



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y MEJORAMIENTO
GENÉTICO DE *Dahlia campanulata* Saar, P. D. Sørensen &
Hjert.**

TESIS

**Que como requisito parcial para obtener el grado de:
Doctor en Ciencias en Horticultura**

Presenta:

EDDI FELICIANO JIMÉNEZ RUIZ

BAJO LA SUPERVISIÓN DE: JUAN MARTÍNEZ SOLÍS, Dr.



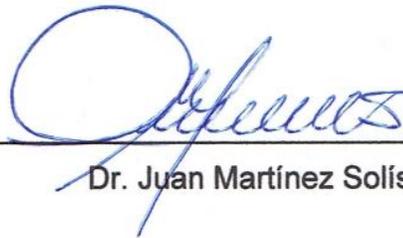
Chapingo, México, 27 de mayo de 2022

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *Dahlia campanulata* Saar, P. D. Sørensen & Hjert

Tesis realizada por **EDDI FELICIANO JIMÉNEZ RUIZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

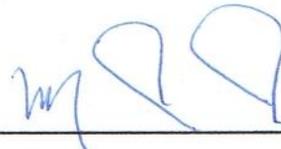
DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR _____



Dr. Juan Martínez Solís

ASESOR _____



Dra. Ma. de Jesús Juárez Hernández

ASESOR _____



Dr. Eliseo Sosa Montes

LECTOR EXTERNO _____



Dr. Arturo Castro Castro

Contenido

LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS.....	x
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xi
RESUMEN GENERAL.....	xii
GENERAL ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	14
Objetivos.....	15
Hipótesis	16
1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
1.1. Introducción.....	17
1.2. Clasificación taxonómica del género <i>Dahlia</i>	18
1.3. Distribución geográfica de <i>D. campanulata</i>	19
1.4. Descripción morfológica	20
1.5. Propiedades de la raíz y flor de <i>D. campanulata</i>	21
1.5.1. Composición proximal	21
1.5.2. Compuestos fenólicos.....	22
1.5.3. Contenido energético	22
1.6. Usos de la dalia y aprovechamiento agroindustrial	25

1.6.1.	Principales usos de la dalia en México.....	25
1.6.2.	Aprovechamiento agroindustrial de la dalia	25
1.6.3.	Jarabe de <i>D. campanulata</i>	26
1.6.4.	Consideraciones finales	28
1.7.	Literatura citada.....	28
2.	SELECCIÓN DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE <i>Dahlia campanulata</i> BAJO POLINIZACIÓN LIBRE.....	32
	RESUMEN.....	32
	ABSTRACT	33
2.1.	Introducción.....	34
2.2.	Materiales y métodos.....	35
2.2.1.	Material vegetal	35
2.2.2.	Selección de familias de medios hermanos	35
2.2.3.	Manejo del cultivo.....	36
2.3.	Resultados y discusión	41
2.3.1	Morfología de <i>D. campanulata</i>	41
2.3.2.	Evaluación de poblaciones de familias de medios hermanos de <i>D. campanulata</i> durante tres ciclos de selección.	44
2.4.	Conclusiones	51
2.5.	Literatura citada.....	51

3. DALIA ‘MIDELI’ Y ‘FELIZ AMANECER’, NUEVAS VARIEDADES DE <i>Dahlia campanulata</i> Saar, P. D. Sørensen & Hjert PARA JARDÍN Y USO ALIMENTICIO	53
RESUMEN.....	53
ABSTRACT	54
3.1. Introducción.....	55
3.2. Materiales y métodos.....	56
3.3. Resultados y discusión	57
3.4. Conclusiones	59
3.5. Literatura citada.....	59
4. EL FOTOPERIODO COMO MODULADOR DEL CRECIMIENTO EN <i>Dahlia campanulata</i> Saar, P. D. Sørensen & Hjert	61
RESUMEN.....	61
ABSTRACT	62
4.1. Introducción.....	63
4.2. Materiales y métodos.....	65
4.3. Resultados y discusión	67
4.3.1. Desarrollo de la parte aérea de <i>D. campanulata</i>	67
4.3.2. Desarrollo de la raíz de <i>D. campanulata</i>.....	71
4.4. Conclusiones	75
4.5. Literatura citada.....	75
CONCLUSIONES GENERALES.....	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género <i>Dahlia</i>	19
Cuadro 2. Contenido promedio de inulina en diferentes especies.	24
Cuadro 3. Escala hedónica utilizada para evaluar la aceptación de jarabe de dalia.	27
Cuadro 4. Comparación de medias del análisis sensorial de diferentes tipos de jarabes de dalia y miel de agave como testigo.	28
Cuadro 5. Respuesta de la especie <i>D. campanulata</i> respecto a la selección de familias de medios hermanos en tres ciclos de cultivo	45
Cuadro 6. Correlación de Pearson obtenida de las variables evaluadas las poblaciones evaluadas de <i>D. campanulata</i>	46
Cuadro 7. Familias de medios hermanos de <i>D. campanulata</i> evaluadas en el ciclo 2018.....	47
Cuadro 8. Variables correspondientes del capítulo evaluadas en las familias de medios hermanos de <i>D. campanulata</i> del ciclo 2019.....	50
Cuadro 9. Efecto del fotoperiodo (FDC: fotoperiodo de día corto; FDL: fotoperiodo de día largo; T: testigo), en las variables LPNA, NN, NBL, DT y PSH, de 25 a 75 días de edad de <i>D. campanulata</i>	69
Cuadro 10. Efecto del fotoperiodo (FDC: fotoperiodo de día corto; FDL: fotoperiodo de día largo; T: testigo), en las variables LRFT, NRT, LRTP, LRTL y PSRFT, de 25 a 75 días de edad de <i>D. campanulata</i>	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de la especie <i>D. campanulata</i> en floración.	20
Figura 2. Diagrama general para la elaboración de miel a partir de raíces tuberosas de dalia (<i>Dahlia spp.</i>).	26
Figura 3. Propagación por semilla de <i>D. campanulata</i> , semillero y plántulas con 15 días de edad.	37
Figura 4. Cultivo de <i>D. campanulata</i> establecido en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo con plantas de cuatro meses de edad.	37
Figura 5. Cultivo de <i>D. campanulata</i> en etapa de floración y capítulo seco, con semillas expuestas.	38
Figura 6. Cosecha de raíces de <i>D. campanulata</i> , con previa aplicación de riego para facilitar la extracción.	39
Figura 7. Corte de esquejes obtenidos de los brotes adventicios de la planta madre <i>D. campanulata</i>	40
Figura 8. Desprendimiento del brote adventicio desde su base para su posterior enraizamiento, método que tiene mayor porcentaje de enraizamiento y en menor tiempo.	40
Figura 9. Esquejes enraizados tomados del brote adventicio de la raíz tuberosa.	41
Figura 10. Planta de <i>D. campanulata</i> de más de 1.5 m de altura del ciclo 2019.	41
Figura 11. Tallo, hueco, con cuatro canales, de color verde teñido de rojo amarronado.	42
Figura 12. Hoja compuesta de <i>D. campanulata</i>	42
Figura 13. Capítulo de <i>D. campanulata</i> , la lígula de color púrpura (Código 76-D, carta de colores Royal Horticultural Society), con un color secundario púrpura más intenso en la base de la cara interna y disco de color amarillo.	43

Figura 14. Capítulo de <i>D. campanulata</i> en forma típica de campana.	43
Figura 15. Diversidad de formas de capítulos y lígulas obtenidos en el ciclo 2019.	49
Figura 16. Capítulo de <i>D. campanulata</i> , variedad Mideli.....	58
Figura 17. Capítulo de <i>D. campanulata</i> , variedad Feliz amanecer.....	59
Figura 18. Tratamientos de fotoperiodo aplicados en plantas de <i>D. campanulata</i>	66
Figura 19. Efecto del fotoperiodo (FDC: fotoperiodo de día corto; FDL: fotoperiodo de día largo; T: testigo), en las variables altura de planta (A) y número de hojas (B), de 25 a 75 días de edad de <i>D. campanulata</i>	68
Figura 20. Efecto del fotoperiodo sobre la altura de <i>D. campanulata</i> : Fotoperiodo de día corto (A), Fotoperiodo de día largo (B), Testigo (C).....	68
Figura 21. Efecto del fotoperiodo sobre el número de brotes laterales de <i>D. campanulata</i> : Fotoperiodo de día corto (A), Fotoperiodo de día largo (B), Testigo (C).....	70
Figura 22. Efecto del fotoperiodo (FDC: Fotoperiodo de día corto; FDL: Fotoperiodo de día largo; T= Testigo), en las variables diámetro de la raíz tuberosa principal (DRTP) y diámetro de la raíz tuberosa lateral (DRTL), de 25 a 75 días de edad de <i>Dahlia campanulata</i>	71
Figura 23. Raíces tuberosas y fibrosas formadas en diferentes tratamientos de fotoperiodo: Fotoperiodo corto (A), Fotoperiodo largo (B), Testigo (C). Aunque los pesos de las raíces totales son estadísticamente iguales, el tamaño y el peso de la raíz tuberosas de A y de C son mayores que los de B.	73

DEDICATORIA

A mi pequeña pero gran familia, a ti Fran por ser mi compañera y amiga y estar junto a mí durante esta etapa de mi vida., a ti Yaretzi, por todo tu apoyo incondicional, que eres y serás siempre un impulso para seguir adelante, y al nuevo integrante de la familia “loki”, por traer alegría a nuestras vidas y compartir tantos momentos durante este trayecto.

A mis queridos padres, Feliciano y Delina, y hermanos (Tere, Leti, Julio, Irma y Avey) que aunque están lejos siempre los tengo presentes, gracias por el apoyo en todo momento, y por ser cada uno un ejemplo a seguir, los amo querida familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme permitido concluir una meta más en mi vida.

Al Dr. Juan Martínez Solís por su conducción, empeño y valiosas observaciones que sin duda contribuyeron para la culminación de este proyecto.

A la Dra. Ma. de Jesús Juárez Hernández por la motivación y disposición para revisión de este proyecto.

Al Dr. Eliseo Sosa Montes por su orientación, confianza, disposición y facilidades en todo momento para la culminación de este proyecto.

Al Dr. Arturo Castro Castro por su disposición y valiosa colaboración en la revisión de este proyecto.

Al M.C. José Merced Mejía Muñoz por su apoyo incondicional, la confianza brindada, disposición en todo momento y por la motivación para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Claudio por su amistad y amable atención en todo momento y al personal del laboratorio de nutrición de Zootecnia (Ing. Benito, y laboratoristas Emilio, Eva y Aldo), por su amistad y apoyo en todo momento durante el desarrollo de este proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre	Eddi Feliciano Jiménez Ruiz
Fecha de nacimiento	11 de febrero de 1989
Lugar de nacimiento	Ocosingo, Chiapas
CURP	JIRE890211HCSMZD07
Profesión	Ingeniero Agroindustrial
Cedula	09285858

Desarrollo académico

Bachillerato (2004-2007)	Centro Bachillerato Tecnológico Agropecuario 91
Licenciatura (2007-2012)	Universidad Autónoma Chapingo
Maestría (2015-2016)	Universidad Autónoma Chapingo

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *Dahlia campanulata* Saar, P. D. Sørensen & Hjert. ¹

RESUMEN GENERAL

Dahlia campanulata (Asteraceae) es una especie proveniente del estado de Oaxaca y endémica de México. Estudios realizados han determinado su potencial de aprovechamiento por su composición proximal, contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en raíces y flores, y contenido de inulina en raíces tuberosas. En este sentido, el objetivo de la presente investigación fue generar una variedad para uso ornamental y alimenticio, mediante la selección de familias de medios hermanos bajo polinización libre, durante tres ciclos, considerando caracteres de interés como: altura de planta, peso de raíces tuberosas, número de raíces tuberosas, contenido de inulina, días a floración, diámetro del capítulo, color de las lígulas y, forma del capítulo y de las lígulas. Se obtuvieron dos variedades de *D. campanulata* denominadas 'Mideli' y 'Feliz amanecer' con características distintivas y sobresaliente, Durante el periodo de floración fueron evaluadas por medio del examen de distinción, homogeneidad y estabilidad, se concluyó que ambas variedades son de porte alto y con alto rendimiento de raíces tuberosas. Estas características permitieron considerarlas con cualidades para uso ornamental en jardinería, también para uso alimenticio por sus altos rendimientos de raíces tuberosas. Por otro lado, se evaluó el efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento de la parte aérea y tuberización de plantas obtenidas por semilla, con los tratamientos: fotoperiodo de día corto (FDC) (10 horas luz-14 horas oscuridad), fotoperiodo de día largo (FDL) (14 horas luz-10 horas oscuridad) y testigo (plantas a cielo abierto, 13 horas luz natural). Derivado de los resultados obtenidos se concluye que el FDL propicia un mejor crecimiento de la parte aérea, mientras que el FDC favorece el crecimiento de las raíces tuberosas, siendo un modulador del crecimiento de *D. campanulata* para distintos fines.

Palabras clave: Fotoperiodo, inulina, raíces tuberosas, selección de familias de medios hermanos

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Eddi Feliciano Jiménez Ruiz
Director de tesis: Dr. Juan Martínez Solís

MORPHOLOGICAL DIVERSITY AND GENETIC IMPROVEMENT OF *D. campanulata* Saar, P. D. Sørensen & Hjert. ²

GENERAL ABSTRACT

Dahlia campanulata (Asteraceae) is a species from the province of Oaxaca and endemic of Mexico. Studies carried out have determined its potential for use due to its proximal composition, content of phenolic compounds and flavonoids in roots and flowers, and inulin content in tuberous roots. Then, the objective of this research was to generate a variety for ornamental and food purpose, through the selection of half-sib families under open pollination, over three cycles, considering characteristics of interest such as plant height, weight of tuberous roots, number of tuberous roots, inulin content, days to flowering, capitula diameter, ligule color, capitula, and ligule shape. Two varieties of *D. campanulata* denominated 'Mideli' and 'Feliz amanecer' with distinctive and outstanding characteristics. Both genotypes were evaluated during the flowering period by testing for distinction, homogeneity, and stability. It was concluded that these varieties are of growth habit tall and have a high yield of tuberous roots. These characteristics allowed them to be considered with qualities for ornamental use in gardening, and for food use due to their high yields of tuberous roots. On the other hand, the effect of the photoperiod on the growth of the aerial part and tuberization of plants obtained by seed was evaluated, under the treatments: short-day photoperiod (FDC) (10 hours light-14 hours darkness), long-day photoperiod (FDL) (14 hours light-10 hours darkness) and control (plants in the field conditions, 13 hours natural light). Derived from the results obtained, it is concluded that the FDL highly stimulate the aerial part growth, while the FDC favors the growth of the tuberous roots, being a modulator of the growth of *D. campanulata* for different purposes.

Keywords: Photoperiod, inulin, tuberous roots, selection of half-sib families.

² Thesis of Doctor in Science in Horticulture, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Eddi Feliciano Jiménez Ruiz

Advisor: Dr. Juan Martínez Solís

INTRODUCCIÓN GENERAL

La dalia es una planta ornamental popular en todo el mundo, originaria de México (Treviño de Castro et al., 2007), declarada como símbolo de la floricultura nacional en todas sus especies y variedades por el presidente López Mateos, el 23 de mayo de 1963 (DOF, 1963). Su cultivo data desde tiempos prehispánicos, con los Mexicas como iniciadores de su proceso de domesticación, apreciada por su belleza ornamental y su importancia como alimento. La dalia cultivada se ha extendido por casi todos los países del mundo; sin embargo, en México el conocimiento de su cultivo y mejoramiento ha sido poco desarrollado (Treviño de Castro et al., 2007).

El género *Dahlia* perteneciente a la familia botánica Asteraceae, cuenta con 42 especies (Villaseñor, 2018; Villaseñor & Redonda-Martínez, 2018; Carrasco-Ortiz et al., 2019; Reyes-Santiago et al., 2019). Sin embargo, solo cuatro especies constituyen la base genética con la que se ha desarrollado la dalia cultivada (Mera & Bye, 2006).

