



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL

**DESARROLLO FLORAL DEL CACTO DE NAVIDAD
(*Schlumbergera truncata*) Y DESHIDRATACIÓN DE SUS
FLORES**

ANA PATRICIA MARTÍNEZ AISPURO

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO.

2007

La presente tesis titulada: **“Desarrollo floral del Cacto de Navidad (*Schlumbergera truncata*) y deshidratación de sus flores”**, realizada por la alumna: **Ana Patricia Martínez Aispuro**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL**

CONSEJO PARTICULAR:

Consejero

Dr. Manuel Livera Muñoz

Asesor

Dra. Ma. Antonieta Goytia Jiménez

Asesor

Dr. Víctor Arturo González Hernández

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados y principalmente al área de Fisiología Vegetal, por la oportunidad para lograr mi superación profesional.

Al Dr. Manuel Livera Muñoz por sus enseñanzas, orientación, apoyo y confianza durante la dirección de esta investigación.

A la Dra. Ma. Antonieta Goytia Jiménez por su amistad, su apoyo y sugerencias en la realización de este trabajo.

Al Dr. Víctor Antonio González Hernández por su apoyo y por hacer las correcciones pertinentes, sin las cuales este trabajo no tendría la misma calidad.

Al M.C. Alejandro Corona Ambríz por su valiosa colaboración.

A las personas que han manifestado interés en esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes siempre me han brindado su apoyo, cariño y confianza para lograr mi superación personal y profesional.

A mis hermanos, quienes siempre han creído en mí y me han apoyado en todas las circunstancias.

CONTENIDO

Pág.			
	ÍNDICE		DE
	CUADROS.....iv		
	ÍNDICE		DE
	FIGURAS.....v		
	RESUMÉN.....		
	vii		
	SUMMARY.....		
	viii		
	1.		
	INTRODUCCIÓN.....1		
	2.		
	HIPÓTESIS.....2		
	3.	REVISIÓN	DE
	LITERATURA.....3		
	3.1.	Importancia	de las
	cactáceas.....3		
	3.1.1.	Características	de las
	cactáceas.....3		
	3.1.1.1.		
	Tallo.....3		
	3.1.1.2.		
	Hojas.....4		
	3.1.1.3.		
	Flores.....4		
	3.1.2.	Clasificación botánica de <i>S. truncata</i>	(Worth)
	Moran.....5		
	3.1.3.	Descripción y distribución geográfica de <i>Schlumbergera</i>	
5		
	3.1.4.	Cultivo y propagación de <i>S. truncata</i>	(Worth)
	Moran.....6		
	3.1.4.1.		
	Propagación.....6		
	3.1.4.1.1.	Propagación	por
	semilla.....6		
	3.1.4.1.2.	Propagación	por
	esqueje.....6		
	3.1.4.2.		Cultivo
6		
	3.1.4.2.1.		
	Luz.....6		
	3.1.4.2.2.		
	Temperatura.....6		
	3.1.4.2.3.		
	Sustratos.....7		

3.1.4.2.4.								
Riego.....								7
3.1.4.2.5.								
Fertilización.....								7
3.1.4.2.6.								
flores.....			Caída					7
3.1.4.2.7.								
enfermedades.....			Plagas					8
3.1.5.								
cactáceas.....	Importancia		ornamental				de	las
3.1.5.1.								
Moran.....	Importancia	ornamental	de	<i>S. truncata</i>	(Worth)			9
3.2.								
floral.....							Desarrollo	9
3.2.1.								
Fenología.....								10
3.2.1.1.								
Temperatura.....								11
3.2.1.2.								
(GDD).....	Grados	Día	de				Desarrollo	12
3.3.								
flores.....			Secado				de	12
3.3.1.								
estética.....	Características	físicas	de	las	flores	secas	de	calidad
3.3.1.1.								
Flexibilidad.....								13
3.3.1.2.								
Firmeza.....								13
3.3.1.3.								
Forma.....								13
3.3.1.4.								
Color.....								13
3.3.1.5.								
Textura.....								14
3.3.2.								
flores.....	Métodos		de		secado		de	14
3.3.2.1.								
aire.....			Secado				al	14
3.3.2.1.1.								
tallos).....	Colgados		(Polaridad	invertida	de		los	14
3.3.2.1.2.								
plano.....			Secado				en	15
3.3.2.1.3.								
seco.....	De	pie,		húmedo			o	15
3.3.2.2.								
glicerina.....			Secado				con	15

