordó con los resultados obtenidos. Este comportamiento podría atribuirse a la inhibición de la biosíntesis de giberelinas biológicamente activas (A1, A4 y A7) inducida por la prohexadiona de calcio (Evans et al., 1997).

Se observaron asociaciones estadísticamente relevantes entre los rasgos morfológicos y fisiológicos de las plantas, las cuales pueden explicarse por los efectos de la prohexadiona de calcio (P-Ca) reportados en la literatura. La altura de planta mostró correlaciones positivas significativas con el número de entrenudos ($r = 0.528$, $p < 0.05$) y negativas significativas con el diámetro del tallo ($r = -0.528$, $p < 0.05$) (Cuadro A1), indicando que las plantas más altas tendieron a tener entrenudos más largos, pero tallos más delgados. Además, la altura presentó correlaciones negativas altamente significativas con las unidades SPAD ($r = -0.696$, $p < 0.01$) y con el número de estomas ($r = -0.890$, $p < 0.01$), lo que sugiere que plantas más altas tienen menor contenido relativo de clorofila y menor densidad estomática. Estos hallazgos coincidieron con lo reportado por Kim et al. (2010) en *Chrysanthemum morifolium*, quienes observaron que la aplicación de P-Ca reduce el alargamiento de la planta mientras incrementa el grosor del tallo y modula el contenido de giberelinas, promoviendo un crecimiento más compacto.

12.2. Número de entrenudos

El número de entrenudos en las plantas presentó diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). Las plantas testigo registraron el mayor número de entrenudos (17), estadísticamente diferentes de las plantas tratadas con la dosis de 50 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio (14.8 entrenudos). Las demás concentraciones evaluadas no mostraron diferencias estadísticas entre sí.

De manera consistente, el número de entrenudos se correlacionó negativamente y de forma altamente significativa con SPAD ($r = -0.580$, $p < 0.01$) y con la

conductancia estomática ($r = -0.570$, $p < 0.01$), y de forma significativa con el número de estomas ($r = -0.502$, $p < 0.05$) (Cuadro A1). Esto sugiere que plantas con entrenudos más largos o numerosos mostraron menor desempeño fisiológico, probablemente debido al efecto de P-Ca sobre la inhibición de giberelinas y la redistribución de recursos hacia un crecimiento más equilibrado (Ramírez et al., 2015; Huang et al., 2023).

12.3. Longitud de entrenudos

En cuanto a la longitud de los entrenudos, no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). Tanto las plantas testigo como las tratadas con las distintas dosis de prohexadiona de calcio presentaron valores numéricamente similares. Estos resultados son comparables, con los reportados por Ramírez et al. (2006), quienes señalaron una reducción en la longitud de los entrenudos en árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh.) tratados con el mismo regulador de crecimiento.

Cuadro 3. Comparación de medias para variables vegetativas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Altura de planta (cm)	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos (cm)
T1	Testigo	53.5 a ^z	17.0 a	4.594 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	32.9 b	14.8 b	4.392 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	33.4 b	15.2 ab	4.102 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	34.7 b	15.0 ab	4.092 a
	DMSH	9.6	2.1	0.758
	C.V.	13.7 %	7.5 %	9.749 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación.

12.4. Diámetro de tallo

En el diámetro del tallo no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$) (Cuadro 4). Sin embargo, el grosor del tallo parece estar influenciado por la dosis de aplicación del producto. Las plantas tratadas con las

concentraciones de 50 y 100 mg L⁻¹ de P-Ca presentaron mayores valores de diámetro (6.576 mm y 7.246 mm, respectivamente), aunque este efecto no fue consistente, ya que la concentración más alta evaluada registró el menor grosor (6.284 mm). El incremento registrado en el diámetro con la aplicación de las diferentes concentraciones de prohexadiona de calcio, podría estar relacionado con un aumento en los niveles de citocininas, hormona que participa en la diferenciación de tejidos vegetales (Rojas-Garcidueñas & Ramírez, 1996; Srivastava, 2002). De acuerdo con Barras-Ali et al. (2007), el uso de reguladores de crecimiento en plantas ornamentales, como el crisantemo, induce una mayor expansión y división celular en sentido transversal, en contraste con el crecimiento predominantemente vertical observado en condiciones normales.

El diámetro del tallo presentó correlación positiva y significativa con el número de estomas ($r = 0.485$, $p < 0.05$), mientras que las unidades SPAD se asociaron positiva y altamente significativa con el número de estomas ($r = 0.759$, $p < 0.01$) (Cuadro A1), lo cual indica que plantas más compactas y robustas presentan mayor densidad estomática y mayor contenido relativo de clorofilas a y b. Estos resultados reflejan que la acción de la P-Ca no solo reduce la altura y alargamiento del tallo, sino que también favorece una arquitectura más compacta, con mejor desempeño fisiológico, en concordancia con estudios en chile jalapeño y arroz (Ramírez et al., 2015; Li et al., 2023).

12.5. Área foliar

Para el área foliar, no se detectaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). Las plantas sin aplicación presentaron la mayor área foliar (74,338 cm²), mientras que las tratadas con prohexadiona de calcio con cualquier concentración evaluada mostraron valores menores (Cuadro 4). Estudios previos de Jankiewicz (2003) y, Mata y Botto (2009) encontraron una disminución del área foliar asociada al uso de reguladores de crecimiento; sin embargo, en el presente estudio dicho efecto no fue estadísticamente significativo. Reekie et al. (2007) indicaron que la aplicación foliar de prohexadiona cálcica (ProCa) reduce el área

foliar específica (SLA) en plantas de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.). Resultados similares se observaron en el presente estudio.

Cuadro 4. Comparación de medias para variables vegetativas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (cm ²)	Materia seca (%)
T1	Testigo	4.734 a ^z	74338 a	19.350 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	6.576 a	61330 a	18.694 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	7.246 a	66407 a	18.478 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	6.284 a	64918 a	20.088 a
	DMSH	3.359	28720	1.676
	C.V.	29.894 %	23.779 %	4.835 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación.

12.6. Materia seca

Respecto al contenido de materia seca, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre las plantas testigo y aquellas tratadas con las distintas concentraciones de prohexadiona de calcio (Tukey, $\alpha = 0.05$). No obstante, con la concentración más alta las plantas tratadas presentaron el mayor porcentaje de materia seca (20.088 %), seguida por las plantas testigo (19.350 %) y las plantas tratadas con las concentraciones intermedias (18.694 % y 18.478 %). Este comportamiento es congruente con lo señalado por Xia et al. (2025), quienes reportaron que, la prohexadiona de calcio reduce la expansión foliar y el crecimiento de la parte aérea debido a la inhibición de la síntesis de giberelinas, promueve una mayor acumulación de materia seca en el sistema radical.

Dichos autores observaron que las plantas tratadas desarrollaron raíces más robustas y con mayor biomasa a pesar de presentar menor crecimiento, Reekie y Hicklenton (2007) encontraron que la aplicación foliar de prohexadiona cálcica (ProCa) aumenta la proporción raíz-brote en plantas de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.). De manera similar, en el presente estudio, aun cuando las

plantas testigo mostraron un área foliar superior, con la concentración más alta de P-Ca se presentó la mayor proporción de materia seca total. Esto sugiere que la aplicación de P-Ca favoreció una redistribución de biomasa hacia estructuras más compactas y hacia el sistema radical, lo que explicaría por qué las plantas tratadas presentaron valores más altos de materia seca a pesar de su menor área foliar.

Estos resultados reflejan que, aunque la materia seca no se ve directamente afectada por niveles individuales de nutrientes en este experimento, las interacciones entre elementos minerales pueden influir indirectamente en el desarrollo vegetal y en la respuesta de la planta a reguladores de crecimiento como la prohexitadiona de calcio (P Ca), que modula el alargamiento celular y la acumulación de biomasa (Kim et al., 2010; Ramírez et al., 2015).

12.7. Variables cromáticas

Con relación a la variable de color en el parámetro de *luminosidad (L), se observaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). Las plantas testigo registraron el valor más alto (46.22), siendo estadísticamente diferentes de las plantas tratadas con las distintas concentraciones de prohexitadiona de calcio. En cuanto al *croma (C), no se detectaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$); sin embargo, las plantas tratadas con prohexitadiona de calcio presentaron valores ligeramente menores en comparación con las plantas testigo (23.12). Respecto al ángulo Hue (h°), se registraron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$), destacando que las plantas tratadas con la concentración más alta de prohexitadiona de calcio alcanzaron el mayor valor (116.70), mientras que las plantas testigo mostraron los valores más bajos (74.20) (Cuadro 5 y Figura 1).

Este comportamiento podría deberse a que la aplicación de prohexitadiona de calcio modifica la síntesis y acumulación de pigmentos en las brácteas. La menor luminosidad observada en las plantas tratadas puede estar asociada a una mayor densidad de pigmentos o a un engrosamiento del tejido, lo que reduce la reflexión de la luz. La ligera disminución del croma podría indicar una menor saturación

del color, posiblemente relacionada con cambios en el metabolismo de flavonoides ocasionados por la inhibición de giberelinas. Finalmente, el incremento del ángulo Hue en las plantas tratadas sugiere un desplazamiento hacia tonos más amarillo-verdosos, lo cual podría resultar de una modificación en la proporción relativa de clorofilas y carotenoides durante el proceso de maduración de las brácteas.