Las plantas de dalia son herbáceas, arbustivas o epífitas, perennes; con raíces subterráneas tuberosas, engrosadas y fasciculadas; de tallos erectos, por lo general sin ramificarse excepto en la inflorescencia o a veces desde la base; hojas opuestas o verticiladas, simples, bipinnadas o tripinnadas, estipelas en ocasiones presentes; cabezuelas campanuladas a hemisféricas, solitarias o en panículas; pedúnculos largos; involucro biseriado; filarias externas (4) 5 (7), verdes, suculentas, erectas, extendidas o reflejas en la antesis; filarias internas (7) 8 (9), membranáceas, elíptico ovadas a obovadas, nervaduras de color amarillo, pardo, rojo o púrpura, márgenes escariosos, hialinos; páleas escariosas y parecidas a las filarias internas; flores liguladas 8, estériles o fértiles, blancas, violadas, amarillas, anaranjadas, rojas o purpúreas; flores del disco hermafroditas, numerosas, fértiles, tubulares, amarillas, rojas o moradas; ramas del estilo linear-lanceoladas y dorsalmente aristadas; filamentos glabros; anteras de ápices agudos y bases obtusas; ramas del estilo subuladas y pubescentes en

el dorso; aquenios lineares, oblanceolados, espatulados, obovados o elípticos, ápices truncados, negruzcos; vilano disciforme, con 2 hombros diminutos, o bien, ausente; receptáculo plano, rara vez convexo (Castro-Castro et al., 2012).

Dahlia crece de 24 a 4000 m de elevación, al igual que el mayor número de observaciones (837). Prospera en un gradiente de 15 a 29° de latitud norte y longitudinalmente, en un rango que va de 92 a 108° W. *Dahlia* prospera en un gradiente de 15 a 29° de latitud norte. La diversidad más alta se encontró a 20°N, dónde se desarrollan 17 especies. En contraste, entre 27 y 29°N sólo hubo dos. El mayor número de observaciones se registró a 19°N. Se distribuye en casi todos los estados con excepción Baja california, Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán (Carrasco-Ortiz et al., 2019).

El género *Dahlia* se divide en cuatro secciones de acuerdo con su hábito de crecimiento, los patrones de división de las hojas compuestas y los números cromosómicos de las especies; y se reconocen a las secciones *Dahlia*, *Enthemophyllon* P. D. Sørensen , *Epiphytum* Sherff y *Pseudodendron* P. D. Sørensen. La sección *Pseudodendron* se caracteriza por agrupar a dalias arborescentes con pínulas opuestas sobre las raquillas, y *D. campanulata*, representa bien a esta sección (Sørensen, 1969).

De acuerdo con los usos y propiedades de dalia, haciendo énfasis en *D. campanulata*, es preciso resaltar a esta que ha sido descrita recientemente, por lo que no se cuenta con numerosos estudios al respecto; sin embargo, dentro de los estudios realizados en otras especies del mismo género, *D. campanulata* ha sobresalido como una especie con gran potencial de aprovechamiento.

Objetivos

1.1.1 General

Obtener una variedad de dalia con caracteres morfológicos y químicos de interés mediante la formación y selección de familias de medios hermanos y cruza intraespecífica de *D. campanulata*, con potencial ornamental y alimenticio, así

como evaluar el efecto del fotoperiodo sobre el desarrollo de la parte aérea y la tuberización.

1.1.2. Particular

Describir la morfología de la especie *D. campanulata* cultivada en condiciones de la Universidad Autónoma Chapingo.

Seleccionar individuos de una población establecida de *D. campanulata* mediante la evaluación de los caracteres de interés como días a floración, altura de planta, peso y número de raíces tuberosas, contenido de inulina. Así como los caracteres distintivos de la flor como diámetro y forma del capítulo, color de las lígulas y forma de las flores liguladas

Establecer una población de familias de medios hermanos de individuos seleccionados el año anterior, bajo polinización libre, para formar nuevas familias de medios hermanos a través de una selección de acuerdo con las características establecidas.

Seleccionar al menos un individuo de *D. campanulata* de acuerdo con las características distintivas para uso ornamental y/o alimenticio, para su posterior examen de distinción, homogeneidad y estabilidad con fines de registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del SNICS.

Hipótesis

La formación de familias de medios hermanos bajo polinización libre, permitirá la obtención de al menos un individuo de la especie *D. campanulata* con características de interés para uso ornamental y/o alimenticio.

El fotoperiodo de día corto modulo el efecto de la tuberización en *D. campanulata*.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Introducción

La belleza de las flores de dalia (*Dahlia* spp.) ha maravillado al mundo entero por su diversidad en formas, tamaños y colores, el cultivo de esta flor se remonta a la época de esplendor del imperio azteca cuando su belleza cautivó a los gobernantes mexicas, que iniciaron los procesos de domesticación de la planta (Treviño de Castro et al., 2007). La dalia es la Flor nacional de México, por decreto presidencial desde 1963 (DOF, 1963), por su importancia cultural, desde tiempos prehispánicos, donde se utilizaba como planta ceremonial, ornamental, medicinal y alimenticia. Asimismo, fue una planta admirada por los nobles aztecas utilizándola como un símbolo para decorar sus vestimentas más exclusivas (Mera-Ovando et al., 2008).

El género *Dahlia* perteneciente a la familia botánica Asteraceae, cuenta con 39 especies, 33 especies endémicas de México, de las cuales siete se encuentran restringidas a algún estado de la república (Villaseñor, 2018); sin embargo, solo cuatro especies constituyen la base genética con la que se ha desarrollado la dalia cultivada (Mera & Bye, 2006).

Las plantas de dalia son herbáceas, arbustivas o epífitas, perennes; con raíces subterráneas tuberosas, engrosadas y fasciculadas; de tallos erectos, por lo general sin ramificarse excepto en la inflorescencia o a veces desde la base; hojas opuestas o verticiladas, simples, bipinnadas o tripinnadas, estipelas en ocasiones presentes; cabezuelas campanuladas a hemisféricas, solitarias o en panículas; pedúnculos largos; involucro biseriado; filarias externas (4) 5 (7), verdes, suculentas, erectas, extendidas o reflejas en la antesis; filarias internas (7) 8 (9), membranáceas, elíptico ovadas a obovadas, nervaduras de color amarillo, pardo, rojo o púrpura, márgenes escariosos, hialinos; páleas escariosas y parecidas a las filarias internas; flores liguladas 8, estériles o fértiles, blancas, violadas, amarillas, anaranjadas, rojas o purpúreas; flores del disco hermafroditas, numerosas, fértiles, tubulares, amarillas, rojas o moradas; ramas

del estilo linear-lanceoladas y dorsalmente aristadas; filamentos glabros; anteras de ápices agudos y bases obtusas; ramas del estilo subuladas y pubescentes en el dorso; aquenios lineares, oblanceolados, espatulados, obovados o elípticos, ápices truncados, negruzcos; vilano disciforme, con 2 hombros diminutos, o bien, ausente; receptáculo plano, rara vez convexo (Castro-Castro et al., 2012).

Dahlia crece de 24 a 4000 m de elevación, al igual que el mayor número de observaciones (837). Prospera en un gradiente de 15 a 29° de latitud norte y longitudinalmente, en un rango que va de 92 a 108° W. *Dahlia* prospera en un gradiente de 15 a 29° de latitud norte. La diversidad más alta se encontró a 20°N, donde se desarrollan 17 especies. En contraste, entre 27 y 29°N sólo hubo dos. El mayor número de observaciones se registró a 19°N. Se distribuye en casi todos los estados con excepción Baja California, Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán (Carrasco-Ortiz et al., 2019).

El género *Dahlia* se divide en cuatro secciones de acuerdo con su hábito de crecimiento, los patrones de división de las hojas compuestas y los números cromosómicos de las especies; y se reconocen a las secciones *Dahlia*, *Enthemophyllon* P. D. Sørensen, *Epiphytum* Sherff y *Pseudodendron* P. D. Sørensen. La sección *Pseudodendron* se caracteriza por agrupar a dalias arborescentes con pínulas opuestas sobre las raquillas, y *D. campanulata*, representa bien a esta sección (Sørensen, 1969).

1.2. Clasificación taxonómica del género *Dahlia*

El género *Dahlia* se divide en cuatro secciones de acuerdo con su hábito de crecimiento y la disposición de las pinnas en sus hojas compuestas: Sección *Dahlia*, *Enthemophyllon*, *Epiphytum* y *Pseudodendron*. La sección *Pseudodendron* se caracteriza por agrupar a dalias arbustivas con pínulas opuestas en raquillas, siendo *D. campanulata*, una especie de gran importancia en esta sección (Sørensen, 1969).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género *Dahlia*.

Reino:	Plantae	Orden:	Asterales
Subreino:	Tracheobionta	Familia:	Asteraceae
División:	Magnoliophyta	Subfamilia:	Asteroideae
Clase:	Magnoliopsida	Tribu:	Heliantheae
Subclase:	Asteridae	Genero:	<i>Dahlia Cav</i>

Fuente: (Treviño de Castro et al., 2007).

1.3. Distribución geográfica de *D. campanulata*

D. campanulata se encuentra solamente en el estado de Oaxaca (Figura 1), a diferencia de otras especies que se pueden encontrar en diferentes estados de la república mexicana, está distribuida en las regiones neotropical (cuenca de balsas) y zona de transición mexicana (sierra madre del sur), en dos tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo (Carrasco-Ortiz et al., 2019).

Garzón-Solís et al. (2009) reportaron una población silvestre de *D. campanulata* a una elevación de 2000 msnm, en una superficie estimada en 2 Km² al margen de la carretera que conduce de la ciudad de Huajuapán de León a la Villa de Tamazulapán del Progreso, a la altura del kilómetro 35, así como al margen del río Mixteco en la ranchería de Río del Oro, en el estado de Oaxaca.

1.4. Descripción morfológica

D. campanulata (Figura 1) es una especie perenne de 1.3 a 2.5 m de altura, con número cromosómico $n=16$. Presenta capítulos pendulados con flores liguladas de más de 20 cm de diámetro, cuando esta plana; de un color rosa claro, más oscuro hacia el centro; venas levemente más oscuras; brácteas involúcras externas que se separan perpendicularmente al eje de la cabeza en la antesis, cuya floración tiene lugar por lo general en el mes de septiembre (Saar et al., 2003).



Figura 1. Planta de la especie *D. campanulata* en floración.

Hojas pinnadas a tripinnadas de aproximadamente 60 cm de longitud incluyendo pecíolo, tripinadas con estipulas en la mayoría de los nudos del raquis, cambiando de bipinnadas a pinnadas (sin estipulas) a simples en la base de la porción floral, pínulas opuestas en la raquilla, de 7 a 11 pínulas primarias, hojas marginales celioladas, pecíolos sólidos (Saar et al., 2003), foliolos aserrados de

color verde, el color del raquis va de un verde muy oscuro en el pecíolo de la hoja, así como en el haz, a un color verde claro en la parte superior y en el envés (Garzón-Solís et al., 2009). De uno a tres tallos herbáceos huecos y erguidos de hasta 2.5 m, con cuatro canales profundos, entrenudos sólidos (Saar et al., 2003).

Raíces tuberosas fasciculadas, alargadas, engrosadas (Saar et al., 2003). Su semilla es un aquenio linear-oblancoado, comprimido, surcado, con una longitud de 1.2 cm, y ancho que varía de 0.1 a 0.2 mm, de color café oscuro en la parte media y café claro en los extremos, un solo capítulo de dalia produce suficiente semilla para propagarla por este medio, 120 aquenios en promedio (Garzón-Solís et al., 2009).

1.5. Propiedades de la raíz y flor de *D. campanulata*

1.5.1. Composición proximal

El análisis proximal de un alimento es el punto de partida en la evaluación de su contenido de nutrientes (Duarte et al., 2016), se utiliza para obtener una determinación más precisa de sus componentes y consiste básicamente en la determinación analítica del contenido agua (humedad), proteínas y la fibra (Greenfield & Southgate, 2003). Mabel-Rembado & Sceni (2009), señalaron que, cuanto mayor es el contenido de agua en un alimento, mayor es su susceptibilidad a la descomposición. Ya que ese tipo de condiciones favorecen el desarrollo de microorganismos y la actividad enzimática (Sosa de Pro, 1985). Caso contrario a lo que sucede con los alimentos con humedad intermedia (25–50 %), los cuales tienen una mayor vida de anaquel y no necesitan rehidratación ni enfriamiento para conservarse (Badui-Dergal, 2013). Por lo anterior, y a menos que las raíces tuberosas sean consumidas o procesadas inmediatamente después de la cosecha, deberán almacenarse bajo condiciones particulares de humedad y temperatura con el objetivo de prolongar su vida de anaquel, tal y como es el caso de las verduras que poseen órganos de almacenamiento que suelen almacenarse a temperaturas bajas

Con respecto al contenido de proteína, su importancia radica en que, a partir de éstas, se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de órganos y sistemas (Badui-Dergal, 2013). De acuerdo con el Parlamento Europeo y del Consejo (2006), para que un alimento pueda ser considerado como una fuente de proteína, debe aportar por lo menos el 12 % del valor energético del alimento. En este sentido, como la raíz de *D. campanulata* aporta más del 12 % del valor energético total, puede considerarse como una fuente de proteína (Rivera-Espejel et al., 2019).

En cuanto a la fibra, se ha reportado que su ingestión habitual contribuye a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes, porque controla y reduce las concentraciones plasmáticas de colesterol y glucosa, así como la absorción de grasa saturada (Nicklas & Berenson, 1995; Nicklas et al., 1995), por lo que se recomienda su consumo regular. En este sentido, las raíces de *D. campanulata* constituyen una fuente importante de fibra, ya que contienen valores superiores a los 3 g/100 g de alimento, en tanto que para sus flores se considera que aportan un alto contenido ya que supera los 6 g/100 g de alimento (Rivera-Espejel et al., 2019).

1.5.2. Compuestos fenólicos

El color en las flores está asociado en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante, los tonos intensos son buenos indicadores para ambos parámetros. En este sentido, el color rojo se asocia a valores altos y el color blanco con valores más bajos de capacidad antioxidante (Benvenuti et al., 2016). En flores de *D. campanulata* se ha reportado el contenido de vitamina c, fenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidantes, con valores de 39.79 mg 100 g⁻¹, 1.66 mg AG g⁻¹, 1.02 mg Q g⁻¹, 0.26 mg de C-3-G 100 g⁻¹ y 7.24 mg CAEVC g⁻¹, respectivamente. Con respecto a las raíces tuberosas presentó valores de vitamina C de 0.05 mg 100 g⁻¹, capacidad antioxidante de 1.88 mg VCEAC g⁻¹ y fenoles totales de 1.06 mg GA g⁻¹ (Rivera-Espejel et al., 2019).

1.5.3. Contenido energético

El valor energético de un alimento se obtiene a partir de la multiplicación del contenido del parámetro de interés (contenido total en base seca) por el número de kilocalorías que aporta en 1 gramo (kcal). De esta manera, para determinar el contenido energético de carbohidratos y proteína se multiplica por 4 y grasa 9 (Codex Alimentarius, 1985). Para el caso particular de la inulina, carbohidrato presente en las raíces de dalia, su aporte energético es de 1.5, que son las kilocalorías que aporta un gramo del fructano inulina (Madrigal & Sangronis, 2007). En este sentido, las raíces tuberosas de *D. campanulata* pueden considerarse como un alimento con alto valor energético, por su aporte superior a 40 kcal/100 g de materia seca (Codex Alimentarius, 1997).

Los alimentos cuyo contenido de carbohidratos totales es alto, están clasificados como alimentos energéticos, tales como, los granos y cereales (60 a 80 %), raíces, tubérculos y algunas frutas, cuyos contenidos superan el 50 % (Sosa Pro, 1985). Por consiguiente, las raíces tuberosas y flores de *D. campanulata* pueden ser consideradas como un alimento energético, ya que su contenido de carbohidratos totales es superior a 50 % (Rivera-Espejel et al., 2019).

1.5.4. La inulina en las raíces tuberosas de dalia

Los tubérculos de dalia son una importante fuente de inulina (también conocida como oligofructosa), un tipo de fructano similar a los fructooligosacáridos (FOS), pero de mayor grado de polimerización (Manrique et al., 2005), compuestos de una cadena de unidades de fructosa unidas por enlaces β (2-1) con una unidad de glucosa terminal (Oliveros-Leal & Moreno-Villares, 2006).