3.3.2.3.	Secado de flores con agentes	
desecantes.....	16	
3.3.2.3.1.	Harina de	
maíz.....	16	
3.3.2.3.2.	Harina de	
arroz.....	17	
3.3.2.3.3.		
Bórax.....	17	
3.3.2.3.4.		
Detergente.....	17	
3.3.2.3.5.		Arena
.....	17	
3.3.2.3.6.		Sílica
gel.....	18	
3.3.2.4.	Secado en	
cámaras.....	18	
3.3.2.5.		
Liofilizado.....	18	
4.	MATERIALES	Y
METODOS.....	20	
4.1.		Sitio
experimental.....	20	
4.2.		Material
vegetal.....	20	
4.3.		Etapas
fenológicas.....	20	
4.3.1.	Diseño experimental para el desarrollo	
floral.....	21	
4.4.	Técnicas de	
secado.....	21	
4.4.1.		Tratamientos
desecantes.....	21	
4.4.2.	Diseño experimental para los tratamientos de	
secado.....	22	
4.4.3.		Variables
evaluadas.....	22	
4.4.3.1.		Variables
cualitativas.....	22	
4.4.3.1.1.		
Flexibilidad.....	22	
4.4.3.1.2.		
Forma.....	22	
4.4.3.1.3.		
Firmeza.....	23	
4.4.3.1.4.		
Color.....	23	

4.4.3.1.5.						
Textura.....						23
4.4.3.1.6.	Escalas	de	medición	de	las	variables
cualitativas.....						23
4.4.3.2.						Variable
cuantitativa.....						23
4.4.3.2.1.	Porcentaje	de	pérdida	de	peso	(%
PP).....						23
4.4.4.						Análisis
estadístico.....						24
4.4.5.	Evaluación	de	tratamientos	(Índice		de
calidad).....						24
4.4.6.			Tratamientos			de
preservación.....						24
5.						
RESULTADOS.....						2
6						
5.1.	Desarrollo	floral	del	Cacto		de
Navidad.....						26
5.1.1.	Días de desarrollo en dos ambientes (Invernadero e interior de una casa).....26					
5.1.2.	Grados día de desarrollo en dos ambientes (Invernadero e interior de una casa)...26					
5.2.	Deshidratación	de	flores	del	Cacto	de
Navidad.....						29
5.2.1.	Efecto	de	los	tratamientos		de
secado.....						29
5.2.1.1.						
Flexibilidad.....						30
5.2.1.2.						
Firmeza.....						31
5.2.1.3.						
Forma.....						32
5.2.1.4.						
Color.....						33
5.2.1.5.						
Textura.....						34
5.2.1.6.	Porcentaje de pérdida de					
peso.....						35
5.2.2.	Evaluación de la calidad de las flores deshidratadas del Cacto de					
Navidad.....						37
5.2.3.			Tratamientos			de
preservación.....						37

6.	DISCUSIÓN.....	3
9		
6.1.	Desarrollo floral del Cacto de Navidad.....	39
6.2.	Deshidratación de flores del Cacto de Navidad.....	40
7.	CONCLUSIONES.....	4
3		
7.1.	Desarrollo floral del Cacto de Navidad.....	43
7.2.	Deshidratación de flores del Cacto de Navidad.....	43
8.	LITERATURA CITADA.....	44
9.	ANEXOS.....	4
9		