Cuadro 5. Comparación de medias para las variables de color de brácteas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Color (L-C-h)		
		Luminosidad	Croma	Hue
T1	Testigo	46.22 a ^z	23.12 a	74.20 b
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	35.02 b	17.22 a	77.06 ab
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	32.18 b	18.74 a	100.34 ab
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	33.26 b	19.52 a	116.70 a
	DMSH	7.99	8.28	39.71
	C.V.	12.04 %	23.29 %	23.83 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha=0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación.

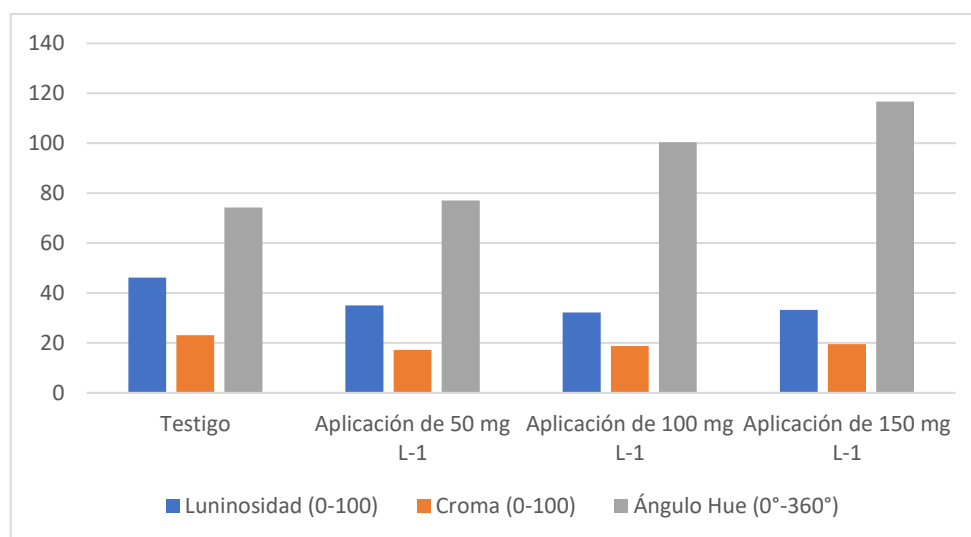


Figura 1. Comparación de L*, C* y h° entre plantas testigo y plantas tratadas de nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño con las concentraciones de prohexadiona de calcio (P-Ca).

12.8. Luminosidad en brácteas

La luminosidad de las brácteas (L^*) mostró una correlación positiva y altamente significativas con la altura de planta ($r = 0.799$, $p < 0.01$) y negativas altamente significativas con las unidades SPAD ($r = -0.792$, $p < 0.01$) y el número de estomas ($r = -0.794$, $p < 0.01$) (Cuadro A2), lo cual indica que brácteas más claras se asociaron con plantas más altas pero con menor contenido relativo de clorofila y menor densidad estomática. Este patrón coincidió con lo reportado por Lichtenthaler (1987), quien describe que el contenido de clorofila está estrechamente relacionado con la absorción de luz y la intensidad de color en hojas y órganos fotosintéticamente activos.

12.9. Ángulo Hue

El ángulo de matiz (Hue) presentó correlación negativa y significativa con la longitud de entrenudos ($r = -0.539$, $p < 0.05$) y positiva significativa con el número de estomas ($r = 0.552$, $p < 0.05$) (Cuadro A2), sugiriendo que tonalidades más amarillentas de las brácteas se asociaron con entrenudos más cortos y mayor densidad estomática. Esto podría reflejar un balance entre desarrollo vegetativo reducido y capacidad fotosintética eficiente, ya que la acumulación de pigmentos como antocianinas y carotenoides influye directamente en la tonalidad de las brácteas y está vinculada con la fisiología foliar y estomática (Vilperte & Debener, 2021; Lozoya Gloria et al., 2023). Estudios sobre *Euphorbia pulcherrima* han demostrado que mutaciones o variaciones en genes relacionados con la síntesis y transporte de pigmentos en brácteas modifican la intensidad del color, mientras que la densidad estomática puede influir en la eficiencia fotosintética y la distribución de clorofilas (González García, 2021; Lichtenthaler, 1987).

Estos valores reflejan una tendencia hacia tonalidades amarillentas en las brácteas, lo cual correspondió con la coloración característica de la variedad Amanecer Navideño, cuya pigmentación se asoció con matices blanco-amarillentos. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ecke et al. (2004) y por Csorba et al. (2021), quienes señalaron que la intensidad del color rojo en las brácteas está directamente relacionada con la acumulación de antocianinas,

las cuales disminuyen bajo condiciones que inhiben la biosíntesis de flavonoides. La prohexadiona de calcio actúa sobre esta vía metabólica al inhibir la enzima dioxigenasa dependiente de 2-oxoglutarato, afectando la conversión de dihidroflavonoles en antocianinas (Rademacher, 2000; Brown et al., 2009).

12.10. Actividad antioxidante en brácteas

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), las plantas tratadas con 100 mg L⁻¹ y 150 mg L⁻¹ de P-Ca presentaron los valores más altos de actividad antioxidante, siendo estadísticamente diferentes de las plantas testigo y de aquellas tratadas con 50 mg L⁻¹ de P-Ca (Cuadro 6). Este incremento en la actividad antioxidante puede estar relacionado con una mayor capacidad de las plantas para neutralizar radicales libres, como lo señalaron Roginsky y Lissi (2005), quienes describieron que los métodos para cuantificar dicha capacidad se basan en la formación de radicales libres, la reacción del inhibidor y la sensibilidad frente a distintas moléculas reductoras.

12.11. Fenoles y flavonoides en brácteas

En cuanto al contenido de fenoles y flavonoides totales, no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$), lo que indica que ninguna de las concentraciones evaluadas de P-Ca influyó de manera importante en la acumulación de estos compuestos en las plantas de nochebuena de sol. En especies ornamentales donde el órgano de interés es la flor, los flavonoides son de gran importancia, ya que determinan la coloración de las estructuras florales al actuar como pigmentos naturales responsables de las diferentes tonalidades (Di Carlo et al., 1999; Mlcek & Rop, 2011).

De manera complementaria, los flavonoides en brácteas mostraron correlaciones positivas con el ángulo Hue ($r = 0.463$, $p < 0.05$), clorofila b ($r = 0.481$, $p < 0.05$), carotenoides ($r = 0.458$, $p < 0.05$) y clorofilas totales ($r = 0.449$, $p < 0.05$) (Cuadro A5), indicando que plantas con mayor contenido de flavonoides tienden a presentar brácteas con colores más intensos y mayor acumulación de pigmentos fotosintéticos. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Kim et al. (2010) y Ramírez et al. (2015), quienes señalaron que la aplicación de

prohexadiona de calcio (P Ca) puede favorecer la acumulación de metabolitos secundarios como flavonoides y fenoles al modificar el alargamiento y la arquitectura de la planta.

Cuadro 6. Comparación de medias para variables bioquímicas en brácteas de nochebuena de sol var. Amanecer navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Actividad Antioxidante (mg VCEAC 100 g ⁻¹ PF)	Fenoles (mg TAE 100 g ⁻¹ PF)	Flavonoides (mg QE 100 g ⁻¹ PF)
T1	Testigo	21427.5 b ^z	1631033 a	310750 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	20395.1 b	1573412 a	315624 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	25477.2 a	1388386 a	372526 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	25013.0 a	1422235 a	361274 a
	DMSH	2258.6	435299	86831
	C.V.	5.4 %	15.9977 %	14.112 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación; VCEAC: Actividad antioxidante equivalente a vitamina C; TAE: Equivalentes de ácido tánico; QE: Equivalentes de quercetina; PF: Peso fresco.

12.12. Actividad antioxidante en brácteas

La actividad antioxidante en brácteas se correlacionó de manera negativa y significativa con la longitud de entrenudos ($r = -0.560$, $p < 0.05$) y con el número de estomas se correlacionó de forma positiva y significativa ($r = 0.549$, $p < 0.05$) (Cuadro A4), lo que sugiere que plantas con entrenudos más cortos y mayor densidad estomática presentan una mayor capacidad antioxidante en brácteas. Esta relación es consistente con lo reportado por Huang et al. (2023), quienes describieron que la acumulación de compuestos antioxidantes en órganos vegetativos se asocia con una arquitectura más compacta y con mayor eficiencia fotosintética.