En adición a la inulina, se encuentra eriodictiol, diastasa, fitina y ácido benzoico, componentes químicos que son medicinalmente activos (Whitley, 1985).

De manera natural, la inulina se convierte en fructosa por acción de la enzima inulasa que actúa sobre los correspondientes enlaces glucosídicos de este polímero (Riley, 1947; citado por Whitley, 1985). Su hidrólisis total produce, además de fructosa, de 5 a 6 % de moléculas de glucosa, mismas que se

encuentran ubicadas en los extremos de la cadena. A nivel industrial, la inulina se obtiene a partir de dos especies, la achicoria (*Cichorium intybus*) y la pataca (*Helianthus tuberosus*), siendo ésta última, la que presenta el mayor contenido y de la que se ha extraído por más tiempo (Flamm et al., 2001). No obstante, la inulina también se puede encontrar en el trigo, ajo, cebolla, plátano, espárrago, cebolla y otros cultivos, aunque en menores concentraciones (Madrigal & Sangronis, 2007).

La acumulación de inulina en plantas ocurre en órganos de reserva como tuberculos, bulbos, raíces tuberosas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido promedio de inulina en diferentes especies.

Especie	Inulina ^t	Especie	Inulina ^t
Pataca (<i>Heliantus tuberosus</i>)	89	Espárrago (<i>Asparragus officinalis L.</i>)	4
Achicoria (<i>Chichorium intybus</i>)	79	Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	27
Raíz de dalia (<i>Dahlia spp</i>)	59	Ajo (<i>Allium sativum</i>)	29
Cebolla (<i>Allium porrum</i>)	48	Centeno (<i>Secale cereale</i>)	1
Ajoporro (<i>Allium porrum</i>)	37		

^tContenido de Inulina en g por 100 g en base seca.

Fuente: Madrigal & Sangronis (2007).

1.5.5. Beneficios de la inulina

La función biológica de la inulina en la planta consiste en fungir como carbohidrato de reserva e influir en la tolerancia al estrés hídrico provocado por sequía, bajas temperaturas y salinidad (Valluru & Van den Ende, 2008).

Por otro lado, estudios realizados por Flamm et al. (2001), mostraron que la presencia de inulina en el colon estimuló el crecimiento de flora intestinal (lactobacilos y bifidobacterias) y disminuyó el colesterol (Barclay, 2010). Además, se ha indicado que la ingesta de inulina mejoró significativamente la absorción de calcio y magnesio en humanos y roedores (Griffin et al., 2003; Zafar et al., 2004). Asimismo, si bien es cierto que los elementos de la partición de las células del *Bifidobacterium* reprimen el desarrollo de tumores (Flamm et al., 2001), aún hay mucho por investigar y conocer al respecto.

1.6. Usos de la dalia y aprovechamiento agroindustrial

1.6.1. Principales usos de la dalia en México

En la Mesoamérica prehispánica, las dalias silvestres eran comúnmente conocidas como acocoxóchitl (flor de tallos huecos). Fue una planta muy arraigada a la cultura mexicana desde tiempos precolombinos. Así, la dalia poseía diversos usos, desde el ornamental, alimenticio, ceremonial, como forraje y hasta medicinal, como un remedio contra la tos crónica, como diurético, diaforético y para el tratamiento de cólicos (Hernández, 1946; citado por Mera-Ovando & Bye, 2006).

1.6.2. Aprovechamiento agroindustrial de la dalia

Las raíces tuberosas de dalia contienen una gran cantidad de furanosas (fructosa), y puesto que la inulina es muy susceptible a la hidrólisis, se ha sugerido utilizarla para la obtención comercial de fructosa de alta pureza (Bot, 2004). Asimismo, a partir de la hidrólisis enzimática parcial de la inulina, es posible obtener oligofructosa, un tipo de fibra dietética soluble, que puede utilizarse como un sustituto del azúcar, por lo cual, es muy precisada en la industria alimentaria ya que se utiliza para diversos fines (Marquina & Santos, 2005).

1.6.3. Jarabe de *D. campanulata*

Las raíces tuberosas de *D. campanulata*, se han utilizado para la elaboración de diversos productos, entre ellos la miel, néctar o jarabe de dalia, mismo que a continuación se aborda más ampliamente. El jarabe de dalia es un edulcorante natural producido a partir del contenido de inulina de las raíces. El proceso de obtención del jarabe o miel de dalia incluye las etapas, desde el lavado de las raíces, desinfección, extracción del jugo, filtrado, hidrólisis, concentración (evaporación de agua) y envasado (Figura 2) (Jiménez-Ruiz, 2014).

La hidrólisis, una reacción química en la que participan moléculas de agua, dando como resultado la obtención de fructosa, misma que se somete a evaporación para finalmente obtener el jarabe. Este proceso es similar al empleado para la obtención del jarabe de agave (*Agave tequilana* W.), a partir de especies del género *Agave*. La relevancia de este tipo de productos es que su consumo es recomendable para diabéticos, porque su contenido de fructosa no eleva los niveles de glucosa en sangre.

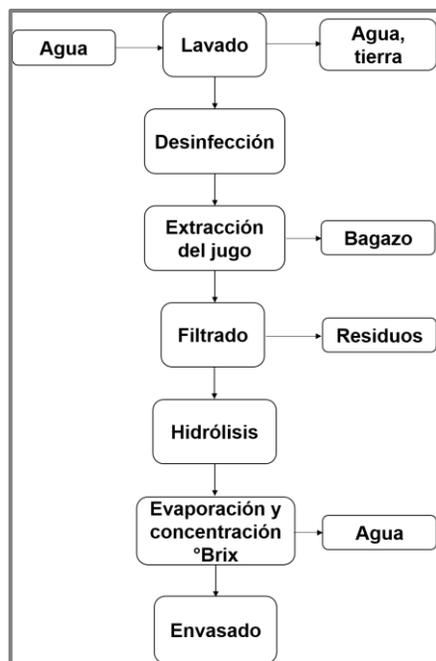


Figura 2. Diagrama general para la elaboración de miel a partir de raíces tuberosas de dalia (*Dahlia spp.*).

En este sentido, Jiménez-Ruiz (2014), ha encontrado rendimientos de miel de dalia en base a peso fresco en diversas especies de dalia de 6.9, 10.9 y 19.9 % para *Dahlia merckii*, *Dahlia x hortorum* y *D. campanulata*, respectivamente, donde 19.9 % es mayor a lo indicado en yacón (*Smallanthus sonchifolius*) con entre 7 y 10 % (Manrique et al., 2005). Asimismo, se realizó una prueba de aceptación usando una escala hedónica de 9 puntos (Cuadro 3) con la finalidad de conocer preferencia y/o aceptación por el consumidor. Se evaluaron los atributos color, fluidez, olor, sabor, dulzor y aceptabilidad global (Cuadro 4), obteniendo como resultado que el jarabe *D. campanulata* fue el más aceptado.

Cuadro 3. Escala hedónica utilizada para evaluar la aceptación de jarabe de dalia.

Grado de aceptabilidad	Valor
Me disgusta extremadamente	1
Me disgusta mucho	2
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta poco	4
Ni me disgusta ni me gusta	5
Me gusta poco	6
Me gusta moderadamente	7
Me gusta mucho	8
Me gusta extremadamente	9

Fuente: Hernández-Montes, 2007.

Cuadro 4. Comparación de medias del análisis sensorial de diferentes tipos de jarabes de dalia y miel de agave como testigo.

Especie	Color	Fluidez	Olor	Sabor	Dulzor	Aceptabilidad global
<i>D. x. hortorum</i>	5.25* ^b ^z	5.10 b	5.73 a	3.00 b	3.12 c	3.87 c
<i>D. campanulata</i>	5.15 b	5.30 b	5.42 a	5.47 a	5.32 b	5.23 b
<i>D. merckii</i>	4.56 c	4.85 b	4.45 b	2.35 c	2.53 d	3.05 d
Agave (<i>Agave tequilana</i> W.)	7.38 a	6.90 a	5.87 a	5.71 a	6.20 a	6.25 a

*Resultados en base a la escala hedónica de 9 puntos utilizada en el análisis sensorial. ^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

Fuente: Jiménez-Ruiz (2014)

1.6.4. Consideraciones finales

Además de sus atributos ornamentales y a sus características de las raíces tuberosas de *D. campanulata*, puede ser considerada como alimento nutracéutico ideal para consumo humano y el cuidado de la salud. Asimismo, representa una opción viable para la extracción industrial de inulina. En este sentido, la variabilidad observada para *D. campanulata* y las demás especies ha permitido, que sean susceptibles de ser una fuente de selección de rasgos de interés nutracéutico para el mejoramiento genético (Rivera-Espejel et al., 2019).

1.7. Literatura citada

- Badui-Dergal, S. (2013). *Química de alimentos* (5a ed.). Pearson Educación.
- Barclay, T., Ginic-Markovic, M., Cooper, P., & Petrovski, N. (2010). Inulin: A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients & Food Chemicals*, 1(3), 27-50. <https://jefc.scholasticahq.com/article/1132-inulin-a-versatile-polysaccharide-with-multiple-pharmaceutical-and-food-chemical-uses>
- Benvenuti, S., Bortolotti, E., & Maggini, R. (2016). Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers. *Scientia Horticulturae*, 199, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.052>

- Bot, A., Erle, U., Vreeker, R., & Agterof, W. G. M. (2004) Influence of crystallization conditions on the large deformation rheology of inulin gels, *Food Hydrocolloids*, 18(4), 547-556. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.09.003>
- Carrasco-Ortiz, M., Munguía-Lino, G., Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Harker, M., & Rodríguez, A. (2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1354. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354>
- Castro-Castro, A., Rodríguez, A., Vargas-Amado, G., & Harker, M. (2012). Diversidad del género *Dahlia* (Asteraceae: Coreopsidae) en Jalisco, México y descripción de una especie nueva. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 347-358.
- Codex Alimentarius (1985: última modificación 2021). *Directrices sobre etiquetado nutricional CXG 2*. Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B2-1985%252FCXG_002e.pdf
- Codex Alimentarius (1997: última modificación 2013). *Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables CAC/GL 23*. Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B23-1997%252FCXG_023e.pdf
- Diario Oficial De La Federación (DOF) (1963). *Decreto por el que se declara símbolo de la floricultura nacional la flor de la dalia en todas sus especies y variedades*. Secretaría de agricultura y ganadería https://www.dof.gob.mx/index_111.php?year=1963&month=05&day=13
- Duarte-Valenzuela, Z. N., Zamora-Gasga, V. M., Montalvo-González, E., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2016). Caracterización nutricional de 20 variedades mejoradas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivadas en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 199-206.
- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., & Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(5), 353-362. <https://doi.org/10.1080/20014091091841>
- Garzón-Solís, C., Mejía-Muñoz, J. M., Trejo-Calzada, R., Gómez-Lorence, F., Espinosa-Flores, A., & Sánchez-Abarca, C. (2009). Fenología de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 18-24.

- Greenfield, T., & Southgate, D. A. T. (2003). *Datos de composición de alimentos. Obtención, gestión y utilización*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/3/y4705s/y4705s.pdf>.
- Griffin, I. J., Hicks, P. M. D., Heaney, R. P., & Abrams, S. A. (2003). Enriched chicory inulin increases calcium absorption mainly in girls with lower calcium absorption. *Nutrition Research*, 23(7), 901-909. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(03\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(03)00085-X)
- Hernández, M. A. (2007). *Evaluación sensorial de productos agroalimentarios*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Jiménez-Ruiz, E. F. (2014). *Desarrollo de una metodología para elaborar miel a partir de raíces tuberosas de dalia (Dahlia spp)*. [Tesis de licenciatura no publicada] Universidad Autónoma Chapingo.
- Mabel-Rembado, F., & Sceni, P. (2009). *La química en los alimentos*. Ministro de Educación de la Nación, Instituto Nacional de Educación Tecnológica. http://www.ifdcvm.edu.ar/tecnicatura/ciencias_nat_y las_matematicas/11.pdf
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Artículos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(4), 387-396. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2007/4/art-12/>
- Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2005). *Jarabe de Yacón: Principios y Procesamiento*. Centro Internacional de la Papa. https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/1919-Jarabe_Yacon.pdf
- Marquina, D., y Santos, A. (2005). Probióticos, prebióticos y salud. *Microbiology International*, 32, 24-27.
- Mera-Ovando, L. M., & Bye B. R. (2006). La *dahlia*, una belleza originaria de México. *Revista Digital Universitaria*, 7(11), 1-11. http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov_art90.pdf
- Mera-Ovando, L. M., Mejía Muñoz, J. M., Bye, B. R., Laguna-Cerda, A., Espinosa-Flores, A., & Treviño de Castro, G. (2008). *Diversidad de dalias cultivadas*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).
- Nicklas, T. M., & Berenson, G. (1995). Dietary fiber intake of children: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, 96(52), 988-994.
- Nicklas, T. M., Farris, R., Myers, L., & Berenson, G. (1995). Dietary fiber intake of children and young adults: The Bogalusa Heart Study. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(2), 209-214. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(95\)00049-6](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(95)00049-6)
- Oliveros-Leal, L., & Moreno-Villares, J. M. (2006). Prebióticos en formulas infantiles. *Anales de Pediatría*, 4(1), 20-29. <https://www.analesdepediatría.org/es-prebioticos-formulas-infantiles-articulo-13092363?referer=buscador>

- Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). *Reglamento (CE) No 1924 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos*. Diario oficial de la Unión Europea. <https://www.boe.es/doue/2006/404/L00009-00025.pdf>
- Reyes-Santiago, J., Islas-Luna, M. de los A., Munguía-Lino, G., & Castro-Castro, A. (2019). *Dahlia mixtecana* (Asteraceae, Coreoideae), a striking new species from Oaxaca, Mexico. *Phytotaxa*, 394(3): 209-218. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.394.3.2>
- Rivera-Espejel, E. A., Cruz-Álvarez, O., Mejía-Muñoz, J. M., García-Mateos, M. R., Colinas-León, M. T., & Martínez-Damián, M. T. (2019). Physicochemical quality, antioxidant capacity and nutritional value in tuberous roots of some wild *Dahlia* species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 813-820. <https://doi.org/10.15835/nbha47311552>
- Saar, D. E., Sørensen, P. D., & Hjerting, J. P. (2003). *Dahlia campanulata* and *D. Cuspidata* (Asteraceae, Coreoideae): two new species from México. *Acta Botánica Mexicana*, 64: 19-24. <https://doi.org/10.21829/abm64.2003.924>
- Sørensen, P. D. (1969). Revision of the genus *Dahlia* (Compositae, Heliantheae Coreoideae). *Rhodora*, 71, 367-416.
- Sosa de Pro, E. (1985). *Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Treviño de Castro, G., Mera Ovando, L. M., Bye, B. R., Mejía-Muñoz, J. M., & Laguna-Cerda, A. (2007). *Historia de la dalia (acocoxóchitl), la flor nacional de México*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.
- Valluru, R., & Van den Ende, W. (2008). Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects. *Journal of Experimental Botany*, 59(11), 2905-2916. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern164>
- Villaseñor, J. L. (2018). Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96(2), 332-358. <https://doi.org/10.17129/botsci.1872>
- Villaseñor, J. L., & Redonda-Martínez, R. (2018). A new species of *Dahlia* (Asteraceae, Coreoideae) from the state of Oaxaca, México. *Phytotaxa*, 362(2): 239-243. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.362.2.11>
- Whitley, G. R. (1985). The medicinal and nutritional properties of *Dahlia* spp. *Journal of Ethnopharmacology*, 14(1), 75-82. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(85\)90031-5](https://doi.org/10.1016/0378-8741(85)90031-5)
- Zafar, T. A., Weaver, C. M., Zhao, Y., Martin, B. R., & Wastney, M. E. (2004). Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats. *Journal of Nutrition*, 134(2), 399-402. <https://doi.org/10.1093/jn/134.2.399>

2. SELECCIÓN DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE *Dahlia campanulata* BAJO POLINIZACIÓN LIBRE

RESUMEN

Con el objetivo de describir morfológicamente *Dahlia campanulata*, así como evaluar su respuesta a la selección recurrente de familias de medios hermanos establecidos bajo polinización libre durante tres ciclos de producción agrícola, se seleccionaron diferentes genotipos de una población establecida de *D. campanulata*, con las mejores características distintivas como: altura de planta, peso y número de raíces tuberosas, contenido de inulina, así como los caracteres distintivos de la flor, días a floración, diámetro del capítulo, color de las lígulas, forma del capítulo y forma de las lígulas. Con los genotipos escogidos se estableció una población de familias de medios hermanos bajo polinización libre, con el fin de formar nuevas familias de medios hermanos mediante selección recurrente de acuerdo con las características establecidas. Se realizó la descripción morfológica de la planta, tales como el porte, tallos, hojas y flores (capítulo); por otro lado, durante los tres ciclos de selección se observó un incremento de los parámetros estimados, en particular en el ciclo 2019 donde se presentó un mayor desarrollo de las plantas, así como cambios en la morfología de la flor. La selección de familias de medios hermanos bajo polinización libre mediante cruce intraespecífica fue determinante en los cambios presentados en cada ciclo evaluado en la especie *D. campanulata*.