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos de secado evaluados en la deshidratación de flores de Cacto de Navidad.....	22
Cuadro 2. Escala de medición de variables cualitativas (Cruz, 1998; Pérez, 1996).....	23
Cuadro 3. Índice de calidad para flor deshidratada de calidad comercial (Martínez <i>et al.</i> , 2005).....	25
Cuadro 4. Efecto en la deshidratación de flores del Cacto de Navidad, con tres desecantes [mezcla de harina de maíz- detergente (H-D), harina de arroz (HA) y sílica gel (SG)] y tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días de secado con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG).....	29
Cuadro 5. Evaluación del efecto de los tratamientos de secado en la calidad de las flores deshidratadas del Cacto de Navidad.....	37
Cuadro 1A. ANOVA para las etapas fenológicas evaluadas (etapa 1, etapa 2, etapa 3, etapa 4, etapa5, etapa 6, etapa 7a, etapa 7b, etapa 7c, antesis 7d, etapa 8a y etapa 8b) en el tiempo (días) de desarrollo floral del Cacto de Navidad.....	49
Cuadro 2A. ANOVA para las etapas fenológicas evaluadas (etapa 1, etapa 2, etapa 3, etapa 4, etapa5, etapa 6, etapa 7a, etapa 7b, etapa 7c, antesis 7d, etapa 8a y etapa 8b) en los grados día de desarrollo (GDD) acumulados en el de desarrollo floral del Cacto de Navidad.....	49

Cuadro 3A. Efecto de dos ambientes (Invernadero e interior de una casa) en el tiempo (Días) necesario para alcanzar las etapas de desarrollo floral de Cacto de Navidad.....50

Cuadro 4A. Efecto de dos ambientes (Invernadero e interior de una casa) en la acumulación de grados día de desarrollo (GDD) de las etapas de desarrollo floral de Cacto de Navidad.....50

Cuadro 5A. Prueba de Kruskal-Wallis para las variables evaluadas (flexibilidad, firmeza, forma, textura y color) en la deshidratación del Cacto de Navidad.....51

Cuadro 6A. ANOVA con rangos ajustados con la prueba Kruskal- Wallis para las variables cualitativas evaluadas (flexibilidad, firmeza, forma, color y textura) y con datos transformados para la variable porcentaje de pérdida de peso, en la deshidratación del Cacto de Navidad.....51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El desarrollo de las flores del Cacto de Navidad es acrópeto y consta de ocho etapas. a) Etapa 1, yema de 2 mm al inicio de la evaluación. b) Etapa 2 aparición del primer verticilo floral (v_1) en donde se observa un pequeño tépalo (tsc) que no mostró crecimiento durante el desarrollo floral. c) Etapa 3 aparición del segundo verticilo floral (v_2). d) Etapa 4 aparición del tercer verticilo floral (v_3). e) Etapa 5 aparición del cuarto verticilo floral (v_4). f) Etapa 6 aparición del quinto verticilo (v_5). g) Etapa 7a inicio de la apertura de la flor, extensión del primer, segundo y tercer verticilo. h) Etapa 7b extensión del cuarto y quinto verticilo. i) Etapa 7c apertura total de los tépalos. j) Etapa 7d final de apertura de la flor (antesis). k) Inicio de la pérdida de turgencia de la flor (etapa 8a).....27

Figura 2. Efecto de dos ambientes (invernadero e interior de una casa) en los días desarrollo fenológico de las flores del Cacto de Navidad. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....28

Figura 3. Efecto de dos ambientes (invernadero e interior de una casa) en los GDD (grados día de desarrollo) en el desarrollo fenológico de las flores del Cacto de Navidad. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....28

Figura 4. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la flexibilidad. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....30

Figura 5. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la firmeza. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....31

Figura 6. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la forma. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....32

Figura 7. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la color. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....33