El análisis reveló que la actividad antioxidante en brácteas se asocia positiva y altamente significativa con el ángulo Hue ($r = 0.681$, $p < 0.01$), clorofila b ($r = 0.636$, $p < 0.01$) y positivo y significativo con carotenoides ($r = 0.528$, $p < 0.05$) y

clorofilas totales ($r = 0.500$, $p < 0.05$) (Cuadro A5), lo que indica que brácteas con tonalidades más rojizas o amarillentas presentan mayor capacidad antioxidante y acumulación de pigmentos fotosintéticos. Esto coincidió con Lichtenthaler (1987), quien reportó que la concentración de clorofilas y carotenoides influye en la capacidad antioxidante y la absorción de luz en órganos vegetativos y reproductivos.

12.13. Unidades SPAD

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), las plantas testigo registraron el menor número de unidades SPAD (39.496), siendo estadísticamente diferentes de las plantas tratadas con las distintas concentraciones de P-Ca. Estos resultados indican que la aplicación del regulador de crecimiento favoreció el contenido de clorofila en las hojas (Cuadro 7). De acuerdo con Trejo-Téllez et al. (2019) y Ramírez-Godina et al. (2020), las unidades SPAD en plantas de nochebuena cultivadas suelen encontrarse dentro de un intervalo de 35 a 55 unidades, aunque pueden variar según la variedad y las condiciones ambientales del cultivo. En general, un aumento en las unidades SPAD refleja un mayor contenido de clorofila y hojas más verdes y fisiológicamente activas, mientras que valores menores pueden asociarse con estrés ambiental o con la acción de reguladores que interfieren en la síntesis o estabilidad de los pigmentos fotosintéticos.

Cuadro 7. Comparación de medias para variables fisiológicas en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer Navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Unidades SPAD	Número de estomas (mm ²)	Conductancia estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)
T1	Testigo	39.496 b ^z	109.194 c	456.41 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	47.608 a	161.142 b	522.33 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	48.224 a	184.568 ab	459.95 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	48.078 a	190.068 a	566.21 a
	DMSH	3.727	25.564	244.96
	C.V.	4.492 %	8.762 %	27.00 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación.

12.14. Numero de estomas

Las plantas tratadas con 150 mg L⁻¹ de P-Ca registraron el mayor número de estomas en el envés de la hoja (190.068), siendo estadísticamente diferentes de las plantas testigo (109.194) y de las tratadas con 50 mg L⁻¹ de P-Ca (Tukey, $\alpha = 0.05$). Zapata et al. (2010) observaron que las plantas cultivadas a plena luz presentan entre 220 y 280 estomas/mm² en la superficie abaxial y entre 60 y 90 estomas/mm² en la adaxial, mientras que en sombra parcial estos valores disminuyen notablemente. De manera similar, Martínez et al. (2015) reportaron intervalos de 200 a 300 estomas/mm² en plantas a sol directo y de 120 a 180 estomas/mm² bajo malla sombra, encontrando una correlación positiva entre la intensidad lumínica y la densidad estomática.

García et al. (2012) obtuvieron resultados comparables, con valores de 240 ± 20 estomas/mm² en plantas de sol y 160 ± 15 estomas/mm² en plantas de sombra. En el presente estudio, la densidad estomática observada en las plantas tratadas con P-Ca coincide con lo reportado por dichos autores, lo que sugiere una

respuesta fisiológica similar ante la radiación solar y la aplicación del regulador de crecimiento.

12.15. Conductancia estomática

Respecto a la conductancia estomática, no se detectaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). Sin embargo, con la concentración más alta evaluada (150 mg L⁻¹ de P-Ca) se presentó el valor promedio más alto en comparación con las demás concentraciones y el tratamiento testigo. Este comportamiento podría asociarse con una mayor apertura estomática y, por tanto, con una ligera tendencia al incremento del intercambio gaseoso, aunque sin representar un cambio estadísticamente significativo.

12.16. Clorofila a, b, total y carotenoides en hoja

De acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), se detectaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de pigmentos fotosintéticos (clorofila a, clorofila b, clorofila total y carotenoides) en las plantas de nochebuena de sol tratadas con la concentración más alta y las plantas testigo (Cuadro 8). Las plantas testigo presentaron las menores concentraciones de pigmentos, mientras que las plantas tratadas con las concentraciones de manera creciente de P-Ca mostraron una tendencia clara al incremento, destacando la aplicación de 150 mg L⁻¹ como la más efectiva al promover una mayor acumulación de clorofilas y carotenoides.

Estos resultados coincidieron con lo reportado por Pal y Johal (2019) en arroz Basmati, quienes observaron incrementos moderados en clorofila total y carotenoides tras aplicaciones foliares de P-Ca. De forma semejante, en el presente estudio la mayor acumulación de pigmentos sugiere que este regulador favoreció la eficiencia fotosintética, mejorando la capacidad de captura y aprovechamiento de la luz en las plantas tratadas.

Cuadro 8. Comparación de medias para clorofilas y carotenoides en hojas de nochebuena de sol var. Amanecer Navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Clorofila a (mg 100 g ⁻¹ PF)	Clorofila b (mg 100 g ⁻¹ PF)	Clorofila total (mg 100 g ⁻¹ PF)	Carotenoides (mg 100 g ⁻¹ PF)
T1	Testigo	129.55 b ^z	50.79 c	180.30 b	43.701 b
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	168.40 ab	61.82 bc	230.17 ab	53.921 ab
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	178.27 ab	76.55 ab	254.76 a	61.417 ab
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	192.66 a	88.63 a	281.22 a	65.502 a
	DMSH	52.57	25.40	73.60	18.207
	C.V.	17.37 %	20.21 %	17.19 %	17.92 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación; PF: Peso fresco.

Los contenidos de clorofila a, b, carotenoides y clorofilas totales mostraron correlaciones positivas altamente significativas con el número de estomas ($r = 0.627$ y 0.701 , $p < 0.01$) y con SPAD ($r = 0.578$ y 0.674 , $p < 0.01$), mientras que se correlacionaron negativamente con la altura de planta ($r = -0.477$ y -0.501 , $p < 0.05$) (Cuadro A2), lo que indicó que plantas con mayor acumulación de pigmentos fotosintéticos presentaron menor alargamiento y mayor densidad estomática. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Lichtenthaler (1987) y de Taiz et al. (2017), quienes describieron que la concentración de pigmentos fotosintéticos está vinculada con la eficiencia fotosintética y puede influir en la coloración de órganos vegetativos y reproductivos.

Se detectaron correlaciones negativas altamente significativas con clorofila a ($r = -0.637$, $p < 0.01$), carotenoides ($r = -0.609$, $p < 0.01$) y clorofilas totales ($r = -0.615$, $p < 0.01$), así como una correlación negativa significativa con clorofila b ($r = -0.506$, $p < 0.05$) con luminosidad en brácteas (Cuadro A3). Esto indicó que brácteas más claras presentan menores contenidos de pigmentos fotosintéticos, mientras que brácteas más oscuras se asociaron con mayor acumulación de clorofila y carotenoides. Estos hallazgos concordaron con Lichtenthaler (1987), quien describió la relación directa entre la concentración de pigmentos

fotosintéticos y la absorción de luz, lo que influye en la intensidad y saturación del color de órganos vegetativos y reproductivos.

12.17. Actividad antioxidante en hoja

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), la actividad antioxidante en hojas de nochebuena mostró diferencias estadísticas únicamente entre la dosis de 100 y 150 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio, respectivamente. La más alta presentó el valor más alto, aunque no fue estadísticamente diferente del tratamiento testigo. Este comportamiento podría explicarse considerando lo señalado por Shalaby y Shanab (2013), quienes mencionan que los compuestos responsables de la capacidad antioxidante natural en las plantas son principalmente antioxidantes no enzimáticos, entre los cuales se incluyen glutatión, tocoferol (vitamina E), vitamina C, β -caroteno y compuestos fenólicos. De manera similar, Pérez-Jiménez et al. (2008) sugirieron que la capacidad antioxidante total de los tejidos vegetales resulta de la acción sinérgica de una amplia gama de antioxidantes, especialmente polifenoles como ácidos fenólicos y flavonoides, lo cual quizá contribuyó a explicar por qué la mayor concentración de prohexadiona de calcio tendió a incrementar los valores numéricos de esta variable.

12.18. Azúcares totales y reductores en hoja

En el presente estudio no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$) en los azúcares totales; sin embargo, sí se detectaron diferencias en los azúcares reductores, ya que la concentración de 100 mg L⁻¹ de P-Ca presentó el valor más bajo (52.998 mg glucosa 100 g⁻¹ PF) en comparación con las plantas testigo (73.888 mg glucosa 100 g⁻¹ PF) (Cuadro 9). Estos resultados coincidieron con lo reportado por Ecke et al. (2004), quienes observaron que durante la maduración de las brácteas de *Euphorbia pulcherrima*, los niveles de azúcares aumentan, reflejando su papel clave en la síntesis de antocianinas, pigmentos responsables de la coloración roja característica de las brácteas. De manera similar, Rojas-López et al. (2019) determinaron niveles variables de azúcares reductores en distintas variedades de nochebuena

mediante el método DNS, encontrando que dichos niveles dependen de la variedad y de las condiciones de cultivo, además de estar estrechamente relacionados con la etapa de coloración de las brácteas.