Palabras clave: Mejoramiento genético, morfología, raíces tuberosas, inulina.

SELECTION OF HALF-SIB FAMILIES OF *Dahlia campanulata* UNDER OPEN POLLINATION

ABSTRACT

In order to morphologically describe *Dahlia campanulata*, as well as to evaluate its response to the recurrent selection of half-sib families established under open free pollination during three agricultural production cycles, several genotypes were selected from an established population of *D. campanulata*, with the best distinctive characteristics such as: plant height, weight and number of tuberous roots, inulin content, as well as the distinctive characters of the flower, days of flowering, diameter of the flower head, color of the ligules, shape of the flower head and shape of the ligules. With the chosen genotypes, a population of half-sib families was established under free pollination, in order to form new half-sib families through recurrent selection according to the established characteristics. The morphological description of the plant was made, such growth habit tall, stems, leaves and flowers (flower head); on the other hand, during the three selection cycles, an increase in the estimated parameters was observed, particularly in the 2019 cycle, where there was a greater development of the plants, as well as changes in the flower morphology. of the flower. The selection of half-sib families under free pollination through intraspecific crosses was decisive in the changes presented in each cycle evaluated in the species *D. campanulata*.

Keywords: Genetic improvement, morphology, tuberous roots, inulin.

2.1. Introducción

El género *Dahlia* se divide en cuatro secciones de acuerdo con su hábito de crecimiento y la disposición de las pinnas en sus hojas compuestas: Sección *Dahlia*, *Enthemophillon*, *Epiphytum* y *Pseudodendron*. La sección *Pseudodendron* se caracteriza por agrupar a dalias arbustivas con pínulas opuestas en raquillas, siendo *D. campanulata*, una especie de gran importancia en esta sección (Sørensen, 1969).

D. campanulata es una especie perenne de 1.3 a 2.5 m de altura, con número cromosómico $n=16$. Presenta capítulos pendulados con flores liguladas de más de 20 cm de diámetro, cuando esta plana; de un color rosa claro, más oscuro hacia el centro, cuya floración tiene lugar por lo general en el mes de septiembre (Saar et al., 2003). Se encuentra solamente en el estado de Oaxaca, a diferencia de otras especies que se pueden encontrar en diferentes estados de la república mexicana, está distribuida en las regiones neotropical (cuenca de balsas) y zona de transición mexicana (sierra madre del sur), en dos tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo (Carrasco-Ortiz et al., 2019).

En el año 2019 se produjo un volumen, aproximado, de 308 mil plantas de dalia y son los estados de Ciudad de México y Tlaxcala donde destaca la producción ornamental de esta hermosa flor, sin embargo, Puebla, Veracruz, Estado de México, y en un área de Xochimilco se apoya el cultivo de la dalia para la alimentación (SADER, 2020), por lo anterior, *D. campanulata*, representa, una excelente opción para usarse como alimento por el alto rendimiento de raíces tuberosas, además de cuerdo a su porte es una excelente opción para uso como planta de jardín, por tal motivo es necesario la implementación de estrategias de mejoramiento genético, que de acuerdo a Peña-Lomelí et al. (2013) deben estar orientadas a la obtención de variedades mejoradas, con tolerancia a los factores bióticos. con alto rendimiento y que busquen aprovechar, de manera eficiente, la variabilidad genética de las colecciones de trabajo, tal como la selección familiar de medios hermanos en plantas alógamas. Un programa de mejoramiento

incluye una serie de fases interrelacionadas (Wilfret, 1987) que van desde la evaluación de germoplasma disponible hasta la liberación de nuevas variedades.

Como parte de los programas de mejoramiento genético, se utilizan ciertos esquemas de selección encaminados a lograr que las poblaciones mejoradas lleguen a ser agrónomicamente superiores y al mismo tiempo conservar la variabilidad genética del cultivo de interés. En este sentido, la selección de familia de medios hermanos, se lleva a cabo para hacer más eficiente el incremento de la frecuencia de alelos favorables para caracteres de baja heredabilidad (Peña-Lomelí et al. 2013) y para la obtención de materiales mejorados. Estos esquemas tan usuales en cultivos tradicionales, son incipientes en especies del género *Dahlia*, de ahí, que el objetivo de este trabajo fue describir morfológicamente cada una de las partes de la planta de *D. campanulata* teniendo en cuenta su comportamiento agronómico. Así mismo se realizó la descripción de la estructura como el porte de la planta, tallos, hojas, flores (capítulo), además, se evaluó el comportamiento de la especie durante 3 ciclos de selección recurrente de familias de medios hermanos mediante cruce intraespecífica.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Material vegetal

El material vegetal utilizado fue obtenido de una población de *D. campanulata* establecida en el 2017 bajo polinización libre, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, estado de México, México, donde predomina un clima templado semiseco con lluvias en verano, temperatura media anual de 16.4 °C, con una máxima de 25.1 °C y una mínima de 7.6 °C, denominándose FITODC, mismo lugar donde se llevó a cabo el presente estudio.

2.2.2. Selección de familias de medios hermanos

De la población 2017, se seleccionaron 30 individuos denominados DCC17-1, DCC17-2, hasta DC17-30, se cosecharon las semillas de cada individuo para su resguardo, dando lugar a familias de medios hermanos 2017 (FMH2017).

En el año 2018 se sembraron las 30 FMH2017, con 20 individuos por familia y se mantuvieron bajo polinización libre, se realizó la evaluación y selección de 20 individuos uno por cada FMH2017, denominados DCC18-1, DCC18-2, hasta DCC18-20, se cosecharon las semillas para su resguardo, dando lugar a familias de medios hermanos 2018 (FMH2018).

En el año 2019 se sembraron 20 individuos por cada una de las 20 FMH2018 y se mantuvieron bajo polinización libre, en esta fase se realizó la selección de 20 individuos de toda la población, denominados DCC19-1, DCC19-2, hasta DCC19-20, se cosecharon las semillas para su resguardo, dando lugar a familias de medios hermanos 2019 (FMH2019). Por otro lado, también se cosecharon sus raíces tuberosas para su acondicionamiento, resguardo y posterior clonación.

Las variables evaluadas en cada ciclo de selección fueron respecto al capítulo (diámetro, número y forma de las lígulas), de las raíces tuberosas (rendimiento, número y diámetro de la raíz extendida), así como también altura de planta.

El contenido de inulina se determinó de acuerdo a la metodología de Leite Toneli et al. (2007), con algunas modificaciones y se presentó en porcentaje en base seca.

Los datos de campo se analizaron bajo un diseño en bloques completos al azar y los datos de laboratorio bajo un diseño completamente al azar, se realizó una comparación de medias Tukey ($P < 0.05$), además se realizaron correlaciones de Pearson ($P < 0.01$).

2.2.3. Manejo del cultivo

Siembra y trasplante

el manejo del cultivo fue el mismo para todos los ciclos de selección; para la germinación se usó como sustrato perlita y peat moss en relación 1:1, con un riego ligero y depositando la semilla a una profundidad aproximada de 1 cm en semilleros de 200 cavidades de unicel, manteniéndolas en oscuridad y a una temperatura entre 18 °C - 30 °C (Figura 3).



Figura 3. Propagación por semilla de *D. campanulata*, semillero y plántulas con 15 días de edad.

El trasplante se realizó en las instalaciones del campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en una disposición entre surcos de 80 cm y 100 cm de separación entre plantas (Figura 4).



Figura 4. Cultivo de *D. campanulata* establecido en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo con plantas de cuatro meses de edad.

Labores culturales

El cultivo de *D. campanulata* se mantuvo sin malezas durante todo el ciclo, principalmente en etapas tempranas donde la plántula se estaba desarrollando, para evitar la competencia por nutrientes y agua, así como un aporcado.

El riego se aplicó principalmente en las primeras etapas del desarrollo del cultivo, durante la temporada de lluvia se mantuvo sin riego, ya que la planta puede

desarrollarse bajo temporal debido a sus raíces tuberosas; no obstante, el rendimiento del cultivo se puede ver afectado si se somete a condiciones de estrés hídrico.

Cosecha de semillas

D. campanulata llegó a floración a mediados de septiembre (Figura 5), momento en que se realizó la toma de datos de las variables morfológicas. Después de que las flores son polinizadas, el disco floral se cierra para dar lugar a la formación de frutos, una vez que el disco está completamente seco, es el momento de cosecharlos.



Figura 5. Cultivo de *D. campanulata* en etapa de floración y capitulo seco, con semillas expuestas.

Cosecha de raíces

La cosecha de raíces se realizó una vez que las plantas terminaron su ciclo y estaban completamente secas, se podó desde la base del tallo, aplicando con anterioridad un riego ligero para facilitar la cosecha de la raíz (Figura 6). Una vez cosechadas las raíces se tomaron datos de número y peso de raíces tuberosas, para posteriormente resguardarlas en un lugar fresco, seco y con sustrato para evitar deshidratación y la posible proliferación de microorganismos.



Figura 6. Cosecha de raíces de *D. campanulata*, con previa aplicación de riego para facilitar la extracción.

Propagación por esquejes

Este método de propagación se usó para reproducir las variedades seleccionadas en el ciclo 2019 con el fin de evaluar su distinción, homogeneidad y estabilidad. De los brotes adventicios se tomaron esquejes de aproximadamente 10 cm de longitud cortados arriba del segundo nudo del brote adventicio (Figura 7), y con el fin de permitir el desarrollo de brotes laterales en el primer nudo, se aplicó enraizador Radix® 1500 (ácido indol butírico) en la base del esqueje cortado, dejándolo en sustrato compuesto por peat moos y perlita a una relación 1:1, con humedad constante, lo que permitió enraizar en alrededor de 15 días.



Figura 7. Corte de esquejes obtenidos de los brotes adventicios de la planta madre *D. campanulata*.

Otra forma para obtener esquejes fue el desprender desde la base el brote adventicio (Figura 8), usando el mismo sustrato para enraizarlos (peat moos:perlita,1:1); con este método no fue necesario usar enraizador, obteniendo brotes adventicios enraizados a los 7-10 días (Figura 9), con un mayor porcentaje de enraizamiento. Durante todo el proceso de enraizamiento los esquejes estuvieron en la sombra.



Figura 8. Desprendimiento del brote adventicio desde su base para su posterior enraizamiento, método que tiene mayor porcentaje de enraizamiento y en menor tiempo.



Figura 9. Esquejes enraizados tomados del brote adventicio de la raíz tuberosa.

2.3. Resultados y discusión

2.3.1 Morfología de *D. campanulata*

D. campanulata es una planta de porte alto (Figura 10), con tallo hueco y 4 canales profundos, de color verde teñido de rojo amarillado (Figura 11).



Figura 10. Planta de *D. campanulata* de más de 1.5 m de altura del ciclo 2019.



Figura 11. Tallo, hueco, con cuatro canales, de color verde teñido de rojo amarronado

Las hojas son predominantemente pinnadas, de una longitud y anchura alta, de un color verde medio, de textura poco rugosa, con nervadura deprimida, de forma ovada y redondeada en la base, con incisiones de mediana profundidad (Figura 12)



Figura 12. Hoja compuesta de *D. campanulata*

Capitula sencillos tipo margarita de ocho lígulas, las lígulas son largas, con una relación alta respecto a la longitud anchura, la cara superior carenada, con más de dos quillas. El color de la lígula completa es púrpura (Código 76-D, carta de colores Royal Horticultural Society) y en algunas ocasiones presenta un color secundario púrpura más intenso en la base de la cara interna (Figura 13).



Figura 13. Capítulo de *D. campanulata*, la lígula de color purpura (Código 76-D, carta de colores Royal Horticultural Society), con un color secundario purpura más intenso en la base de la cara interna y disco de color amarillo.

Disco de color amarillo, con una relación baja en relación con el diámetro del capítulo (Figura 13). La posición de los capítulos es moderadamente por encima del follaje, con un porte descendente en forma de campana (Figura 14).



Figura 14. Capítulo de *D. campanulata* en forma típica de campana.

2.3.2. Evaluación de poblaciones de familias de medios hermanos de *D. campanulata* durante tres ciclos de selección.

Durante los tres ciclos de cultivo evaluados (Cuadro 5), se presentaron diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$) en las variables altura de planta, número de brotes laterales, peso de raíces, número de raíces, diámetro de raíces, diámetro de capítulo, número de capítulos e inulina (AL, BL, PR, NR, DR, DF, NF e IN). Los resultados del ciclo 2019 fueron superiores a los obtenidos en el ciclo 2018, donde las variables altura y número de brotes laterales aumentaron en un 57.7 y 148 %, asimismo se observó un incremento de 24.9 y 20.8 % para número y diámetro de capítulo, respectivamente. En este mismo sentido para las variables peso y número de raíces se obtuvo 103.5 y 14.9 % más respecto al ciclo 2018. Sin embargo, para inulina el ciclo 2019 fue estadísticamente igual al ciclo 2017, y aunque estas diferencias fueron mínimas entre todos los ciclos, es importante reportarlas.

Por otro lado, los coeficientes de variación obtenidos fueron altos (Cuadro 5) en las variables brotes laterales, peso de raíces, número de raíces, y número de capítulos. Lo anterior, podría indicar que existe heterogeneidad muy alta (Peña-Lomelí et al., 2013), dentro de las poblaciones evaluadas en cada ciclo de cultivo. Por su parte las variables altura, diámetro de raíces y flores e inulina presentaron mayor homogeneidad en cada población evaluada.

Garzón-Solís et al. (2009) encontraron en plantas cultivadas en la Universidad Autónoma Chapingo, una altura de 1.07 m, valor similar al obtenido en el ciclo 2018 (Cuadro 5) e inferior al obtenido en 2019. También indicaron una altura promedio de 1.78 m en plantas de *D. campanulata* en su hábitat natural, valor más alto que los obtenidos en los ciclos 2017 y 2018, y similar al obtenido en el ciclo 2019. Respecto al peso de raíces tuberosas Garzón-Solís et al. (2009) obtuvieron pesos entre 0.35 a 5.5 kg en *D. campanulata* cultivada, la mayor proporción de plantas tuvo un peso de 1.7 a 2 kg. En *D. campanulata* cultivadas del último ciclo de selección 2019 (Cuadro 5), se registraron pesos que van de 0.25 kg a 7.5 kg, donde la mayor proporción tuvo un peso de 2 a 2.98 kg.

Cuadro 5. Respuesta de la especie *D. campanulata* respecto a la selección de familias de medios hermanos en tres ciclos de cultivo

Ciclo	AL (cm)	BL	PR (g)	NR	DR (cm)	DF (cm)	NF	IN (% en base seca)
2017	102.7 b ^z	-----	-----	-----	-----	9.11 b	35.56 c	43.54 a
2018	110.6 b	2.7 b	1382.5 b	11.19 b	56.57 b	9.62 b	133.43 b	40.48 b
2019	174.4 a	6.7 a	2813.3 a	12.86 a	88.62 a	12.02 a	161.16 a	41.07 ab
DMSH	11.4	0.98	269.2	1.29	3.55	0.561	26.83	2.65
CV	20.01	81.92	48.68	46.20	19.89	13.31	50.04	16.15

^z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$); AL: altura de planta; BL: brotes laterales; PR: peso de raíces; NR: número de raíces; DR: diámetro de raíces; DF: diámetro de capítulo; NC: número de capítulos; IN: Inulina; DMSH: diferencia mínima honesta.