Figura 8. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la textura. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....34

Figura 9. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en el porcentaje de pérdida de peso. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05).....35

Figura 10. Deshidratación de flores del Cacto de Navidad. a) Características de la flor en fresco. b) Tratamiento con SG. c) Tratamiento con H-D. d) Tratamiento con HA. e) Flor

deshidratada que conserva características estéticas de la flor natural. f) Flor sin flexibilidad y de tépalos quebradiza. g) Flor deforme por la pérdida de firmeza de las estructuras de la flor. h) Flor decolorada durante el proceso de secado. i) Manchado de los tépalos de la flor. j) Flor que presenta en la superficie de los tépalos pequeñas rugosidades y protuberancias. k) Flor con tépalos de textura lisa.....36

Figura 11. Tratamientos posteriores al secado, con recubrimientos para proteger las flores de la humedad ambiental. a) Tratamiento con porcelanizador. b) Tratamiento con aplicación de laca. c) Tratamiento con fijador de pétalos (Petal Proofer™). d) Tratamiento con aplicación de sellador de pétalos (Clear Life™).....38

RESUMEN

Schlumbergera truncata (Worth) Moran, es una cactácea epífita originaria de Brazil, donde se le conoce como flor de Mayo y que debido a la belleza de su flor cigomorfa es

ampliamente utilizada como planta ornamental de maceta en Estados Unidos de Norteamérica y de países de Europa y Asia, donde se le conoce como Cacto de Navidad. En México es poco conocida, pero se considera que tiene amplias perspectivas en la horticultura ornamental del país. Esta investigación tuvo los siguientes objetivos: 1) caracterizar el desarrollo de las yemas florales, 2) determinar la relación entre este desarrollo y la temperatura del aire, 3) deshidratar la flor con el objetivo de prolongar su uso ornamental conservando su forma y color entre otras características, y 4) proteger las flores deshidratadas para evitar su rehidratación y deterioro. Para los primeros dos objetivos se estableció un experimento en un ambiente de invernadero y otro en el interior de una casa habitación, con plantas de 30 meses de edad obtenidas por reproducción vegetativa a través de esquejes de un clon con flor blanca, creciendo en macetas de 10 cm de diámetro con sustrato de tezontle y suelo en una proporción 1:1. Se aplicaron riegos semanales con una solución nutritiva de 19N-19P-19K más microelementos para el crecimiento vegetativo y 25N-5P-30K más microelementos para el reproductivo. Se usó un diseño completamente al azar con veinte repeticiones y una flor por repetición. Para caracterizar el desarrollo floral se establecieron ocho etapas, y se registró el número de días y los grados día de desarrollo (GDD) para alcanzar cada etapa una de ellas utilizando para cada caso un método residual para su cálculo y una temperatura base de 10° C. Para el tercer objetivo se utilizaron tres materiales para deshidratar las flores: silica gel, harina de arroz y una mezcla 1:1 v/v de harina de maíz y detergente en polvo, utilizando tres tiempos de secado (3, 6 y 9 días para la silica gel, y 8, 16 y 24 días para la harina de arroz y la mezcla), resultando nueve tratamientos. Para el proceso de secado se utilizaron flores abiertas. El diseño experimental fue un completamente al azar con quince repeticiones por tratamiento y una flor por repetición. Las variables evaluadas fueron: flexibilidad, firmeza, forma, color, textura y porcentaje de pérdida de peso. Después del secado se aplicaron cuatro tratamientos de recubrimiento: laca, porcelanizador, sellador de pétalos y fijador de pétalos, para evitar el deterioro causado por la humedad.

En el invernadero el desarrollo de las flores fue más rápido (45 días) que en el interior de la casa habitación (55 días), y en ambos ambientes se requirieron 552 y 560 GDD para llegar a la apertura floral. Los mejores tratamientos para la deshidratación de las flores fueron silica gel aplicado durante seis días y harina de arroz y la mezcla por 24 días, ya que ambos preservaron las flores con excelente calidad estética. Los mejores tratamientos de preservación fue el recubrimiento de las flores con sellador de pétalos y fijador de pétalos.