Por otra parte, los azúcares reductores en hoja mostraron correlaciones negativas significativas con unidades SPAD ($r = -0.561$, $p < 0.05$) y número de estomas ($r = -0.486$, $p < 0.05$) (Cuadro A4), lo cual indica que hojas con menor contenido relativo de clorofila y menor densidad estomática presentan mayor concentración de azúcares reductores, posiblemente como resultado de la redistribución de carbohidratos hacia almacenamiento o defensa antioxidante (Taiz et al., 2017).

Cuadro 9. Comparación de medias para azúcares totales, reductores, actividad antioxidante y fenoles en hojas de nochebuena de sol var. Amanecer Navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Actividad antioxidante (mg VCEAC 100 g ⁻¹ PF)	Azúcares totales (mg glucosa 100 g ⁻¹ PF)	Azúcares reductores (mg glucosa 100 g ⁻¹ PF)	Fenoles (mg TAE 100 g ⁻¹ PF)
T1	Testigo	15888.7 ab ^z	12331 a	73.888 a	7158.9 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	16179.0 ab	17866 a	58.556 ab	6728.1 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	15296.2 b	14510 a	52.998 b	6397.5 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	17613.3 a	12799 a	60.332 ab	5727.1 a
	DMSH	2227.3	7025.3	17.544	1720.1
	C.V.	7.5 %	27.001 %	15.779 %	14.618 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación; VCEAC: Actividad antioxidante equivalente a vitamina C; TAE: Equivalentes de ácido tánico; PF: Peso fresco.

12.19. Fenoles en hoja

Respecto al contenido de fenoles, no se detectaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$); sin embargo, las plantas testigo presentaron valores mayores que las plantas tratadas con P-Ca. En la mayoría de los estudios sobre nochebuena, los resultados de fenoles totales se expresan en equivalentes

de ácido gálico (GAE), aunque también se ha empleado el ácido tánico como patrón en otras especies vegetales. Este comportamiento podría relacionarse con lo señalado por Lanzoni et al. (2023), quienes reportaron contenidos fenólicos entre 550 y 2980 mg TAE 100 g⁻¹ en productos derivados de *Cannabis sativa* L., demostrando que el ácido tánico es un patrón útil para estimar la capacidad reductora total. Asimismo, resultados comparables en otras especies ornamentales muestran intervalos similares, lo que sugiere que, posiblemente, las brácteas de *Euphorbia pulcherrima* poseen una actividad reductora considerable, atribuible a la presencia de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes. Esta información podría ayudar a explicar por qué, aun sin diferencias significativas, las plantas testigo tendieron a mostrar valores fenólicos mayores.

Además, los fenoles en hoja se correlacionaron negativamente con SPAD ($r = -0.462$, $p < 0.05$) y con el número de estomas ($r = -0.470$, $p < 0.05$), mientras que los flavonoides en brácteas mostraron correlaciones negativas con la longitud de entrenudos ($r = -0.530$, $p < 0.05$) y positivas con el número de estomas ($r = 0.519$, $p < 0.05$) (Cuadro A4), lo que sugiere que la acumulación de compuestos fenólicos y flavonoides está asociada con plantas más compactas y con mayor actividad fisiológica. Estos resultados concuerdan con Kim et al. (2010) y Ramírez et al. (2015), quienes reportaron que la aplicación de reguladores de crecimiento como la Prohexadiona de calcio (P Ca) puede favorecer una mayor concentración de metabolitos secundarios en órganos vegetativos y reproductivos al limitar la elongación y modificar la arquitectura de la planta.

Los fenoles en hoja mostraron correlaciones positivas significativas con la luminosidad de bráctea ($r = 0.586$, $p < 0.01$) y negativas con clorofila a ($r = -0.498$, $p < 0.05$) y clorofilas totales ($r = -0.469$, $p < 0.05$), mientras que los fenoles en bráctea se asociaron negativamente con clorofila a, clorofila b, carotenoides y clorofilas totales ($r = -0.536$, -0.513 , -0.527 y -0.549 , $p < 0.05$) (Cuadro A5). Estos resultados sugieren que la acumulación de fenoles está relacionada con la disminución relativa de pigmentos fotosintéticos, posiblemente como mecanismo

de protección antioxidante, como se ha documentado en ornamentales bajo condiciones de estrés o reguladores de crecimiento (Taiz et al., 2017; Huang et al., 2023).

12.20. Macroelementos

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), no se observaron diferencias estadísticas significativas en la concentración de macroelementos en las hojas de nochebuena tratadas con prohexadiona de calcio, con excepción del magnesio (Mg). En este elemento, la concentración más alta del producto (150 mg L^{-1} de P-Ca) presentó un valor menor (0.760 %) en comparación con las plantas testigo (0.774 %) y las plantas tratadas con la concentración baja e intermedia (0.786 % y 0.774 %, respectivamente). Estos resultados sugirieron una tendencia a la disminución en el contenido foliar de magnesio conforme aumenta la concentración aplicada de P-Ca, posiblemente asociada a una ligera competición iónica o a un efecto regulador en la absorción del elemento (Cuadro 10).

Este comportamiento podría explicarse, en parte, por lo señalado por Marschner (2012), quien mencionó que cambios hormonales o reguladores del crecimiento pueden modificar la dinámica de absorción y transporte de ciertos nutrimentos, especialmente aquellos como el magnesio que dependen fuertemente del flujo de masa y la transpiración. Bajo esta perspectiva, concentraciones elevadas de prohexadiona de calcio podrían reducir ligeramente la movilidad o captación de Mg, lo que ayudaría a interpretar la tendencia decreciente observada en este estudio.

Cuadro 10. Comparación de medias para variables nutrimentales (macroelementos) en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer Navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
T1	Testigo	2.086 a ^z	0.158 a	2.698 a	0.256 a	0.774 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	2.016 a	0.146 a	2.952 a	0.246 a	0.786 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	2.198 a	0.136 a	2.978 a	0.260 a	0.760 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	2.338 a	0.144 a	3.018 a	0.250 a	0.624 b
	DMSH	0.454	0.05	1.005	0.087	0.130
	C.V.	11.631 %	19.251 %	19.083 %	19.170 %	9.771 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha=0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación.

En general, los valores obtenidos de macronutrientes en hojas concuerdan con lo reportado por Loyo García (2010), quien observó que la aplicación de prohexadiona de calcio no generó diferencias estadísticas en las concentraciones nutrimentales en el cultivo de lima persa. De manera similar, Galindo-García et al. (2015) evaluaron la extracción de macronutrientes y el crecimiento en variedades de nochebuena de sol, encontrando diferencias significativas en la acumulación de nitrógeno (N) y fósforo (P) entre materiales nativos de México, lo cual coincidió con lo observado en el presente estudio, al evidenciarse que la nochebuena es una especie con alta demanda de nitrógeno (N) y potasio (K) (Martínez, 1995; Ayala-Arreola et al., 2008), además de requerir concentraciones relativamente elevadas de calcio (Ca), magnesio (Mg) y molibdeno (Mo) (Dole & Wilkins, 2005; Ayala-Arreola et al., 2008).

La absorción y el transporte de los cationes K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ presentaron una fuerte competición entre sí, de modo que un exceso de potasio puede reducir la disponibilidad y asimilación de calcio y magnesio. En este sentido, la aplicación foliar de calcio mediante prohexadiona de calcio contribuye a mantener un

equilibrio iónico más estable, favoreciendo la calidad ornamental y la integridad celular de las plantas. Ayala-Arreola et al. (2008) reportaron efectos similares, donde destacan la importancia del calcio en la pigmentación y estabilidad estructural de las células en *Euphorbia pulcherrima*, lo cual coincide con los resultados del presente estudio.

El análisis de correlaciones entre nutrientes y metabolitos secundarios mostró que el fósforo (P) se relaciona positivamente con los azúcares reductores en hoja ($r = 0.496$, $p < 0.05$) (Cuadro A9), lo cual indica que una mayor disponibilidad de P podría favorecer la síntesis o acumulación de carbohidratos reductores, lo que coincide con su papel en el metabolismo energético y fotosintético (Marschner, 2012).

El análisis de correlaciones entre nutrientes y variables morfológicas y fisiológicas mostró que el contenido de potasio (K) se relacionó negativamente con la altura de la planta ($r = -0.454$, $p < 0.05$) (Cuadro A6), indicando que mayores concentraciones de potasio en los tejidos podrían estar asociadas con plantas ligeramente más compactas. Esto concuerda con estudios de Mengel y Kirkby (2001), quienes reportan que el potasio es fundamental para la regulación osmótica y el equilibrio hídrico en las plantas, afectando directamente el crecimiento longitudinal del tallo.

Asimismo, el magnesio (Mg) presentó una correlación negativa significativa con el número de estomas ($r = -0.456$, $p < 0.05$) (Cuadro A6), sugiriendo que mayores niveles de Mg en los tejidos pueden relacionarse con una menor densidad estomática. Esto podría explicarse por la función del magnesio como componente central de la clorofila y su papel en la fotosíntesis, donde una adecuada concentración permite eficiencia fotosintética sin necesidad de aumentar la densidad estomática (Taiz et al., 2017).