De acuerdo con los datos obtenidos de rendimiento de raíces tuberosas y con las densidades de población establecidas para el cultivo, se tendría un rendimiento promedio de 35 t·ha⁻¹ para el ciclo 2019. En este sentido, comparando estos datos con el cultivo de agave (*Agave tequilana*) y considerando a *D. campanulata* como una especie útil para la extracción de inulina, se tiene que el rendimiento de *D. campanulata* están por debajo del promedio nacional del agave que es de 77.6 t·ha⁻¹ (SIAP, 2020). Sin embargo, cabe destacar que el cultivo de dalia es de ciclo anual, mientras que el ciclo del agave tequilero requiere de 7 a 8 años para poder cortar la piña de acuerdo a SIAP (2020). Por otro lado, Montañez-Soto et al. (2011) reportaron 43.24 % de inulina en base seca en piña de agave, mientras que en *D. campanulata* se tiene un promedio para el ciclo 2019 de 41.07 % de inulina en base seca, un porcentaje muy cercano, Por lo anterior, con dos ciclos anuales de *D. campanulata* se puede obtener un rendimiento similar al de agave. En este contexto, la especie *D. campanulata* representa una opción viable para la extracción de inulina por sus altos rendimientos de raíz tuberosa, obteniendo un rendimiento de 2.34 t·ha⁻¹ en promedio.

Asimismo, existieron correlaciones significativas ($P < 0.01$) entre las variables (Cuadro 6), dentro de las más relevantes se encuentra la altura de planta, que presentó una correlación positiva con el peso y diámetro de la raíz, y el diámetro del capítulo. Lo que indica que a mayor altura mayor valor de las variables correlacionadas y viceversa. El peso de la raíz tuvo una correlación positiva con el número y diámetro de la raíz, lo que muestra que entre mayor sea el número y diámetro de la raíz, mayor será el peso.

Cuadro 6. Correlación de Pearson obtenida de las variables evaluadas las poblaciones evaluadas de *D. campanulata*.

	AL	BL	PR	NR	DR	DC	NC	IN
AL	1	0.34*	0.49*	0.18	0.58*	0.60*	0.27*	0.12
BL		1	0.22*	0.12	0.32 *	0.24*	0.01	0.065
PR			1	0.65*	0.55*	0.38*	0.19	-0.004
NR				1	0.34*	0.15	0.11	0.02
DR					1	0.44*	0.22	-0.03
DF						1	0.18	0.02
NF							1	-0.006
IN								1

*Significancia con $P < 0.01$; AL: altura de planta; BL: brotes laterales; PR: peso de raíces; NR: número de raíces; DR: diámetro de raíces; DF: diámetro de capítulo; NC: número de capítulos; IN: Inulina.

En lo que respecta a la comparación de medias de las familias de medios hermanos por ciclo, para el ciclo 2018 (Cuadro 7), solamente en las variables altura y número de raíces se encontraron diferencias significativas, donde hubo dispersión de los datos dentro de las familias y por lo tanto se observaron coeficientes de variación muy altos, además de una diferencia mínima significativa alta para cada una de las variables. En lo que respecta al ciclo 2019, no se encontraron diferencias significativas entre las familias de medios hermanos.

Cuadro 7. Familias de medios hermanos de *D. campanulata* evaluadas en el ciclo 2018.

FMH	VARIABLES							
	AL (cm)	PR (kg)	NR	DC (cm)	NC	IN (% b.s.)	DR (cm)	TL
1	104.72 ab	1.44 a	10.31 ab	9.91 a	152.62 a	40.97 a	60.00 a	2.25 a
2	63.23 b	0.74 a	6.75 ab	9.73 a	22.50 a	36.55 a	48.00 a	3.5 a
3	106.05 ab	1.30 a	13.00 ab	9.06 a	91.60 a	41.44 a	55.92 a	2.83 a
4	108.20 ab	1.45 a	10.29 ab	10.46 a	95.43 a	41.45 a	54.29 a	2.14 a
5	121.14 a	0.80 a	12.80 ab	9.35 a	117.80 a	41.17 a	60.80 a	3.00 a
6	125.90 a	1.65 a	15.60 a	10.11 a	230.60 a	43.40 a	66.00 a	2.20 a
7	94.53 ab	1.13 a	12.50 ab	9.36 a	122.67 a	43.80 a	63.00 a	2.75 a
8	93.20 ab	1.57 a	11.33 ab	8.97 a	159.00 a	37.74 a	52.33 a	3.00 a
9	109.03 ab	1.53 a	13.18 ab	9.53 a	151.38 a	40.56 a	65.13 a	2.19 a
10	99.57 ab	1.18	5.00 ab	9.79 a	91.5 a	36.57 a	36.00 a	3.00 a
11	115.58 ab	2.27 a	13.75 a	9.52 a	102.75 a	39.77 a	57.00 a	3.75 a
12	130.00 a	1.50 a	11.50 ab	10.78 a	185.00 a	38.98 a	51.00 a	4.25 a
13	106.18 ab	1.07 a	9.33 ab	8.54 a	132.50 a	41.93 a	53.00 a	3.17 a
14	103.37 ab	1.26 a	8.66 ab	9.84 a	74.33 a	40.42 a	43.67 a	3.67 a
15	126.83 a	1.66 a	13.00 ab	9.12 a	153.00 a	39.43 a	68.75 a	4.00 a
16	117.20 ab	0.81 a	1.66 b	9.89 a	82.75 a	38.24 a	34.33 a	2.75 a
DMSH	57.65	1.83	11.96	2.94	263.95	14.55	44.07	4.97
CV	21.33	53.35	45.79	12.57	79.77	11.78	32.85	78.37

^z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$); FMH: familias de medios hermanos; AL: altura de planta; PR: peso de raíces; NR: número de raíces; DC: diámetro de capítulo; NC: número de capítulos; IN: inulina; DR: diámetro de raíz; BL: brotes laterales; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

En el ciclo 2019 en plena floración se pudieron observar diversas formas de capítulo, así como de flores liguladas (Figura 15), otro dato interesante es que en algunos capítulos también hubo presencia de lígulas del collar, estas

características no fueron homogéneas en alguna familia, todo lo contrario, al menos una flor en cada familia presentó dichas características, de acuerdo al análisis de varianza y la comparación de medias, no hubo diferencias estadísticas en las variables evaluadas del capítulo, solamente en la variable lígulas del collar se presentaron diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$) (Cuadro 8) siendo la familia número nueve la única que presentó el mayor número de lígulas del collar y fue estadísticamente diferente a las demás, por otro lado la familia cinco presentó el menor número, respecto a las demás familias, al menos una planta de las familias de medios hermanos evaluadas presentó lígulas del collar.

Esta particularidad de no encontrar diferencias estadísticas en las variables evaluadas refleja el grado de variabilidad que aún existe en cada población de medios hermanos, que no llegan a una homogeneidad, sin embargo, hay un efecto en la selección debido a que se observó un incremento en las variables evaluadas en cada ciclo, por tal motivo se puede seguir con la selección de familias de medios hermanos con el objetivo de incrementar la frecuencia de los alelos favorables para caracteres de baja heredabilidad.



Figura 15. Diversidad de formas de capítulos y lígulas obtenidos en el ciclo 2019.

Cuadro 8. Variables correspondientes del capítulo evaluadas en las familias de medios hermanos de *D. campanulata* del ciclo 2019.

FMH	VARIABLES			
	FT	LG	LGC	DC (cm)
1	123.10 a	8.12 a	5.11 abc	12.50 a
2	124.36 a	8.26 a	2.26 bc	12.34 a
3	115.33 a	8.02	3.68 abc	10.86 a
4	132.00 a	8.18 a	2.96 abc	11.64 a
5	118.31 a	8.09 a	1.83 c	12.41 a
6	133.69 a	8.28 a	7.02 abc	11.88 a
7	126.67 a	8.39 a	2.72 abc	12.89 a
8	137.67 a	8.27 a	8.89 ab	11.98 a
9	142.06 a	8.12 a	9.58 a	11.87 a
10	142.33 a	8.21 a	4.98 abc	12.83 a
11	128.93 a	8.31 a	5.52 abc	12.39 a
12	124.41 a	8.13 a	5.72 abc	12.12 a
13	129.00 a	8.33 a	6.02 abc	11.30 a
14	114.22 a	8.17 a	3.44 abc	12.05 a
15	127.17 a	8.02 a	2.96 abc	12.75 a
16	115.21 a	8.04 a	2.95 abc	11.70 a
17	114.82 a	8.15 a	2.36 bc	10.84 a
DMSH	34.12	0.53	7.04	2.27
CV	20.01	4.85	116.26	13.96

^Z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$); FMH: familia de medios hermanos; FT: flores tubulares; LG: lígulas, LGC: lígulas del collar; DC: diámetro del capítulo; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

2.4. Conclusiones

D. campanulata es una especie de porte alto con características ideales para planta de jardín, cuenta con gran potencial para aprovechar sus raíces para consumo en fresco o para elaboración de subproductos derivados de inulina

La selección de familias de medios hermanos bajo polinización libre mediante cruce intraespecífica fue determinante para observar los cambios presentados en cada ciclo evaluado en la especie *D. campanulata* y de acuerdo con los individuos obtenidos en el último ciclo, se puede seguir con el programa de mejoramiento genético en *D. campanulata*.

2.5. Literatura citada

- Carrasco-Ortiz, M., Munguía-Lino, G., Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Harker, M., & Rodríguez, A. (2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1354. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354>
- Garzón-Solís, C., Mejía-Muñoz, J. M., Trejo-Calzada, R., Gómez-Lorence, F., Espinosa-Flores, A., & Sánchez-Abarca, C. (2009). Fenología de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 18-24.
- Toneli, J. T. C. L., Murr, F. E. X., Martinelli, P., Fabbro Dal, I. M., & Park, J. K. (2007). Optimization of a physical concentration process for inulin. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 832-838. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.07.012>
- Montañez-Soto, J., Venegas-González, J., Vivar-Vera, M., & Ramos-Ramírez, E. (2011). Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Azul. *Bioagro*, 23(3), 199-206.
- Peña-Lomelí, A., Guerrero-Ramos, H., Rodríguez-Pérez, J. E., Sahagún-Castellanos, J., & Magaña-Lira, N. (2013). Selección temprana en familias de medios hermanos maternos de tomate de cáscara de la raza

- Puebla. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(1), 5-13.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.01.18>
- Saar, D. E., Sørensen, P. D., & Hjerting, J. P. (2003). *Dahlia campanulata* and *D. Cuspidata* (Asteraceae, Coreoideae): two new species from México. *Acta Botánica Mexicana*, 64: 19-24.
<https://doi.org/10.21829/abm64.2003.924>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. SADER (4 de agosto de 2020). *Dalia, flor que colorea México*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/dalia-flor-que-colorea-mexico#:~:text=En%20el%202019%20se%20produjo,la%20dalia%20para%20la%20alimentaci%C3%B3n>.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (2020). *Panorama agroalimentario 2020*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.
https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/paq/2020/Atlas-Agroalimentario-2020
- Sørensen, P. D. (1969). Revision of the genus *Dahlia* (Compositae, Heliantheae Coreoideae). *Rhodora*, 71, 367-416.
- Wilfret, G. J. (1987). The role of the plant breeder in the evaluation and breeding of new floricultural crops. *Acta Horticulturae*, 205, 13-19. DOI: [10.17660/ActaHortic.1987.205.3](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1987.205.3)

3. DALIA 'MIDELI' Y 'FELIZ AMANECER', NUEVAS VARIEDADES DE *Dahlia campanulata* Saar, P. D. Sørensen & Hjert PARA JARDÍN Y USO ALIMENTICIO

RESUMEN

Con el objetivo de generar al menos una variedad proveniente de la cruce intraespecífica de la especie *Dahlia campanulata*, se realizó la selección recurrente de familias de medios hermanos durante tres ciclos consecutivos, derivado de la importancia de la especie tanto para uso ornamental como alimenticio, tomando en cuenta descriptores varietales del capítulo (diámetro, número y forma de las lígulas), de las raíces tuberosas (rendimiento y número) y altura de planta, entre otros. Se logró la obtención de dos variedades con características distintivas denominadas 'Mideli' y 'Feliz amanecer', las cuales fueron reproducidas mediante clonación y evaluadas con el examen de distinción, homogeneidad y estabilidad. Ambas variedades son de porte alto, superando los 2 m de altura, 'Mideli' con capítulos de 10.64 cm y 8 lígulas en promedio, 'Feliz amanecer' con capítulos de 13.1 cm y 9 lígulas en promedio, además, presentaron raíces tuberosas de gran tamaño, siendo la variedad 'Mideli' la de mayor rendimiento ($3.73 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$) en comparación con 'Feliz amanecer' ($1.43 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$). De acuerdo con la descripción morfológica de las variedades obtenidas, éstas pueden considerarse con cualidades ornamentales, para uso en jardinería, así como alimenticio por sus altos rendimientos de raíces tuberosas, mismas que presentan atributos nutraceuticos por el contenido de inulina.

Palabras clave: Catalogo nacional de variedades vegetales, selección de familias de medios hermanos, raíces tuberosas, inulina

**DALIA MIDEI AND DALIA FELIZ AMANECER, NEW VARIETIES
OF *Dahlia campanulata* Saar, P. D. Sørensen & Hjert FOR
GARDEN AND FOOD USE**

ABSTRACT

With the objective to generate at least one variety resulting from the intraspecific cross of *Dahlia campanulata* species, recurrent selection of half-sib families was carried out during three consecutive cycles, derived from the importance of the species for both ornamental and food use, considering varietal descriptors of the head (diameter, number and shape of the ligules), of the tuberous roots (yield and number) and plant height, among others. After that two varieties were obtained with distinctive characteristics named 'Mideli' and 'Feliz amanecer' and were reproduced by cloning and evaluated with the analysis of the distinction, homogeneity and stability. Both varieties are growth habit tall, exceeding 2 m in height, 'Mideli' with heads of 10.64 cm and 8 ligules on average, 'Feliz amanecer' with heads of 13.1 cm and 9 ligules on average, both had large tuberous roots, the 'Mideli' variety being the one with the highest yield (3.73 kg·planta⁻¹) comparison with 'Feliz amanecer' (1.43 kg·planta⁻¹). According to the morphological description of the varieties obtained, they can be considered with ornamental qualities, for use in gardening, as well as for food due to their high yields of tuberous roots, which have nutraceutical attributes due to their inulin content.

Keywords: National catalog of plant varieties, selection of half-sib families, tuberous roots, inulin.

3.1. Introducción

La dalia es una planta ornamental popular en todo el mundo, originaria de México, donde su cultivo data desde tiempos prehispánicos, con los Mexicas como iniciadores de su proceso de domesticación, apreciada por su belleza ornamental. La dalia cultivada se ha extendido por casi todos los países del mundo; sin embargo, en México el conocimiento de su cultivo y mejoramiento ha sido poco desarrollado (Treviño de Castro et al., 2007). El 13 de mayo de 1963 el presidente Adolfo López Mateos emitió un decreto donde declara a la flor de dalia como símbolo de la floricultura nacional en todas sus especies y variedades (DOF, 1963).

El género *Dahlia* pertenece a la familia Asteraceae, cuenta con 39 especies, 33 endémicas de México (Villaseñor, 2018). Se distribuye en casi todos los estados con excepción Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán (Carrasco-Ortiz et al., 2019).

D. campanulata se encuentra en la sección Pseudodendron, es una especie descrita recientemente por Saar et al. (2003), cuya característica es la de presentar hábito de crecimiento arbustivo, con alturas superiores a los 2 metros, tiene hojas pinnadas a tripinnadas de aproximadamente 60 cm de longitud, capítulo pendulado con flores liguladas de más de 20 cm de diámetro cuando esta plana, raíces tuberosas fasciculadas, alargadas, engrosadas. Es endémica del estado de Oaxaca y se distribuye en las regiones neotropical y zona de transición mexicana, bajo condiciones de bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo, respectivamente (Saar et al., 2003; Garzón et al., 2009; Carrasco-Ortiz et al., 2019).