Palabras clave: *Schlumbergera truncata*, grados día de desarrollo, deshidratación de la flor, preservación de la flor.

SUMMARY

Schlumbergera truncata (Worth) Moran, is an epiphytic Cacto from Brazil where it is known as Flower of May and because of its beautiful zigomorphic flower is widely used as an ornamental plant in the United States of America and countries of Europe and Asia where it is well known as Christmas Cacto. It is a little known in Mexico, but it is considered that this plant has promising perspectives in its ornamental horticulture. This study had the following objectives: a) characterization of floral bud development, b) determination of the relationship between floral bud development and air temperature, 3) to extend the ornamental use of the flowers by drying them in order to preserve flower shape and color, among other characteristics, and 4) to preserve dehydrated flowers to avoid air humidity absorption and flower deterioration. For the first two objectives an experiment was carried out under greenhouse conditions and another one indoors, in a house room, using 30 months old plants reproduced using cuttings from a clone which has white flowers, growing in pots with 10 cm of diameter and substrate of "tezontle" and soil in a 1:1 mix. Pot watering with a nutritive solution was done weekly with 19N-19P-19K plus microelements during vegetative growth and 25N-5P-30K plus microelements during reproductive growth. The experimental design used was completely at random with twenty repetitions and one flower bud by repetition. In order to characterize the floral development eight stages were established and both, number of days and growing degree days (GDD) to reach each stage were recorded using, for latter case, a residual method and base temperature of 10° C. For the last two objectives plants from a clone bearing flowers with fuchsia color along the tepal margins and white color in the central part were used. For the third objective three materials were used to dehydrate the flowers: silica gel, rice flour and 1:1 mixture v/v of maize flour and dust detergent, using three drying periods of time (3, 6 and 9 days for silica gel, and 8, 16 and 24 days for the flour of rice and mixture), being nine treatments. For the drying process open flowers were used. The experimental design was completely at random with fifteen repetitions by treatment and one flower by repetition. The evaluated variables were: flexibility, firmness, form, color, texture and percentage of weight loss. After the drying process, four treatments of flower covering were applied: lacquer, liquid porcelain, petal sealant and petal fixing aerosols, to avoid the deterioration caused by the air humidity and petal or tepal drop.

Flower development was faster in the greenhouse (45 days) than indoors (55 days), and in both environments 552 and 560 GDD were required to reach floral opening.

The best treatments for flower dehydration were silica gel applied for six days and flour of rice and the mixture by 24 days, since both preserved the flowers with excellent aesthetic quality. The best preservation treatments were spraying the flowers with petal or tepal sealant and petal fixing aerosols.

Key words: *Schlumbergera truncata*, growing degree days, flowers dehydration, flowers preservation.

1. INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son plantas que sirven para múltiples usos: como alimento para el ganado y para los seres humanos, en la industria cosmética, como materiales de construcción, combustibles y uso medicinal. Además, son plantas con morfología atractiva, que requieren de mínimos cuidados y que son una opción como plantas de ornato. A diferencia de otras plantas ornamentales, las cactáceas tienen características morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir durante largos períodos sin riego. Además, sus flores son atractivas y bellas, de colores brillantes e intensos que las distinguen de otras plantas de ornato (Kunte y Subik, 2004); sus colores brillantes se deben a la presencia de pigmentos conocidos como betalaínas; las antocianinas que dan el color a las flores de numerosas especies, están ausentes en las cactáceas (Barthlott y Hunt, 1993; Gibson y Nobel, 1986).