Por otro lado, el magnesio (Mg) presentó una correlación negativa altamente significativa con el ángulo Hue ($r = -0.779$, $p < 0.01$) y una correlación negativa significativa con clorofila b ($r = -0.523$, $p < 0.05$) (Cuadro A7). Esto indicó que mayores niveles de Mg en los tejidos pueden asociarse con un cambio hacia

tonos más rojizos en las brácteas y con una reducción en la concentración de clorofila b, lo que coincidió con la función central del Mg en la clorofila y su influencia en la fotosíntesis y el color foliar (Taiz et al., 2017; Lichtenthaler, 1987).

12.21. Microelementos

No se presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey $\alpha = 0.05$) para los elementos hierro (Fe) y boro (B) (Cuadro 11); sin embargo, de manera numérica, se aprecia una tendencia ascendente del hierro (Fe) conforme aumenta la concentración del producto, mientras que el boro (B) muestra una ligera fluctuación en sus valores.

Cuadro 11. Comparación de medias para variables nutrimentales (microelementos) en plantas de nochebuena de sol var. Amanecer Navideño, tratadas con prohexadiona de calcio (P-Ca).

Tratamiento	Descripción	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
T1	Testigo	354.00 a ^z	19.16 ab	80.55 a
T2	50 mg L ⁻¹ de P-Ca	244.44 a	8.96 b	84.30 a
T3	100 mg L ⁻¹ de P-Ca	254.40 a	13.04 ab	59.45 a
T4	150 mg L ⁻¹ de P-Ca	314.68 a	24.16 a	74.66 a
	DMSH	176.81	13.98	44.93
	C.V.	33.47 %	47.33 %	33.22 %

^zValores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas Tukey ($\alpha = 0.05$ %); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.: Coeficiente de variación.

En el caso del zinc (Zn), elemento fundamental en la formación de clorofilas, tampoco se observaron diferencias estadísticas (Tukey $\alpha = 0.05$) entre las plantas testigo y las tratadas con las diferentes concentraciones del producto. No obstante, la concentración de P-Ca más baja (8.96 mg kg⁻¹) fue estadísticamente

diferente a la concentración más alta (24.16 mg kg^{-1}), lo cual indica una tendencia de incremento conforme aumentó la concentración aplicada.

Ayala-Arreola et al. (2008) señalaron que los microelementos boro (B) y molibdeno (Mo) influyen directamente en la pigmentación y calidad de las brácteas de la nochebuena. El boro participa en la formación de paredes celulares y en el transporte de azúcares, mientras que el molibdeno favorece la asimilación del nitrógeno y la síntesis de pigmentos, contribuyendo junto con el calcio a una coloración más intensa y al equilibrio estructural de la planta. De manera similar, Pineda-Pineda et al. (2008) reportaron que la concentración de hierro (Fe) en hojas de nochebuena no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero el zinc (Zn) sí presentó variaciones notables, coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente experimento.

Finalmente, el hierro (Fe) se asoció positivamente con la actividad antioxidante en hoja ($r = 0.581$, $p < 0.01$) y negativamente con los fenoles totales en hoja ($r = -0.469$, $p < 0.05$) (Cuadro A9), lo que sugiere que la disponibilidad de Fe puede potenciar la capacidad antioxidante, al tiempo que influye en la acumulación de fenoles como mecanismos complementarios de defensa (Halliwell & Gutteridge, 2015).

13. CONCLUSIONES

La aplicación de prohexadiona de calcio (P-Ca) redujo la altura de las plantas de nochebuena, lo que permitió un porte compacto y uniforme sin afectar su estructura general, el desarrollo de entrenudos ni el área foliar, lo que permitió obtener plantas con características ornamentales deseables para su comercialización.

La aplicación de prohexadiona de calcio (P-Ca) mejoró la calidad fisiológica y bioquímica de las hojas, reflejada en mayores contenidos de clorofilas, carotenoides y magnesio, así como en un aumento de la actividad antioxidante. Además, contribuyó a mantener la funcionalidad de las hojas, evidenciada en valores adecuados de pigmentación y estabilidad metabólica, lo que demuestra que este regulador favorece el desarrollo y condiciones óptimas para el cultivo.

Con prohexadiona de calcio se mantuvo estable el equilibrio nutrimental de las plantas y permitió controlar el crecimiento sin afectar la calidad ornamental. Este regulador representa una alternativa viable para optimizar la producción de nochebuena, garantizando una apariencia comercialmente atractiva.

14. LITERATURA CITADA

- Aguilar, V., Herrera-González, I., & Cervantes, G. J. (2022). La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*), el tesoro mexicana: Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*), a Mexica treasure. *Herreriana*, 3(2), 42-45.
- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). Standardization of a propolis extract and identification of principal constituents. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 46(8), 709–712.
- Ayala-Arreola, J., Castillo-González, A. M., Valdez-Aguilar, L. A., Colinas-León, M. T., Pineda-Pineda, J., & Avitia-García, E. (2008). Effect of calcium, boron and molybdenum on plant growth and bract pigmentation in poinsettia. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 31(2), 165–172.
- Barras-Ali, A., El-Malki, O. M., & El-Sheibany, O. M. (2007). Effect of application of growth retardant Alar on some foliage characters of local cultivar of Chrysanthemum. *Journal of Science and Its Applications*, 1(2), 15–20.
- Vilperte, V., Boehm, R., & Debener, T. (2021). A highly mutable GST is essential for bract colouration in *Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch. *BMC Genomics*, 22(1), 208.
- Brown, C. L., Rademacher, W., & Gronwald, J. W. (2009). Prohexadione-calcium: Influence on growth and enzyme activities related to flavonoid biosynthesis. *Plant Growth Regulation*, 58(1), 93–102.
- Cabrera, R., Morán, F., & Torres, R. (2006). Producción de Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos (Folleto técnico No. 23). INIFAP. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/2912>
- Csorba, A. B., Tatár, M., Buta, E., Molnár, K., Domokos, E., Bandi, A., & Bálint, J. (2021). Effects of plant growth retardants on development of poinsettia “Christmas Feeling” cultivar. *Acta Biologica Marisiensis*, 4(2), 32–38. <https://doi.org/10.2478/abmj-2021-0011>
- Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., & Capasso, F. (1999). Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sciences*, 65(4), 337–353. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(99\)00120-4](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(99)00120-4)
- Dole, J. M., & Wilkins, H. F. (2005). *Floriculture: Principles and species* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.

- Ecke, P., Faust, J. E., Higgins, A., & Williams, J. (2004). *The Ecke poinsettia manual*. Ball Publishing.
- Ecke, P. III, Faust, J. E., Williams, J. & Higgins, A. 2004. *The Ecke poinsettia manual*. Ball Publishing.
- Ecke, P. Jr., O. A. Matkin and D. E. Hartley. 1990. *The poinsettia manual* (3rd. ed.) Paul Ecke Poinsettias.
- Evans, J. R., Ishida, C. A., Regusci, C. L., & Rademacher, W. (1997). Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. *HortScience*, 32, 557–558.
- Evans, J. R.; Evans, R. R.; Regusci, C. L.; Rademacher, W. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS 125 W, prohexadione calcium. *HortScience* 34(7): 1200-1201.
- Fairchild, M. D. (2013). *Color appearance models* (3rd ed.). Wiley.
- Fry, J. T. (2001). *America's first poinsettia introduction: Bartram's Garden*. Bartram's Garden. <https://www.bartramsgarden.org/americas-first-poinsettia-introduction-bartrams-garden/>
- Galindo-García, D. V., Alia-Tejacal, I., Andrade-Rodríguez, M., Colinas-León, M. T., Canul-Ku, J., & Sainz-Aispuro, M. de J. (2012). Producción de nochebuena de sol en Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 751–753. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400010
- Galindo-García, D. V., Alia-Tejacal, I., Valdez-Aguilar, L. A., Colinas-León, M. T., Villegas-Torres, Ó. G., López-Martínez, V., Sainz-Aispuro, M. J., & Guillén-Sánchez, D. (2015). Extracción de macronutrientes y crecimiento en variedades de nochebuena de sol nativas de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(3), 305–312. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000300009
- García, L., Torres, M., & Vega, R. (2012). Respuesta anatómica de *Euphorbia pulcherrima* a diferentes condiciones de iluminación. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(2), 135–142.
- González García, M. (2021). *Compuestos antioxidantes en brácteas de Euphorbia pulcherrima y actividad antiinflamatoria de la variedad "Amanecer Navideño"* [Tesis, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Institucional Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/394252c4-3fb8-4e77-b3fe-d2d4fc911336>