Estudios han reportado la composición química de las raíces tuberosas de *D. campanulata*: humedad (75.63 %), proteína cruda (5 %), grasa cruda (0.44 %), fibra cruda (2.88 %) e inulina (72.25 % en base seca), (Rivera-Espejel et al. (2019), donde resalta el contenido de inulina, respecto a otras especies analizadas. La inulina es un carbohidrato de almacenamiento de importancia

alimenticia y farmacéutica (Melanie et al., 2015). La dalia tiene diversos usos, tanto como ornamental y alimenticio, siendo este último el principal uso que se le dio al ser llevada a Europa, está presente en la gastronomía, al usar sus flores y raíces para preparar diversos platillos (Treviño de Castro et al., 2010), sus raíces tuberosas son una excelente materia prima para elaborar diferentes productos como mermelada, miel y destilados, etc.

La Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2002), establece que la variedad se define por medio de sus caracteres morfológicos, base sobre la que puede examinarse la variedad a los efectos de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. La distinción se establece cuando una variedad se distingue claramente por uno o varios caracteres importantes y que la variedad sea estable en sus caracteres esenciales. La homogeneidad se define cuando la variedad es lo suficientemente uniforme en sus caracteres pertinentes y se considerará estable si sus caracteres pertinentes se mantienen inalterados después de reproducciones o multiplicaciones sucesivas (UPOV, 2002). En este sentido, el objetivo principal fue la generación de al menos una variedad proveniente de la cruce intraespecífica de la especie *D. campanulata*, empleando el método de selección de familias de medios hermanos, derivado de su importancia como ornamental y alimenticia.

3.2. Materiales y métodos

El estudio se realizó, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, estado de México, México, donde predomina un clima templado semiseco con lluvias en verano, temperatura media anual de 16.4 °C, con una máxima de 25.1 °C y una mínima de 7.6 °C. En el año 2017 de una población de polinización abierta denominada FITODC de la especie *D. campanulata*, se seleccionaron 30 individuos denominados DCC17-1, DCC17-2, hasta DCC17-30, considerando principalmente descriptores varietales del capítulo (diámetro, número y forma de las lígulas), de las raíces tuberosas (rendimiento y número) y altura de planta entre otros, de estos genotipos se cosecharon las semillas y se

resguardaron por separado dando lugar a familias de medios hermanos 2017 (FMH2017).

En el año 2018 se sembraron 20 individuos de cada una de las 30 FMH2017 y se mantuvieron bajo polinización libre; posteriormente se realizó la evaluación y selección de 20 individuos uno por cada FMH2017, denominados DCC18-1, DCC18-2, hasta DCC18-20, tomando en cuenta como criterios de selección los descriptores varietales anteriores, finalmente se cosecharon las semillas de los individuos seleccionados, obteniendo FMH2018. En el año 2019 se sembraron 20 individuos por cada una de las 20 FMH2018, fase donde se realizó la selección de dos individuos, con base a sus características distintivas y sobresalientes comparados con los demás individuos de cada FMH2018, denominándose 'Mideli' y 'Feliz Amanecer', enseguida, se procedió a cosechar sus raíces tuberosas para su acondicionamiento, resguardo y posterior clonación. En el año 2020 dichos genotipos se clonaron, procedimiento que consistió en la división de raíces tuberosas, dejando una fracción de la corona en cada división, que es donde se forman los brotes adventicios, a partir de los cuales se tomaron esquejes que fueron enraizados y trasplantados al campo experimental. En la etapa de floración entre septiembre y octubre se realizó la descripción varietal de acuerdo a la guía técnica TG/226/1 de la UPOV (2006) y para el año 2021, se procedió a incrementar la población de la variedad por medio de clonación, igual que el año anterior.

3.3. Resultados y discusión

La variedad Mideli (Figura 16) se registró en el catálogo nacional de variedades vegetales y tiene el número de inscripción: DAL-019-240202. Es una planta de porte erecto, altura promedio de 2.16 m, tallo de color rojo amarronado, con hojas predominantemente bipinnadas de color verde medio, con una textura de la superficie poco rugosa y nervadura deprimida, la forma de los folíolos es elíptica, redondeada en la base, con un alto número de incisiones en los bordes, la característica distintiva de esta variedad es su capítulo, el cual es sencillo tipo margarita de porte descendente y posición moderadamente por encima del

follaje, con diámetro promedio de 10.64 cm, 8 lígulas y 115 flores tubulares en promedio, con un perfil en la sección transversal en el punto medio débilmente convexo, y en la sección transversal en un punto a tres cuartos de la base fuertemente convexa con bordes que se tocan, con una débil curvatura en el borde hacia afuera, con torsión moderada, su color purpura claro, con código 76-D de acuerdo la carta de colores Royal Horticultural Society, florete de disco de color amarillo, raíces tuberosas fasciculadas, las cuales son alargadas, engrosadas y de gran tamaño con un peso promedio de 3.73 kg/planta, valor superior a la población del ciclo 2018 y 2019, con 1.38 y 2.71 kg/planta, respectivamente. Asimismo, fue superior a sus medios hermanos del ciclo 2019 que tuvieron en promedio 2.6 kg/planta.



Figura 16. Capítulo de *D. campanulata*, variedad Mideli.

La variedad Feliz Amanecer (Figura 17) se encuentra en proceso de registro de título de obtentor hasta abril de 2022. Es una planta de porte erecto, altura promedio de 2.36 m, tallo de color verde teñido de rojo amarillado, con hojas predominantemente bipinnadas de color verde claro con una textura de la superficie poco rugosa y nervadura deprimida, la forma de los folíolos es elíptica, redondeada en la base, con un alto número de incisiones en los bordes, la característica distintiva de esta variedad es su capítulo, el cual es sencillo tipo margarita de porte descendente y posición muy por encima del follaje, con diámetro promedio de 13.1 cm, 9 lígulas y 185 flores tubulares en promedio, con un perfil en la sección transversal en el punto medio débilmente convexa, con

una débil curvatura en el borde hacia afuera, eje longitudinal curvado hacia abajo en tres cuartos zona distal, su color púrpura claro, con código 76-D de acuerdo carta de colores Royal Horticultural Society, florete de disco de color amarillo, raíces tuberosas fasciculadas, las cuales son alargadas, engrosadas y de gran tamaño con un peso promedio de 1.439 kg/planta, valor superior a la población del ciclo 2018 e inferior a 2019, con 1.38 y 2.71 kg/planta, respectivamente. Asimismo, fue inferior a sus medios hermanos del ciclo 2019 que tuvieron en promedio 1.99 kg/planta.



Figura 17. Capítulo de *D. campanulata*, variedad Feliz amanecer.

3.4. Conclusiones

El mejoramiento genético de cruces intraespecíficas de *Dalia campanulata*, la obtención de medios hermanos, así como el cultivo de sus descendientes durante el período 2017-2019, aunado a la propagación clonal de las raíces tuberosas de las plantas seleccionadas, fue exitosa para la obtención de la nueva variedad de *Dalia campanulata* 'Mideli' y 'Feliz amanecer'

3.5. Literatura citada

Carrasco-Ortiz, M., Munguía-Lino, G., Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Harker, M., & Rodríguez, A. (2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1354. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354>

Diario Oficial De La Federación (DOF) (1963).: *Decreto por el que se declara símbolo de la floricultura nacional la flor de la dalia en todas sus especies y variedades.* Secretaría de agricultura y ganadería https://www.dof.gob.mx/index_111.php?year=1963&month=05&day=13

Garzón-Solís, C., Mejía-Muñoz, J. M., Trejo-Calzada, R., Gómez-Lorence, F., Espinosa-Flores, A., & Sánchez-Abarca, C. (2009). Fenología de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 18-24

Melanie, H., Susilowati, A., Iskandar, Y. M., Lotulung, P. D., & Andayani, D. G. S. (2015) Characterization of inulin from local red dahlia (*Dahlia* sp. L) tubers by infrared spectroscopy. *Procedia Chemistry*, 16, 78-84, <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.027>

Rivera-Espejel, E. A., Cruz-Álvarez, O., Mejía-Muñoz, J. M., García-Mateos, M. R., Colinas-León, M. T., & Martínez-Damián, M. T. (2019). Physicochemical quality, antioxidant capacity and nutritional value in tuberous roots of some wild *Dahlia* species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 813-820. <https://doi.org/10.15835/nbha47311552>

Saar, D. E., Sørensen, P. D., & Hjerting, J. P. (2003). *Dahlia campanulata* and *D. Cuspidata* (Asteraceae, Coreoideae): two new species from México. *Acta Botánica Mexicana*, 64: 19-24. <https://doi.org/10.21829/abm64.2003.924>

Treviño de Castro, G., Martínez-Montes, M. T., Mejía-Muñoz, J. M., & Sosa-Montes, E. (2010). *Las dalias orgánicas en la gastronomía*. Universidad Autónoma Chapingo.

Treviño de Castro, G., Mera Ovando, L. M., Bye, B. R., Mejía-Muñoz, J. M., & Laguna-Cerda, A. (2007). *Historia de la dalia (acocoxóchitl), la flor nacional de México*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) (2002). *Introducción general al examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad y a la elaboración de descripciones armonizadas de las obtenciones vegetales*. https://www.upov.int/export/sites/upov/resource/es/tg_1_3.pdf

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) (2006). *Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad en Dahlia*. <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg226.pdf>

Villaseñor, J. L. (2018). Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96(2), 332-358. <https://doi.org/10.17129/botsci.1872>

4. EL FOTOPERIODO COMO MODULADOR DEL CRECIMIENTO EN

Dahlia campanulata Saar, P. D. Sørensen & Hjert

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento de la parte aérea y tuberización de plantas de *Dahlia campanulata* obtenidas por semilla. Las plantas fueron sometidas durante dos meses (con y sin ajuste de luz) a: fotoperiodo de día corto (FDC) (10 horas luz-14 horas oscuridad), fotoperiodo de día largo (FDL) (14 horas luz-10 horas oscuridad) y testigo (plantas a cielo abierto, 13 horas en promedio de luz natural). Las evaluaciones se realizaron cada 10 días, a partir de los 25 días de edad (5 repeticiones por tratamiento). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, longitud del primer nudo al ápice, diámetro del tallo, peso seco de hojas, número de hojas, nudos y brotes laterales, longitud de raíces (fibrosas y tuberosas), número y peso de raíces tuberosas y, diámetro y longitud de raíz tuberosa principal y lateral. Después de un ANDEVA completamente aleatorizado, se compararon las medias de los tratamientos (Tukey, $P < 0.05$). Las variables longitud del primer nudo al ápice (13.15 cm), número de hojas (41.2), número de brotes laterales (12) y peso seco de hojas (2.12 g) fueron mayores con FDL que con FDC. Comparado con FDL, el FDC produjo mayores valores de diámetro de las raíces tuberosas principal y lateral (1.22 y 1.67 cm, respectivamente), y longitud de la raíz tuberosa principal (1.97 cm). Mayoritariamente, las variables con ajuste de luz fueron iguales o mejores que las del tratamiento testigo (luz natural). En conclusión, el fotoperiodo afecta el crecimiento de *D. campanulata*. El FDL propicia un mejor crecimiento de la parte aérea, mientras que el FDC favorece el crecimiento de las raíces tuberosas que pueden ser usadas como alimento para humanos.

Palabras clave: Raíces tuberosas, tuberización, morfología, luz, oscuridad

PHOTOPERIOD AS MODULATOR OF GROWTH IN *Dahlia campanulata* Saar, P. D. Sørensen & Hjert

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of photoperiod on growth of the aerial part and tuberization of *Dahlia campanulata* plants obtained by seed. The plants were subjected over two months (with and without light adjustment) to: short day photoperiod (SDP) (10 hours light-14 hours dark), long day photoperiod (LDP) (14 hours light-10 hours dark) and control (field conditions, 13 hours natural light). Evaluations were carried out every 10 days, from 25 days of age (5 replicates per treatment). The variables assessed were: plant height, length from first node to apex, stem diameter, leaf dry weight, number of leaves, nodes and lateral buds, length of roots (fibrous and tuberous), number and weight of tuberous roots, and diameter and length of main and lateral tuberous roots. After a completely randomized ANOVA, the treatment means were compared (Tukey, $P < 0.05$). The variables length from first node to apex (13.15 cm), number of leaves (41.2), number of lateral buds (12) and leaf dry weight (2.12 g) were superior with LDP than with SDP. Compared with LDP, the SDP produced larger diameter values of main and lateral tuberous roots (1.22 and 1.67 cm, respectively), and highest length of the main tuberous root (1.97 cm). Most variables with adjusted light were similar to or better than those of the control treatment (natural light). In conclusion, photoperiod affects the growth of *D. campanulata*. The LDP favors a greater growth of aerial part, while the SDP favors the growth of tuberous roots which can be used as food for humans.

Key words: Tuberous roots, tuberization, morphology, light, dark.

4.1. Introducción

El género *Dahlia* perteneciente a la familia botánica Asteraceae, cuenta con 39 especies, 33 especies endémicas de México y 7 especies micro endémicas restringidas a algún estado de la república (Villaseñor, 2018).

D. campanulata es una especie perenne de 1.3 a 2.5 m de altura. Hojas pinnadas a tripinnadas de aproximadamente 60 cm de longitud, capítulo pendulado con flores liguladas de más de 20 cm de diámetro, de uno a tres tallos herbáceos huecos y erguidos, raíces tuberosas fasciculadas, las cuales son alargadas, engrosadas y de gran tamaño (Saar et al., 2003). Su semilla es un aquenio linear-oblancoado, comprimido y surcado, pudiendo obtener de un capítulo hasta 120 semillas en promedio (Garzón-Solís et al., 2009). Es endémica del estado de Oaxaca y se encuentra distribuida en las regiones neotropical y zona de transición mexicana, bajo condiciones de bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo, respectivamente (Carrasco-Ortiz et al., 2019).

La luz es importante para la fotosíntesis como fuente de energía. El manejo de la luz puede ser fundamental para enraizar esquejes, germinar semillas, cultivar plántulas o multiplicar brotes de plantas durante la propagación del cultivo de tejidos. La luz se puede manipular controlando la irradiación, la duración de la luz (duración del día, fotoperíodo) y la calidad de la luz (longitud de onda) (Davies et al., 2017).

Las plantas superiores se clasifican como de día largo, de día corto o de día neutro, según el efecto del fotoperíodo en el inicio del crecimiento reproductivo. Las plantas de día largo, que florecen principalmente en verano, lo harán cuando se iguale o supere el fotoperíodo crítico de luz; las plantas de día corto, como el crisantemo, florecen cuando no se supera el fotoperíodo crítico. El crecimiento reproductivo en plantas de día neutro, como las rosas, no se desencadena por el fotoperíodo (Davies et al., 2017).

El descubrimiento del fotoperiodismo por Garner y Allard demostró que el período de oscuridad, no el período de luz, es el más crítico para el inicio del crecimiento reproductivo, aunque los ciclos de luz se usan tradicionalmente para denotar el fotoperíodo de una planta. en la propagación, las semillas frescas recolectadas en el otoño de especies de plantas leñosas seleccionadas, como *Larix* (*Larix decidua*), necesitan condiciones de días largos para germinar. Los esquejes de dalia necesitan condiciones de días cortos para desencadenar la formación de raíces tuberosas (Davies et al., 2017).

En condiciones de días cortos a fines del otoño y principios del invierno, el fotoperíodo se puede extender mediante la iluminación con luces incandescentes o luces de descarga de alta intensidad. Por el contrario, en condiciones de días largos a fines de la primavera y el verano, el fotoperíodo se puede acortar cubriendo las plantas madre y los esquejes con tela negra o plástico que elimine la luz (Davies et al., 2017).

El fotoperíodo se puede manipular para retrasar la latencia de las yemas y extender el crecimiento acelerado de la planta. El fotoperíodo se puede utilizar no solo para mejorar la iniciación de las raíces, sino también para aumentar las reservas de carbohidratos de los esquejes caducifolios enraizados (revestimientos) para una mejor supervivencia en el invierno y un posterior crecimiento vigoroso en la primavera (Davies et al., 2017).