Sin embargo, la vida ornamental de sus flores es corta, y en algunas especies el período comprendido de la apertura floral al inicio de la marchitez es de menos de 24 horas, como sucede en la pitahaya (*Hylocereus undatus*). Por esto existe la creencia generalizada de que las flores de las cactáceas son “flores de un día”. Lo cierto es que en otras cactáceas las flores duran abiertas varios días, siendo necesario conocer el desarrollo de sus flores y la longevidad de estas con objeto de definir sus ventajas y desventajas como plantas de ornato.

Schlumbergera truncata (Worth) Moran, anteriormente catalogada como *Zygocactus spp.*, es conocida como “Cacto de Navidad” y es una planta de maceta muy popular en EE. UU. y Europa; mientras que en México es poco conocida. Florece principalmente durante el verano y el invierno. Crece de forma epífita en la copa de los árboles y es originaria de las selvas de Brasil. Sus flores cigomorfas son muy atractivas y pueden tener diferentes colores, como blanco, rojo, anaranjado y rosa, con diferentes tonalidades (Kunte y Subik, 2004).

Debido a que esta especie tiene amplias posibilidades en el país, se considera necesario conocerla mejor en términos de su desarrollo floral, longevidad de sus flores y comportamiento en ambientes de interior, buscando alternativas de utilización.

Una alternativa para aprovechar esta especie, es deshidrarla para preservar sus estructuras con atractivo comercial, principalmente sus flores. Para obtener flores deshidratadas de calidad, es importante generar información sobre el crecimiento y desarrollo de sus flores y sobre los factores que afectan la cantidad y calidad de flores que la planta puede producir. Para ello es importante caracterizar el desarrollo de la flor y la duración de la misma en buenas condiciones

en diferentes ambientes. Entre las variables ambientales que más afectan el desarrollo, apertura y vida de la flor están la temperatura, la humedad ambiental, y el estado de la planta (van Doorn y van Meeteren, 2003).

La deshidratación y preservación de productos ornamentales ofrece una amplia variedad de características únicas: novedad, longevidad, propiedades estéticas (belleza, color, textura) y disponibilidad durante todo el año (Joyce, 1998). La producción de flor seca tiene potencial para el mercado local y para la exportación (Chimonidou, 2000). En flores de corte muy conocidas se han desarrollado algunas investigaciones al respecto como en crisantemo, hortensia, gerbera y rosa. En especies de ornato poco comunes, como las flores de *S. truncata* (Worth) Moran, la deshidratación puede ofrecer beneficios económicos mayores que los obtenidos con flores de corte comunes, por tener una flor muy atractiva y novedosa.

Una flor deshidratada puede alcanzar precios muy altos por tener una larga vida de anaquel. Existen varias técnicas para el deshidratado de flores y follajes, la mayoría están basadas en la eliminación de agua de los tejidos de la planta con sustancias como glicerol, que se utiliza en la conservación de tejidos. Otras técnicas son: secado al aire, secado en cámaras, prensado, utilización de materiales desecantes y la liofilización; éstas técnicas son utilizadas en la producción a gran escala.

La calidad comercial de una flor deshidratada depende de algunas variables cualitativas, como la flexibilidad, la forma, la firmeza, el color, la textura y la conservación de los pétalos. Por lo anterior, es importante desarrollar técnicas con las que se puedan obtener flores secas de alta calidad.

Por lo anterior, los objetivos son los siguientes.

1. Caracterizar el desarrollo y longevidad de la flor de *S. truncata* (Worth) Moran y establecer su relación con la temperatura.
2. Desarrollar un procedimiento para obtener flores deshidratadas de calidad.

2. HIPÓTESIS

1. Es posible caracterizar el desarrollo floral con base en sus requerimientos térmicos.
2. Con tratamientos desecantes se pueden obtener flores deshidratadas de buena calidad.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia de las cactáceas

Según la actual clasificación botánica, esta familia abarca unos 300 géneros y unas 2500 especies, pero continuamente se siguen descubriendo nuevas especies e incluso nuevos géneros (Kunte y Subik, 2004).