- Graham, R. (1836). Description of several new or rare plants which have lately flowered in the neighbourhood of Edinburgh chiefly in the Royal Botanic Garden. *The Edinburgh New Philosophical Journal*, 20, 412.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free radicals in biology and medicine* (5th ed.). Oxford University Press.
- Hartley, D. E. (1992). Poinsettia. In R. A. Larson (Ed.), *Introduction to floriculture* (2nd ed., pp. 306–331). Academic Press.
- Hernández, P., Aispuro, S. M., Tejacal, A. I., Ramírez, A. R., Torres, V. O., & Weiss, U. H. (2014). Microlysimetric quantification of water consumption in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1481–1493.
- Huang, Z., Li, X., Zhang, Y., Chen, Y., Liu, Q., & Wang, J. (2023). Effects of prohexadione calcium spraying during the booting stage on panicle traits, yield, and related physiological characteristics of rice under salt stress. *PeerJ*, 11, Article e14673. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36710858/>
- ICAMEX (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México). (s.f.). *Cultivo de nochebuena*. Disponible en: https://icamex.edomex.gob.mx/noche_buena
- Jankiewicz, S. L. (2003). Retardadores y otros inhibidores sintéticos del crecimiento y sustancias que modifican el desarrollo en plantas. In S. L. Jankiewicz (Ed.), *Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas* (pp. 241–243). Editorial Mundi-Prensa.
- Kendal, D., Dobson, A., & Lake, S. (2013). Quantifying plant colour and colour difference as perceived by humans using digital images. *PLoS ONE*, 8(11), Article e72296. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072296>
- Kew Science. (2024). *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. Plants of the World Online. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30176564-2>
- Kim, D.-O., Lee, K.-W., Lee, H.-J., & Lee, C.-Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3713–3717. <https://doi.org/10.1021/jf020071c>
- Kim, Y. H., Khan, A. L., Hamayun, M., Kim, J. T., Lee, J. H., Hwang, I. C., Yoon, C. S., & Lee, I. J. (2010). Effects of Prohexadione Calcium on growth and gibberellins contents of *Chrysanthemum morifolium* cv. Monalisa White. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 423–427. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.09.022>

- Kjeldahl, J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic bodies. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22, 366–382.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732.
- Lanzoni, D., Riciputi, Y., Galassi, E., & Caboni, M. F. (2023). Total phenolic content and antioxidant activity of in vitro digested hemp-based products. *Foods*, 12(3), Article 601. <https://doi.org/10.3390/foods12030601>
- Li, X., Zhang, H., Liu, Y., Chen, Q., Wang, L., & Zhao, J. (2023). Physiological and transcriptome analysis reveals that prohexadione-calcium promotes rice seedling's development under salt stress by regulating antioxidant processes and photosynthesis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 201, Article 107887. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37315011/>
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Loyo García, A. (2010). *Prohexadiona de calcio, nitrógeno y rayado de ramas en el crecimiento de brotes vegetativos y floración de otoño de lima persa* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo]. Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Lozoya Gloria, E., Cuéllar González, F., & Ochoa Alejo, N. (2023). Anthocyanin metabolic engineering of *Euphorbia pulcherrima*: Advances and perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1176701. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176701>
- Marschner, P. (Ed.). (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
- Martínez, A., Rodríguez, P., & Méndez, C. (2015). Relación entre la intensidad lumínica y la densidad de estomas en *Euphorbia pulcherrima*. *Agrociencia*, 49(3), 245–253.
- Martínez, M. F. (1995). *Manual práctico de nochebuena*. Consultoría OASIS.
- Martínez-Vázquez, J. G., Sánchez-García, P., Pérez-López, D. J., & Santoyo-Cortés, H. (2021). Producción de nochebuena en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1377–1393. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n8/2007-0934-remexca-12-08-1377-en.pdf>

- Mata, D. A., & Botto, J. F. (2009). Manipulation of light environment to produce high-quality poinsettia plants. *HortScience*, 44(3), 702–706.
- Mayfield, M. H. (1997). *A systematic treatment of Euphorbia subgenus Poinsettia (Euphorbiaceae)* [Tesis doctoral, University of Texas]. University of Texas.
- McGinty, B. (1980). The poinsettia. *Early American Life*, 11, 38–39, 72–74.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principles of plant nutrition* (5th ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Mlcek, J., & Rop, O. (2011). Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science & Technology*, 22(10), 561–569. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.006>
- Moon, M. H. (1956). A short history of the poinsettia. *Baileya*, 4, 176.
- Morales Cárdenas, J. A. (2006). *Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena (Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch)* [Tesis, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Institucional Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/b3355cea-c7e6-450a-8a0f-77c93e998260>
- Moran, R. (1982). Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide. *Plant Physiology*, 69(6), 1376–1381. <https://doi.org/10.1104/pp.69.6.1376>
- Padilla-Ramírez, J., Rodríguez-Moreno, V., González-Gaona, E., Osuna-Ceja, E., & Pérez-Barrazarraza, M. (2017). Influencia de paclobutrazol en el crecimiento de brotes y rendimiento de *Psidium guajava* L. en alta densidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 3965–3977.
- Pal, M., & Johal, N. (2019). Influence of prohexadione-calcium on photosynthetic and yield parameters in basmati rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1S), 343-345. phytojournal.com+1
- Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Tabernero, M., Díaz-Rubio, M. E., Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto, F. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International*, 41(3), 274–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.12.004>
- Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A. M., Morales-Cárdenas, J. A., Colinas-León, M. T., Valdez-Aguilar, L. A., & Avitia-García, E. (2008). Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(2), 131–137.

- Plants of the World Online (POWO). (2024). *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. Royal Botanic Gardens, Kew. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:347303-1>
- Porra, R. J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 73(1–3), 149–156. <https://doi.org/10.1023/A:1020470224740>
- Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 501–531.
- Rademacher, W. (2014). Prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl: Similarities in structure but differences in biological action. *Acta Horticulturae*, 1042, 33–42.
- Rademacher, W., Spinelli, F., & Costa, G. (2006). Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. *Acta Horticulturae*, 727, 97–106.
- Rafinesque, C. S. (1833). Article 137. *Pleuradena coccinea*. *Atlantic Journal*, 1, 182.
- Ramírez, H., Alonso, S., & Benavides, A. (2006). Prohexadione-Ca modifies growth and endogenous hormones in the shoot apex in apple trees. *Acta Horticulturae*, 727, 117–124.
- Ramírez, H., Camacho-Chávez, V. M., Ramírez-Pérez, L. J., Rancaño-Arriola, J. H., Sepúlveda-Torre, L., & Robledo-Torres, V. (2015). La Prohexadione-Ca provoca cambios en el crecimiento vegetativo, giberelinas, rendimiento y luteolina en chile jalapeño. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 13–22. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v2n4/v2n4a2.pdf>
- Ramírez, H., Rivera-Cruz, C. E., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V., & Reyna-Sustaita, G. (2010). Prohexadione-Ca, una alternativa en la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(2), 139–146.
- Ramírez-Godina, F., Robledo-Torres, V., Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F. C. (2020). Physiological response of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) to growth regulators and light conditions. *Agrociencia*, 54(5), 609–622.
- Reekie, J. Y., Hicklenton, P. R., & Struik, P. C. (2007). Prohexadione-calcium changes morphological and physiological traits in strawberry plants and preconditions transplants to water stress. *European Journal of Horticultural Science*, 72(2), 73–80. https://www.pubhort.org/ejhs/2007/file_366623.pdf
- Rehman, M., Singh, Z., & Khurshid, T. (2018). Pre-harvest spray application of prohexadione-calcium and paclobutrazol improves rind colour and regulates fruit

- quality in M7 navel oranges. *Scientia Horticulturae*, 234, 87–94.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.018>
- Roginsky, V., & Lissi, E. (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92(2), 235–254.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.004>
- Rojas-Garcidueñas, M., & Ramírez, R. (1996). *Control hormonal del desarrollo de las plantas*. Editorial Limusa.
- Rojas-López, M., Pérez-Leal, R., & Ramírez-Godina, F. (2019). Cambios fisiológicos durante la coloración de brácteas de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 25(1), 31–42.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.03.010>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023, diciembre 6). *Garantizado el abasto de flor Nochebuena para cubrir demanda de fiestas decembrinas*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/garantizado-el-abasto-de-flor-nochebuena-para-cubrir-demanda-de-fiestas-decembrinas>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Anuario estadístico de la producción agrícola 2022*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Shalaby, E. A., & Shanab, S. M. (2013). Antioxidant compounds, assays of determination and mode of action. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 7(10), 528–539. <https://doi.org/10.5897/AJPP2013>
- Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*, 195(1), 19–23.
- Sosa, V. (2021). *La flor de nochebuena*. Instituto de Ecología, A.C.
<http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/component/content/article/17-cienciahoy/856-la-flor-de-nochebuena>
- Srivastava, L. M. (2002). *Plant growth and development: Hormones and the environment*. Academic Press.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Taylor, J. M., López, R. G., Currey, C. J., & Janick, J. (2011). The poinsettia: History and transformation. *Chronica Horticulturae*, 51, 23–28.