La duración del día o fotoperíodo afecta el desarrollo de las raíces tuberosas y la inducción floral en dalia (Zimmerman & Hitchcock, 1929). Al respecto, Moser & Hess, (1968), indicaron que, para la formación de raíces tuberosas, una duración crítica del día es de 11 a 12 horas, por lo que cuando la duración del día es más corta que este período crítico, la planta almacena energía en las raíces tuberosas, a expensas del crecimiento de los brotes. Sin embargo, Brondum & Heins (1993) observaron que el fotoperíodo tuvo una mayor influencia en el desarrollo vegetativo que en el reproductivo de *Dahlia pinnata* Cav. 'Royal Dahlietta Yellow' y observaron un aumento en el peso de las raíces tuberosas con fotoperíodos decrecientes (16 a 10 h). Las plantas de día corto

como la dalia se enfocan en gastar fotosintatos en la producción de órganos reproductivos, lo que resultará en una falta de: crecimiento y desarrollo de las partes vegetativas. El uso de lámparas led, de halógeno y la combinación de ambas aumenta los días a floración, y promueve un mayor crecimiento y una mayor biomasa (Mills-Ibibofori et al., 2019).

Actualmente no existen trabajos publicados respecto al estudio del fotoperiodo en especies de dalia, particularmente de *D. campanulata*, especie con gran potencial para la producción de raíces tuberosas, las especies de dalia representan un importante recurso fitogenético que constituyen la base genética para la conservación de la diversidad y el aprovechamiento del género *Dahlia*. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del fotoperiodo sobre el desarrollo de la parte aérea y la tuberización en *D. campanulata*.

4.2. Materiales y métodos

Se utilizaron plantas de *D. campanulata*, obtenidas a partir de semillas recolectadas por la red de Dalia del SINAREFI en el año 2005, en una superficie estimada en 2 km² al margen de la carretera Huajuapán de León a Villa de Tamazulapán del Progreso, en el kilómetro 35, así como al margen del río Mixteco en la rancharía de Río del Oro, Oaxaca.

A los 15 días posteriores a la germinación de la semilla, se realizó el trasplante de las plántulas en bolsas negras de 6 pulgadas y el experimento se llevó a cabo en los meses de julio y agosto de 2020, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo (latitud: 19°29'05" N, longitud: 98°53'11" W), durante el primer mes, la duración del día fue de 13 horas con 14 minutos, temperatura máxima 24.3 °C, media 17.5 °C y mínima 10.7 °C, mientras que en agosto el día fue de 12 horas con 49 minutos, temperatura máxima 24.5 °C, media 17.5 °C y mínima 10.5 °C (SMN, 2022).

Las plantas se sometieron a tres tratamientos (Figura 18). Fotoperiodo de día corto (FDC) con 10 horas de luz, de 8 a.m. a 6 p.m; Fotoperiodo de día largo (FDL) con 14 horas de luz, con interrupción, es decir, luz natural de 8 a.m. a 6 p.m., dos horas de oscuridad total y luz artificial de 8 p.m. a 12 a.m., utilizando un foco de 100 watts de luz incandescente y tratamiento Testigo (T) con 13 horas promedio con luz natural de día.

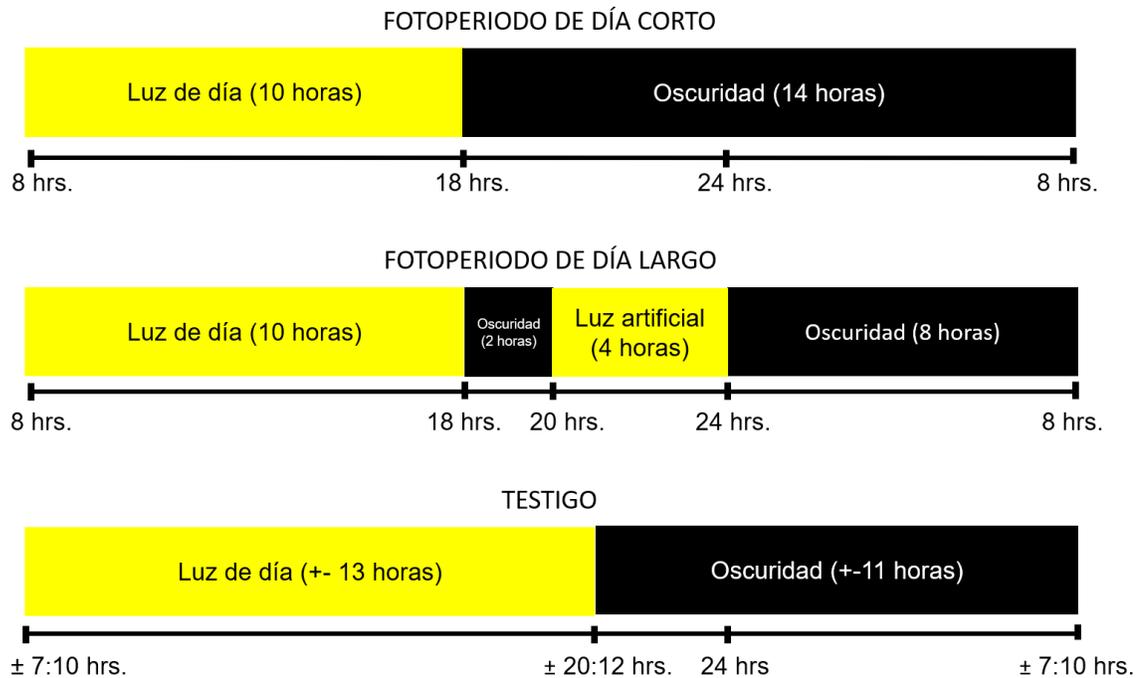


Figura 18. Tratamientos de fotoperiodo aplicados en plantas de *D. campanulata*.

La duración del experimento fue de dos meses, y las evaluaciones se realizaron en cinco plantas por tratamiento cada 10 días (a los 25, 35, 45, 55, 65 y 75 días de desarrollo de edad), tomando cada una como una repetición, realizando en total seis evaluaciones durante este periodo, considerando un total de 30 plantas por tratamiento. Para cada una de las evaluaciones se valoraron variables morfológicas de la parte aérea tales como: altura de planta, número de hojas (incluidas las hojas de los brotes laterales), longitud del primer nudo al ápice, número de nudos, número de brotes, diámetro del tallo, peso seco de hojas, longitud de raíz fibrosa, número de raíces tuberosas, diámetro y longitud de la raíz tuberosa principal y lateral.

Después de realizar un análisis de varianza completamente aleatorizado, las medias de los tratamientos se compararon usando la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Desarrollo de la parte aérea de *D. campanulata*

A los 75 días de edad, la altura de planta de los tratamientos testigo (19.32 cm) y FDL (17.62 cm) fue mayor en comparación con FDC (15.8 cm), valor que fue 18.22 % menor respecto al testigo (Figura 19A). La variable longitud del primer nudo al ápice (Cuadro 9), se hizo diferente a partir de los 35 días de edad, a los 65 y 75 días de edad fue mayor en el testigo, seguido por FDL y FDC. Con esta variable, como en el caso de la altura, a los 65 días de edad FDC produjo un valor 27.51 % menor que el testigo y 17.62 % menor que FDL. (Figura 20). Legnani & Miller (2000) observaron que plántulas de *Dahlia Sunny Rose*, cultivadas en días cortos alcanzaron su máxima altura a los 35 días de edad, mientras que las cultivadas en días largos continuaron creciendo. En este trabajo, después de ser iguales a los 45 días de edad, a los 55, 65 y 75 días de edad, el tratamiento FDC produjo menor altura de planta que los otros dos.

La variable número de hojas (Figura 19B) a los 55 y 65 días de edad fue mayor con el tratamiento FDL que con T y a los 75 días de edad FDL (41.2 hojas) superó ($p < 0.05$) a ambos tratamientos (siendo a esta edad 30.38 % mayor respecto al testigo: 31.6 hojas). Estudios con *Dahlia Sunny Rose* a los 35 días de edad no mostraron cambio sustancial en el número promedio de pares de hojas, pero mostraron una mayor área foliar con fotoperiodo largo que con corto. Para los 49 días de edad, las plantas con fotoperiodo largo tuvieron aproximadamente un par de hojas más y mostraron 55 % mayor área foliar que las de fotoperiodo corto (Legnani & Miller, 2000).

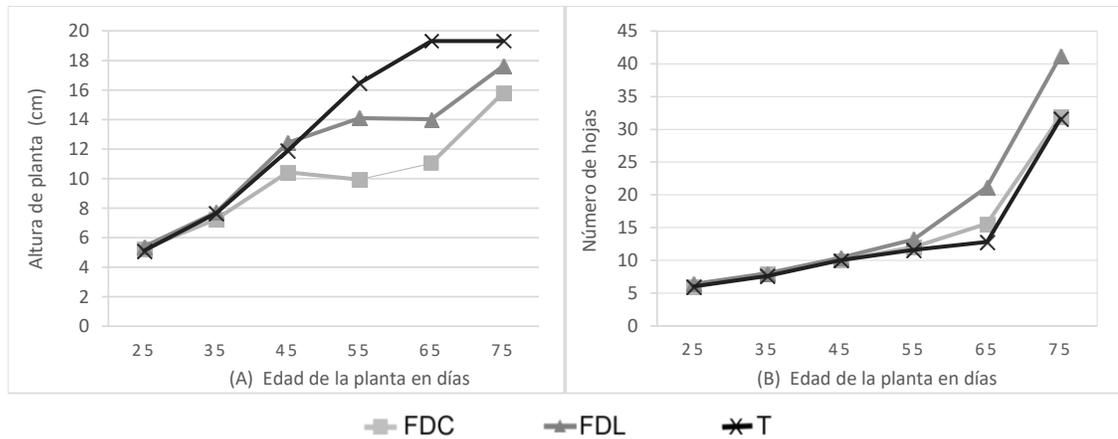


Figura 19. Efecto del fotoperiodo (FDC: fotoperiodo de día corto; FDL: fotoperiodo de día largo; T: testigo), en las variables altura de planta (A) y número de hojas (B), de 25 a 75 días de edad de *D. campanulata*.



Figura 20. Efecto del fotoperiodo sobre la altura de *D. campanulata*: Fotoperiodo de día corto (A), Fotoperiodo de día largo (B), Testigo (C).

Con la variable número de nudos se observaron diferencias a partir de los 55 días de edad, mismas que no se presentaron a los 75 días (Cuadro 9). A los 65 días FDL y FDC produjeron el mismo número de nudos, que fueron 8.1 y 18.9 % mayores que los producidos por el testigo. Según Brondum & Heins (1993), en *Dahlia pinnata* no hubo relación estadística significativa entre el fotoperiodo y el número de nudos, el cual fue influenciado principalmente por la temperatura.

Cuadro 9. Efecto del fotoperiodo (FDC: fotoperiodo de día corto; FDL: fotoperiodo de día largo; T: testigo), en las variables LPNA, NN, NBL, DT y PSH, de 25 a 75 días de edad de *D. campanulata*.

EDAD (días)	Fotoperiodo	Variables				
		LPNA (cm)	NN	NBL	DT (cm)	PSH (g)
25	FDC	2.64 a ^z	4.0 a	-	-	0.08 a
	FDL	2.50 a	4.0 a	-	-	0.09a
	T	2.3 a	4.2 a	-	-	0.13 a
	DMSH	1.002	0.4356			0.1355
35	FDC	3.70 b	5.0 a	-	0.36 a	0.17 a
	FDL	5.45 a	5.0 a	-	0.33 a	0.21 a
	T	4.15 ab	4.8 a	-	0.38 a	0.20 a
	DMSH	1.3818	0.4356		0.074	0.0778
45	FDC	5.62 b	6.0 a	-	0.38 a	0.30 a
	FDL	8.11 ab	6.2 a	-	0.41 a	0.41 a
	T	8.34 a	6.0 a	-	0.39 a	0.34 a
	DMSH	2.4944	0.4356		0.0614	0.1069
55	FDC	6.97 b	7.0 ab	-	0.51 a	0.42 b
	FDL	9.10 a	7.6 a	-	0.45 a	0.68 a
	T	10.57 a	6.8 b	-	0.48 a	0.70 a
	DMSH	2.4475	0.6888		0.2575	0.1593
65	FDC	8.93 c	8.8 a	-	0.37 b	0.72 b
	FDL	10.84 b	8.0 ab	-	0.48 a	1.29 a
	T	12.32 a	7.4 b	-	0.49 a	1.31 a
	DMSH	1.0518	0.9741		0.63	0.3933
75	FDC	11.90 c	9.4 a	7.2 b	0.51 b	0.87 b
	FDL	13.15 b	9.6 a	12 a	0.60 ab	2.12 a
	T	15.03 a	9.0 a	8 ab	0.64 a	1.7 a
	DMSH	1.1972	1.2322	4.2684	0.1011	0.5498

^z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$); LPNA: longitud del primer nudo al ápice; NN: número de nudos; NBL: número de brotes laterales; DT: diámetro del tallo; PSH: peso seco de hojas.

Los brotes laterales, se observaron hasta los primeros 75 días de edad (Cuadro 9 y Figura 21). El FDL produjo 66.7 % más brotes laterales que el FDC. Brondum & Heins (1993), observaron en *Dahlia pinnata* Cav. Royal Dahlietta Yellow que el número y la longitud de los brotes laterales aumentaron al pasar el fotoperíodo de 10 a 14 h. Durso & De Hertogh, (1977) observaron en *Dahlia variabilis* Willd, que el fotoperiodo corto inhibió la formación de brotes laterales. Estos resultados fueron similares a los del presente trabajo con *D. campanulata*, donde el FDL

presentó mayor número de brotes laterales, y de mayor tamaño que FDC (Figura 21).

A los 65 días se detectaron efectos en el diámetro de tallo. Los tratamientos FDL y T produjeron en promedio diámetros 31.1 % mayores que el FDC. A los 75 días solo T produjo un valor de diámetro de tallo 25.5 % superior al que produjo FDC (Cuadro 9). A esta edad, los valores producidos por FDC y FDL fueron estadísticamente iguales. Este mismo efecto fue observado en *Lupinus varius* (L.), donde el fotoperiodo de día largo presentó mayor diámetro del tallo respecto al de día corto (Karaguzel et al., 2005).

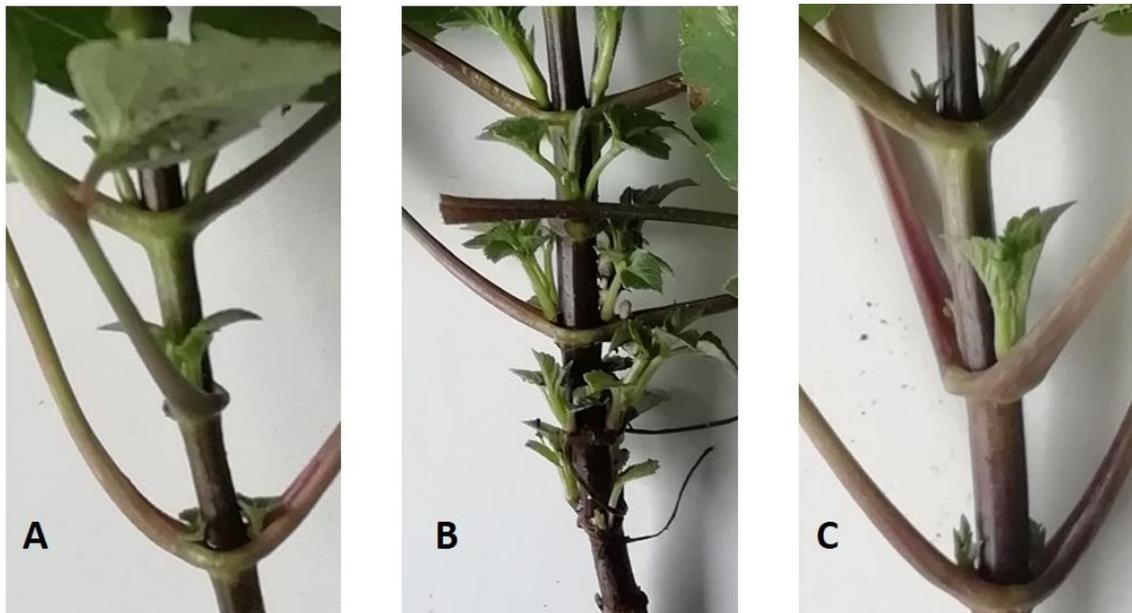


Figura 21. Efecto del fotoperiodo sobre el número de brotes laterales de *D. campanulata*: Fotoperiodo de día corto (A), Fotoperiodo de día largo (B), Testigo (C).