- Trejo, L., Feria, T. P., Olsen, K. M., Eguiarte, L. E., Arroyo, B., Gruhn, J., & Olson, M. E. (2012). Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: Historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany*, 99(7), 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(2), 478–485 <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.033>
- Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Rodríguez-Mendoza, M. N., & García-Albarado, J. C. (2019). Nutrient management and growth regulators in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 25(2), 115–128. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.10.022>
- University of North Florida Botanical Garden. (2023). *Euphorbia pulcherrima* (Poinsettia). <https://www.unf.edu/botanical-garden/plants/euphorbia-pulcherrima.html>
- Waterman, P. G., & Mole, S. (1994). *Analysis of phenolic plant metabolites*. Blackwell Scientific Publications.
- Whitam, F. H., Blaydes, D. F., & Devlin, R. M. (1971). *Experiments in plant physiology*. Van Nostrand Reinhold Company.
- Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae* (2nd ed.). Wiley.
- Xia, K., Hu, P., Wu, G., He, X., Li, Y., Li, Y., Wang, F., Cui, D., & Li, S. (2025). Prohexadione calcium boosts pepper stem rigidity: Coordinated regulation of hormonal crosstalk and lignin deposition drives xylem reinforcement. *BMC Plant Biology*, 25, Article 1225. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07255-6>
- Zapata, R., López, D., & Hernández, J. (2010). Efecto de la luz solar en la distribución y cantidad de estomas en *Euphorbia pulcherrima*. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1123–1130.

15. ANEXOS

Cuadro A1. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20							
Prob > r suponiendo H0: Rho=0							
	Altura de planta	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos	Diámetro de tallo	Unidades SPAD	Número de estomas	Conductancia estomática
Altura de planta	1.00000						
Número de entrenudos	0.52824 0.0167	1.00000					
Longitud de entrenudos	0.40602 0.0757	0.30033 0.1982	1.00000				
Diámetro de tallo	-0.52848 0.0166	-0.18897 0.4249	0.08597 0.7186	1.00000			
Unidades SPAD	-0.69551 0.0007	-0.57958 0.0074	-0.38772 0.0912	0.37013 0.1082	1.00000		
Número de estomas	-0.89036 <.0001	-0.50234 0.024	-0.41852 0.0663	0.48549 0.03	0.75904 0.0001	1.00000	
Conductancia estomática	-0.09208 0.6994	-0.56967 0.0087	0.02964 0.9013	0.17845 0.4516	0.16242 0.4939	0.13483 0.5709	1.00000

Cuadro A2. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20							
Prob > r suponiendo H0: Rho=0							
	Altura de planta	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos	Diámetro de tallo	Unidades SPAD	Número de estomas	Conductancia estomática
Luminosidad en bráctea	0.79886	0.39661	0.34413	-0.45932	-0.79246	-0.79352	-0.07641
	<.0001	0.0834	0.1374	0.0416	<.0001	<.0001	0.7488
Croma en bráctea	0.43545	0.37062	0.06528	-0.43512	-0.36705	-0.42052	-0.25402
	0.055	0.1077	0.7845	0.0552	0.1114	0.0649	0.2798
Ángulo Hue en bráctea	-0.38185	-0.33363	-0.53934	0.02335	0.31609	0.5522	0.04204
	0.0966	0.1506	0.0141	0.9222	0.1746	0.0116	0.8603
Área foliar	0.46294	0.3616	0.27086	-0.34498	-0.07602	-0.34203	-0.16346
	0.0398	0.1172	0.2481	0.1363	0.7501	0.1399	0.4911
Clorofila a	-0.47684	-0.11943	-0.00797	0.38565	0.67451	0.62792	0.1574
	0.0335	0.616	0.9734	0.0931	0.0011	0.003	0.5075
Clorofila b	-0.49274	-0.14506	-0.19468	0.2393	0.5783	0.7017	0.07925
	0.0273	0.5417	0.4108	0.3096	0.0076	0.0006	0.7398
Carotenoides	-0.45689	-0.08381	-0.13468	0.26113	0.63301	0.63327	0.11046
	0.0429	0.7254	0.5713	0.2661	0.0027	0.0027	0.6429
Clorofilas totales	-0.50073	-0.13311	-0.07477	0.34826	0.66602	0.67819	0.13558
	0.0245	0.5759	0.7541	0.1324	0.0013	0.001	0.5687

Cuadro A3. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20								
Prob > r suponiendo H0: Rho=0								
	Luminosidad en bráctea	Croma en bráctea	Ángulo Hue en bráctea	Área foliar	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides	Clorofilas totales
Luminosidad en bráctea	1.00000							
Croma en bráctea	0.21851 0.3547	1.00000						
Ángulo Hue en bráctea	-0.21567 0.3611	-0.07688 0.7473	1.00000					
Área foliar	0.31987 0.1692	0.18398 0.4375	-0.40642 0.0754	1.00000				
Clorofila a	-0.63682 0.0025	-0.42769 0.06	0.13547 0.569	0.04853 0.839	1.00000			
Clorofila b	-0.5062 0.0228	-0.36393 0.1147	0.38825 0.0907	0.06832 0.7747	0.83955 <.0001	1.00000		
Carotenoides	-0.60876 0.0044	-0.4252 0.0616	0.19822 0.4022	0.06681 0.7796	0.95403 <.0001	0.90546 <.0001	1.00000	
Clorofilas totales	-0.61466 0.0039	-0.42132 0.0643	0.23068 0.3278	0.05742 0.81	0.98111 <.0001	0.92879 <.0001	0.97322 <.0001	1.00000

Cuadro A4. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20							
Prob > r suponiendo H0: Rho=0							
	Altura de planta	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos	Diámetro de tallo	Unidades SPAD	Número de estomas	Conductancia estomática
Actividad antioxidante en hoja	-0.1987	0.02232	-0.24159	-0.04233	0.25387	0.25924	-0.00016
	0.401	0.9256	0.3048	0.8593	0.2801	0.2697	0.9995
Actividad antioxidante en bráctea	-0.24581	-0.10611	-0.55956	0.03076	0.38719	0.54924	-0.04963
	0.2962	0.6561	0.0103	0.8976	0.0917	0.0121	0.8354
Azucares totales en hoja	-0.21741	-0.03337	0.1883	0.04099	0.18968	0.19465	-0.05263
	0.3572	0.8889	0.4266	0.8638	0.4232	0.4109	0.8256
Azucares reductores hoja	0.43849	0.37557	0.23568	-0.11693	-0.56109	-0.4863	-0.04362
	0.0531	0.1027	0.3172	0.6235	0.0101	0.0297	0.8551
Fenoles totales en hoja	0.38431	0.20715	0.2633	-0.23777	-0.46166	-0.46973	-0.04606
	0.0943	0.3809	0.262	0.3128	0.0405	0.0366	0.8471
Fenoles totales en bractea	0.16771	-0.10923	-0.0959	-0.15531	-0.2817	-0.3335	0.03381
	0.4797	0.6467	0.6875	0.5132	0.2289	0.1507	0.8875
Flavonoides en bracteas	-0.43759	0.0589	-0.53005	0.13369	0.19082	0.51894	-0.10176
	0.0537	0.8052	0.0162	0.5742	0.4203	0.019	0.6694

Cuadro A5. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20 Prob > r suponiendo H0: Rho=0								
	Luminosidad en bráctea	Croma en bráctea	Ángulo Hue en bráctea	Área foliar	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides	Clorofilas totales
Actividad antioxidante en hoja	-0.30844	0.01578	0.11496	0.08775	0.41467	0.37203	0.36974	0.4154
	0.1858	0.9474	0.6294	0.713	0.0691	0.1063	0.1086	0.0685
Actividad antioxidante en bráctea	-0.31883	-0.04002	0.68138	0.02576	0.40118	0.63601	0.52809	0.50014
	0.1707	0.867	0.0009	0.9142	0.0796	0.0026	0.0167	0.0247
Azucares totales en hoja	-0.05671	-0.18104	-0.12192	0.13518	0.10209	-0.02505	-0.00706	0.06067
	0.8123	0.445	0.6086	0.5699	0.6684	0.9165	0.9764	0.7994
Azucares reductores hoja	0.42937	0.23286	-0.0948	-0.20925	-0.38668	-0.32519	-0.41579	-0.37954
	0.0589	0.3232	0.6909	0.3759	0.0921	0.1618	0.0683	0.0988
Fenoles totales en hoja	0.58631	-0.03582	-0.31325	0.13631	-0.49779	-0.36213	-0.4032	-0.46857
	0.0066	0.8808	0.1787	0.5666	0.0255	0.1166	0.0779	0.0372
Fenoles totales en bráctea	0.09806	0.2425	-0.38601	-0.15798	-0.53678	-0.51258	-0.52772	-0.54868
	0.6809	0.3029	0.0928	0.5059	0.0147	0.0208	0.0168	0.0122
Flavonoides en brácteas	-0.36122	-0.15029	0.46318	-0.3575	0.4079	0.48078	0.45827	0.44948
	0.1176	0.5271	0.0397	0.1217	0.0742	0.0319	0.0421	0.0468

Cuadro A6. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20							
Prob > r suponiendo H0: Rho=0							
	Altura de plant0061	Número de entrenudos	Longitud de entrenudos	Diámetro de tallo	Unidades SPAD	Número de estomas	Conductancia estomática
Nitrógeno (N)	0.01376	-0.20643	0.06774	-0.1636	0.216	0.2269	0.0274
	0.9541	0.3826	0.7766	0.4907	0.3604	0.336	0.9087
Fosforo (P)	0.32439	0.40467	0.39142	0.09187	-0.36816	-0.27823	-0.20219
	0.1629	0.0768	0.0879	0.7001	0.1102	0.2349	0.3926
Potasio (K)	-0.45363	-0.02761	-0.33196	-0.11919	0.24459	0.40546	-0.23983
	0.0445	0.908	0.1527	0.6167	0.2987	0.0761	0.3085
Calcio (Ca)	0.10152	0.17659	0.33278	0.40476	-0.15681	0.0082	0.14877
	0.6702	0.4564	0.1517	0.0767	0.5091	0.9726	0.5313
Magnesio (Mg)	0.28465	0.07619	0.36499	0.16308	-0.22534	-0.4562	0.03095
	0.2238	0.7495	0.1136	0.4921	0.3395	0.0432	0.8969
Hierro (Fe)	0.30471	0.34029	-0.17118	-0.25067	-0.20526	-0.27486	-0.30988
	0.1914	0.1421	0.4705	0.2864	0.3853	0.2409	0.1837
Zinc (Zn)	0.27261	0.10715	-0.05254	-0.21249	-0.08946	-0.1036	0.22884
	0.2449	0.653	0.8259	0.3684	0.7076	0.6638	0.3318
Boro (B)	0.21357	0.18534	0.10508	-0.24726	0.09566	-0.25265	-0.01794
	0.3659	0.434	0.6593	0.2933	0.6883	0.2825	0.9402
Materia seca	0.13673	-0.03094	0.2044	0.05053	-0.14611	0.00486	0.093
	0.5654	0.897	0.3874	0.8324	0.5388	0.9838	0.6966

Cuadro A7. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coefficientes de correlación Pearson, N = 20 Prob > r suponiendo H0: Rho=0								
	Luminosidad en bráctea	Croma en bráctea	Ángulo Hue en bráctea	Área foliar	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides	Clorofilas totales
Nitrógeno (N)	-0.21045	0.04953	0.38675	0.1205	0.16784	0.25132	0.17916	0.20399
	0.3731	0.8357	0.0921	0.6128	0.4794	0.2851	0.4498	0.3883
Fosforo (P)	0.35686	0.22086	0.04139	-0.23701	-0.14267	-0.19648	-0.23311	-0.16731
	0.1225	0.3494	0.8624	0.3144	0.5485	0.4064	0.3226	0.4808
Potasio (K)	-0.47419	0.1039	0.18423	-0.18048	0.2339	0.37585	0.29888	0.29342
	0.0347	0.6629	0.4368	0.4464	0.3209	0.1024	0.2005	0.2093
Calcio (Ca)	0.24344	-0.32446	-0.16314	0.15931	0.16618	0.18337	0.10516	0.17861
	0.301	0.1628	0.4919	0.5023	0.4838	0.439	0.659	0.4512
Magnesio (Mg)	0.21889	-0.05393	-0.77882	0.25825	-0.30183	-0.52322	-0.39074	-0.39224
	0.3538	0.8213	<.0001	0.2716	0.1959	0.0179	0.0885	0.0872
Hierro (Fe)	0.12967	0.11408	-0.06132	0.17488	0.08709	0.05414	0.07281	0.07876
	0.5858	0.632	0.7973	0.4609	0.7151	0.8207	0.7603	0.7414
Zinc (Zn)	0.17855	0.41595	0.34788	0.248	0.13548	0.29736	0.1339	0.19835
	0.4513	0.0681	0.1328	0.2918	0.569	0.2029	0.5736	0.4019
Boro (B)	-0.12368	0.26979	-0.42415	0.23212	0.17853	0.05102	0.14887	0.13996
	0.6034	0.25	0.0623	0.3247	0.4514	0.8308	0.5311	0.5562
Materia seca	0.10287	0.19234	0.01981	-0.0386	-0.01325	0.22065	0.01123	0.06951
	0.6661	0.4166	0.9339	0.8716	0.9558	0.3499	0.9625	0.7709

Cuadro A8. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20 Prob > r suponiendo H0: Rho=0							
	Actividad antioxidante en hoja	Actividad antioxidante en bráctea	Azucares totales en hoja	Azucares reductores hoja	Fenoles totales en hoja	Fenoles totales en bráctea	Flavonoides en brácteas
Actividad antioxidante en hoja	1.00000						
Actividad antioxidante en bráctea	0.10739 0.6522	1.00000					
Azucares totales en hoja	-0.10617 0.656	-0.09897 0.6781	1.00000				
Azucares reductores hoja	-0.067 0.779	-0.41908 0.0659	-0.37662 0.1017	1.00000			
Fenoles totales en hoja	-0.73278 0.0002	-0.33531 0.1484	0.10241 0.6675	0.33228 0.1523	1.00000		
Fenoles totales en bráctea	0.1851 0.4346	-0.44498 0.0493	-0.16312 0.492	0.1948 0.4105	-0.07197 0.763	1.00000	
Flavonoides en brácteas	0.16797 0.479	0.57185 0.0084	-0.06172 0.796	-0.06964 0.7705	-0.33814 0.1448	-0.32686 0.1595	1.00000

Cuadro A9. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20							
Prob > r suponiendo H0: Rho=0							
	Actividad antioxidante en hoja	Actividad antioxidante en bráctea	Azucares totales en hoja	Azucares reductores hoja	Fenoles totales en hoja	Fenoles totales en bráctea	Flavonoides en brácteas
Nitrógeno (N)	-0.03598	0.42731	0.08937	-0.24747	-0.19014	-0.31351	-0.13979
	0.8803	0.0602	0.7079	0.2928	0.422	0.1783	0.5567
Fosforo (P)	-0.34045	-0.13877	0.16215	0.49551	0.3772	-0.28193	-0.04454
	0.1419	0.5596	0.4946	0.0263	0.1011	0.2285	0.8521
Potasio (K)	0.45518	0.24529	0.14932	-0.2394	-0.4904	0.19135	0.37593
	0.0437	0.2972	0.5298	0.3094	0.0281	0.419	0.1024
Calcio (Ca)	-0.32907	0.1061	0.36563	-0.08317	0.22418	-0.28314	0.11855
	0.1566	0.6562	0.1129	0.7274	0.342	0.2264	0.6186
Magnesio (Mg)	-0.48835	-0.49091	0.2691	-0.06022	0.36804	0.33508	-0.37882
	0.0289	0.028	0.2513	0.8009	0.1104	0.1487	0.0995
Hierro (Fe)	0.58116	0.07665	-0.40743	0.19805	-0.46901	0.19214	0.25388
	0.0072	0.7481	0.0746	0.4026	0.037	0.417	0.2801
Zinc (Zn)	0.3427	0.39426	-0.30591	0.16148	-0.25276	-0.24896	0.047
	0.1391	0.0854	0.1896	0.4964	0.2823	0.2898	0.844
Boro (B)	0.40287	-0.19978	0.09641	-0.01351	-0.26161	0.34936	-0.23899
	0.0782	0.3984	0.686	0.9549	0.2652	0.1311	0.3102
Materia seca	0.19316	0.01315	-0.27082	0.17807	-0.09838	0.33046	-0.16396
	0.4145	0.9561	0.2481	0.4526	0.6799	0.1547	0.4897

Cuadro A10. Correlación entre las variables evaluadas en nochebuenas de sol var. Amanecer Navideño.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 20 Prob > r suponiendo H0: Rho=0									
	Nitrogeno (N)	Fosforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Hierro (Fe)	Zinc (Zn)	Boro (B)	Materia seca
Nitrogeno (N)	1.00000								
Fosforo (P)	0.04575 0.8481	1.00000							
Potasio (K)	0.10594 0.6567	-0.37134 0.107	1.00000						
Calcio (Ca)	0.01535 0.9488	0.34039 0.142	-0.26107 0.2662	1.00000					
Magnesio (Mg)	-0.26026 0.2678	-0.00248 0.9917	-0.33454 0.1494	0.41722 0.0672	1.00000				
Hierro (Fe)	-0.05954 0.8031	-0.16146 0.4965	0.23796 0.3124	-0.1279 0.591	-0.11934 0.6163	1.00000			
Zinc (Zn)	0.30114 0.197	0.1305 0.5834	0.03771 0.8746	-0.0124 0.9586	-0.45636 0.0431	0.31918 0.1702	1.00000		
Boro (B)	0.06529 0.7845	-0.11113 0.6409	0.47603 0.0339	-0.11753 0.6217	0.14408 0.5445	0.35989 0.1191	0.18969 0.4231	1.00000	
Materia seca	0.11985 0.6147	0.15098 0.5252	0.01458 0.9513	0.21471 0.3633	-0.15624 0.5107	0.05305 0.8242	0.2222 0.3464	0.14671 0.5371	1.00000