A los 65 días se detectaron efectos en el diámetro de tallo. Los tratamientos FDL y T produjeron en promedio diámetros 31.1 % mayores que el FDC. A los 75 días solo T produjo un valor de diámetro de tallo 25.5 % superior al que produjo FDC (Cuadro 9). A esta edad, los valores producidos por FDC y FDL fueron estadísticamente iguales. Este mismo efecto fue observado en *Lupinus varius* (L.), donde el fotoperiodo de día largo presentó mayor diámetro del tallo respecto al de día corto (Karaguzel et al., 2005).

La variable peso seco de hojas a los 50, 65 y 75 días de edad fue mayor con los tratamientos FDL y T que con FDC. A los 75 días el efecto de FDL fue 143.67 % mayor que el de FDC (Cuadro 9). Legnani & Miller (2000) observaron en peso seco de hojas que el efecto de fotoperiodo largo fue 167 % mayor que en corto a los 35 días de edad.

4.3.2. Desarrollo de la raíz de *D. campanulata*

En general, a los 35 y 45 días de edad, el diámetro de la raíz tuberosa principal fue mayor con FDC que con FDL, y a los 75 días fue 110.3 % mayor con FDC (1.22 cm) que con FDL (0.58 cm) (Figura 22A). El diámetro de la raíz lateral a los 65 días de edad fue 41.5 % mayor en las plantas con FDC (1.67 cm) que en aquellas con FDL (1.18 cm) (Figura 22B).

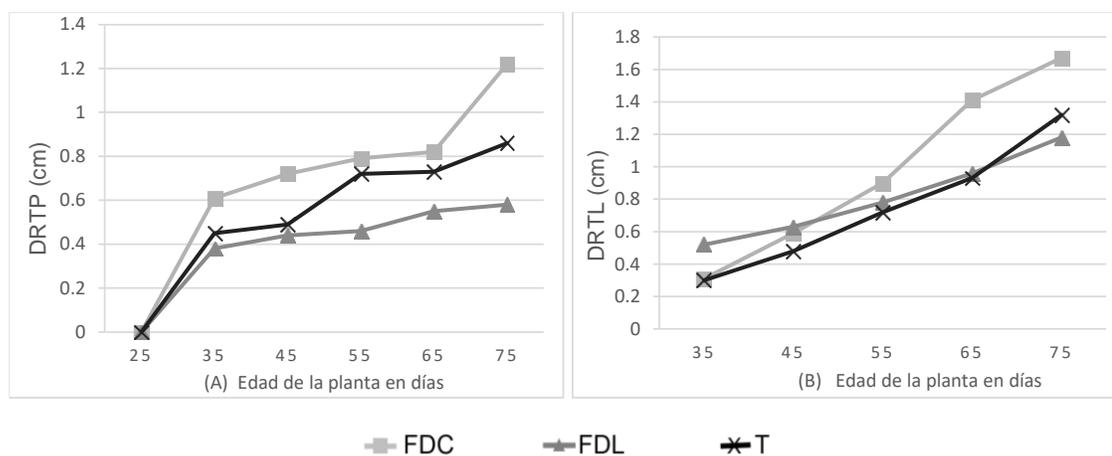


Figura 22. Efecto del fotoperiodo (FDC: Fotoperiodo de día corto; FDL: Fotoperiodo de día largo; T= Testigo), en las variables diámetro de la raíz tuberosa principal (DRTP) y diámetro de la raíz tuberosa lateral (DRTL), de 25 a 75 días de edad de *Dahlia campanulata*

Legnani & Miller (2000), observaron que las raíces tuberosas adventicias de dalia se originaron a partir de la base hinchada de los tallos a partir de los 35 días de edad. Estas raíces tuberosas fueron notablemente más grandes con fotoperiodo corto que con fotoperiodo largo. A los 49 días, las plantas con fotoperiodo corto desarrollaron raíces tuberosas grandes y redondas, mientras que en fotoperiodo largo produjeron delgadas y alargadas. Resultados similares se observaron en

D. campanulata que desarrolló raíces tuberosas laterales de mayor diámetro y más cortas en tratamiento (Figura 22B) con FDC (Figura 22A; Cuadro 10) que con FDL.

Cuadro 10. Efecto del fotoperiodo (FDC: fotoperiodo de día corto; FDL: fotoperiodo de día largo; T: testigo), en las variables LRFT, NRT, LRTP, LRTL y PSRFT, de 25 a 75 días de edad de *D. campanulata*.

EDAD (días)	Fotoperiodo	Variables				
		LRFT (cm)	NRT	LRTP (cm)	LRTL (cm)	PSRFT (g)
25	FDC	8.54 a ^z	-	-	-	0.045 a
	FDL	8.78 a	-	-	-	0.13 a
	T	6.76 a	-	-	-	0.037 a
	DMSH	2.6647				0.1826
35	FDC	7.46 a	2.8 a	2.19 a	5.05 a	0.15 a
	FDL	7.74a	2.2 a	1.12 a	4.89 a	0.15 a
	T	7.30 a	2.4 a	1.28 a	4.96 a	0.11 a
	DMSH	3.5923	1.2701	1.4691	2.0501	0.0699
45	FDC	7.72 a	3.8 a	1.75 a	5.45 a	0.63 a
	FDL	7.60 a	3.0 ab	1.16 a	4.83 a	0.53 a
	T	7.60 a	2.6 b	1.32 a	4.67 a	0.28 a
	DMSH	1.8306	1.1931	0.774	0.813	0.4984
55	FDC	16.34 a	3.4 a	1.52 a	5.03 a	0.92 a
	FDL	18.10 a	3.2 a	1.29 a	4.64 a	1.08 a
	T	15.52 a	3.2 a	1.45 a	5.18 a	0.90 a
	DMSH	6.0067	1.2701	0.3435	2.7366	0.3484
65	FDC	14.06 b	3.4 a	1.48 a	4.21 b	2.11 a
	FDL	24.72 a	4.4 a	1.40 a	6.55 a	2.11 a
	T	17.10 b	4.4 a	1.57 a	3.94 b	1.57 a
	DMSH	4.8295	1.6589	0.3233	2.096	0.7226
75	FDC	11.46 b	3.4 b	1.97 a	4.07 b	3.07 a
	FDL	22.98 a	4.8 a	1.54 b	6.53 a	2.87 a
	T	12.87 b	4.2 ab	1.65 ab	5.72 ab	3.48 a
	DMSH	5.1089	1.0671	0.4225	2.0645	0.6669

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$); FDL: fotoperiodo de día largo; FDC: fotoperiodo de día corto; T: testigo; LRFT: longitud de raíces fibrosas y tuberosas; NRT: número de raíces; LRTP: longitud raíz tuberosa principal; LRTL: Longitud raíz tuberosa lateral; PSRFT: peso seco de raíces fibrosas y tuberosas.

Un comportamiento similar se observó en la variable longitud de la raíz tuberosa principal a los 75 días de edad (Cuadro 10), el tratamiento de FDC produjo mayor valor de esta variable, siendo estadísticamente igual al testigo y 27.9 % mayor al tratamiento de FDL. Sin embargo, la longitud de la raíz tuberosa lateral a los 75 días de edad fue 60.4 % mayor con FDL que con FDC (Cuadro 10), y

similarmente, en la variable longitud de las raíces fibrosas y tuberosas (Cuadro 10; Figura 23) a los 75 días de edad, las plantas con FDL mostraron 100.5 % más longitud que aquellas con FDC. Resultados similares de Legnani & Miller (2000), donde las plantas cultivadas en días largos tuvieron un sistema radicular fibroso más extenso

Por otra parte, a los 75 días de edad (Cuadro 10), el número de raíces tuberosas fue 41.2 % mayor con FDL que con FDC. El peso seco de las raíces fibrosas y tuberosas, no se afectó por causa del fotoperiodo (Cuadro 10). En este trabajo no se midió el peso seco de las raíces tuberosas, pero comparando las figuras 23A y 23B se puede ver que las raíces fibrosas son muy abundantes con FDL. Esto coincide con los resultados de Legnani & Miller (2000), quienes encontraron que el peso seco de las raíces fibrosas fue dos veces mayor con fotoperiodo de día largo respecto al fotoperiodo de día corto. Por tanto, en el presente trabajo la proporción de raíces tuberosas fue mayor en las plantas con FDC que en aquellas con FDL (Figura 23).



Figura 23. Raíces tuberosas y fibrosas formadas en diferentes tratamientos de fotoperiodo: Fotoperiodo corto (A), Fotoperiodo largo (B), Testigo (C). Aunque los pesos de las raíces totales son estadísticamente iguales, el tamaño y el peso de la raíz tuberosas de A y de C son mayores que los de B.

Moser & Hess (1968), opinaron que las plantas deben mantenerse continuamente en días cortos para el máximo desarrollo de la raíz, determinando que hay poca tuberización en plantas cultivadas bajo fotoperiodos de día largo

(12 horas o más). Observaron que el peso de raíces tuberosas se triplica en plantas Expuestas a días cortos (11 horas o menos) con respecto a plantas expuestas a días largos.

El crecimiento de las plantas está regulado por varios factores, incluidos los estímulos ambientales como la luz, la temperatura y el nivel de fitohormonas endógenas (Raigond et al., 2019). Las plantas cuentan con capacidad para regular su crecimiento, tanto por su propia genética como en respuesta a las señales ambientales (Porta & Jiménez-Nopala, 2019). Además, el crecimiento y desarrollo de las plantas está regulado por la interacción de estos factores (Raigond et al., 2019). Varias hormonas están presentes, incluidas auxina, citocinina, giberelina y ácido abscísico (Kumari & Panigri, 2019).

Satoshi et al. (2019) mencionaron que la etiolación y alargamiento del tallo disminuyen debido a que la irradiación de luz, promueve la degradación del ácido giberélico (Satoshi et al., 2019; Chengzhang Wang et al., 2008).

Moser & Hess (1968) concluyeron que las plantas cultivadas durante días largos, tienen altos niveles de giberelinas endógenas y bajos niveles de inhibidores, dando como resultado un crecimiento activo de la parte aérea y cuando se inhibe el proceso de tuberización, los metabolitos se translocan a los brotes en crecimiento. Raigond et al. (2019) también observaron que la concentración de ácido giberélico se correlacionó positivamente con variables morfológicas vegetativas como longitud de brotes y distancia entre nudos.

Resumiendo, en comparación con el FDL, el FDC disminuyó las siguientes variables: altura de planta, longitud del primer nudo al ápice, número de hojas, número de nudos, número de brotes laterales, diámetro del tallo y peso seco de hojas (Figura 19, Figura 20, Figura 21, Cuadro 9). Además, el FDC aumentó las siguientes variables: longitud de raíz tuberosa principal y diámetro de raíz tuberosa principal y lateral (Figura 22, Cuadro 10, Figura 23). El FDC también disminuyó la longitud de raíces fibrosas y tuberosas (Cuadro 10), ya que disminuyó principalmente la cantidad de raíces fibrosas (Figura 23). Estos

resultados coinciden con los de Moser & Hess (1968) quienes indicaron que la respuesta de la parte aérea es opuesta a la de la raíz, el fotoperiodo que promueve el crecimiento de la parte aérea, inhibe el de la raíz.

4.4. Conclusiones

El fotoperiodo corto disminuye el tamaño y peso de la parte aérea, contrariamente aumenta el tamaño y peso de la raíz tuberosa de *D. campanulata*.

El fotoperiodo puede usarse para modular el crecimiento de *D. campanulata*, y así obtener plantas con raíces tuberosas grandes con alto rendimiento en campo para uso alimenticio o plantas de bajo porte, de maceta o arbustivas para uso ornamental.

4.5. Literatura citada

- Brondum, J., & Heins, R. D. (1993) Modeling temperature and photoperiod effects on growth and development of *Dahlia*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(1), 36-42.
<https://doi.org/10.21273/JASHS.118.1.36>
- Carrasco-Ortiz, M., Munguía-Lino, G., Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Harker, M., & Rodríguez, A. (2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1354.
<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354>
- Davies, F., Ginebra, R., Wilson, S., Hartmann, H., & Kester, D. (2017). *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices (What's New in Trades & Technology)*. Pearson.
- Durso, M., & De Hertogh, A. A. (1977). The influence of greenhouse environmental factors on forcing *Dahlia variabilis* Willd. *Journal American Society Horticultural Science*, 102, 314-317.
- Garzón-Solís, C., Mejía-Muñoz, J. M., Trejo-Calzada, R., Gómez-Lorence, F., Espinosa-Flores, A., & Sánchez-Abarca, C. (2009). Fenología de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 18-24.
- Karaguzel, O., Baktirb, I., Cakmakcic, S., Ortacesmea, V., Aydinogluc, B., & Atik, M. (2005). Responses of native (*Lupinus varius* L.) to culture conditions: effects of photoperiod and sowing time on growth and flowering characteristics. *Scientia Horticulturae*, 103(3), 339-349.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.017>

- Kumari, S., & Panigrahi, K. C. S. (2019). Light and auxin signaling cross-talk programme root development in plants. *Journal of Biosciences* 44(26), 3-15. <https://doi.org/10.1007/s12038-018-9838-2>
- Legnani, G., & Miller, W. B. (2000). Night interruption lighting is beneficial in the production of plugs of *Dahlia* 'Sunny Rose'. *HortScience*, 35(7),1244–1246, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.357.1244>
- Matsuo, S., Nanya, K., Imanishi, S., Honda, I., & Goto, E. (2019) Effects of blue and red lights on gibberellin metabolism in tomato seedlings. *The Horticulture Journal*, 88(1): 76-82. <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-005>
- Mills-Ibibofori, T., Dunn, B. L, Maness, N., & Payton, M. (2019). Effect of led lighting and gibberellic acid supplementation on potted ornamentals. *Horticultrae*, 5(3), 51. <https://doi.org/10.3390/horticultrae5030051>
- Moser, B. C., & Hess, C. E. (1968). The physiology of tuberous root development in *Dahlia*. *American Society for Horticultural Science*, 93, 595-603.
- Porta, H., & Jiménez-Nopala, G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22, 1-11.
- Raigond, P., Buckseth, T., Singh, B., Kaundal, B., Singh, R. K., & Singh, B. P. (2019). Influence of photoperiod and EDTA salts on endogenous gibberellic acid concentration of tissue culture grown potato microplants. *Agricultural Research*, 8, 176–183. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0364-0>
- Saar, D. E., Sørensen, P. D., & Hjerting, J. P. (2003). *Dahlia campanulata* and *D. Cuspidata* (Asteraceae, Coreoipsidae): two new species from México. *Acta Botánica Mexicana*, 64: 19-24. <https://doi.org/10.21829/abm64.2003.924>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (febrero 2022) *Normales climatológicas por estado*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex>
- Villaseñor, J. L. (2018). Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96(2), 332-358. <https://doi.org/10.17129/botsci.1872>
- Wang, C., Ma, B. L., Han, J., Wang, Y., Gao, Y., Hu, X., & Zhang, C. (2008). Photoperiod effect on phytochrome and abscisic acid in alfalfa varieties differing in fall dormancy. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7), 1257-1269. <https://doi.org/10.1080/01904160802135027>
- Zimmerman, P. W., & Hitchcock. A. E. (1929) Root formation and flowering of *Dahlia* cuttings when subjected to different day lengths. *Botanicaal Gazette*, 87(1),1-13. <https://doi.org/10.1086/333921>

CONCLUSIONES GENERALES

El mejoramiento genético de *D. campanulata* a partir de cruzas intraespecíficas bajo polinización libre mediante la selección recurrente de familias de medios hermanos, fue determinante en los cambios presentados en las poblaciones establecidas de dicha especie, logrando con ello la obtención de las variedades Mideli y Feliz amanecer con cualidades ornamentales y nutraceuticas.

El fotoperiodo corto en la especie *D. campanulata*, incide en el crecimiento y desarrollo de la parte aérea y las raíces tuberosas de *D. campanulata*. Lo cual, es útil para incrementar el rendimiento de raíces o para obtener plantas de bajo porte, para uso en maceta o arbustivas

D. campanulata tiene potencial debido a sus características morfológicas tales como el porte alto ideal para ser considerada como planta de jardín, ya sea de manera individual o como un elemento en la arquitectura de paisaje. Así mismo, cuenta con gran potencial para el aprovechamiento de sus raíces tuberosas por sus altos rendimientos, para la obtención de inulina y derivados como jarabes, fermentados y destilados.