Los cactus proceden principalmente del continente americano, y solo algunas especies del género *Rhipsalis* son originarias de otros continentes (Kunte y Subik, 2004). México es uno de los centros más importantes de distribución de cactáceas seguido por Estados Unidos, Perú, Bolivia, Argentina, Brasil y Chile. Actualmente los cactus se han extendido por el resto del mundo.

En los países de origen de los cactus, la población los aprovecha en varias formas. Sus frutos aportan variedad a la dieta humana y pueden servir como alimento para el ganado; también se usan en la industria de cosmetología, como materiales de construcción, como combustibles y tienen uso medicinal; además se utilizan como plantas ornamentales llamativas, de fácil mantenimiento y adaptación.

3.1.1. Características de las cactáceas

En sus características anatómicas y morfológicas, los cactus reflejan perfectamente las condiciones ambientales de su lugar de origen.

3.1.1.1. Tallo

Los cactus son plantas suculentas, capaces de almacenar agua en su tallo. Todas las plantas suculentas se dividen en categorías, en función de la parte utilizada para almacenar el agua: suculentas de hoja (p. ej. *Aloe*, *Agave*, *Crassula*, *Harworthia*, *Kalanchoe*, *Lithops*, etc); suculentas de raíz (p. ej. *Ibervillea*, *Kedrostis* y algunos miembros del género *Euphorbia*); y suculentas de tallo, cuyos ejemplares más típicos y conocidos son los cactus. La suculencia surgió evolutivamente en respuesta a la falta de agua, de modo que para sobrevivir los cactus desarrollaron un tallo suculento formado de tejidos capaces de retener grandes cantidades de agua y también un metabolismo especial, que los capacita para abrir sus estomas durante la noche cuando las temperaturas son más frescas y mantenerlos cerrados durante el día, cuando las temperaturas aumentan. Los cactus absorben todo el dióxido de carbono que necesitan durante la

noche y son capaces de almacenarlo en sus vacuolas para usarlo durante el siguiente día en el proceso de la fotosíntesis (Kunte y Subik, 2004).

3.1.1.2. Hojas

Las espinas son hojas modificadas, desarrolladas, para protegerse de la radiación solar, que mantienen fresca a la planta. Los puntos donde estas emergen se denominan areolas, que son básicamente yemas axilares modificadas (Kunte y Subik, 2004).

3.1.1.3. Flores

Las flores brotan de areolas o de axilas. Son sésiles y carecen de pedúnculo floral. No están divididas en cáliz y corola, sino que forman un perianto indiferenciado, aunque los tépalos exteriores verdosos o escamosos pueden evocar al cáliz, mientras que los vistosos y coloreados evocan a la corola. Se dividen en tres grandes grupos, por su forma: embudo, tubular y campaniforme. Casi todos los cactus producen flores hermafroditas. Los órganos reproductores femeninos (estigma, estilo y ovario) están localizados en el centro de la flor, mientras que los masculinos (filamentos y anteras) están dispuestos en círculos concéntricos alrededor de los femeninos. La mayor parte de las especies poseen flores regulares o actinomorfas (es decir, que pueden ser divididas en varios planos simétricos). Pocas especies producen flores simétricas o cigomorfas (que pueden dividirse en un único plano simétrico para formar dos mitades idénticas). Ejemplos típicos son algunas especies de los géneros *Matucana*, *Oreocereus* y *Schlumbergera* (Kunte y Subik, 2004).

Las flores de los cactus suelen abrirse durante el día, salvo algunos géneros (*Discocactus*, *Echinopsis*, *Neobinghamia*, etc) que abren sus flores al anochecer. Las flores de los cactus no son longevas, lo que es útil para economizar agua porque una flor abierta supone una considerable pérdida de vapor de agua y pocas horas después, o al día siguiente, se marchita y muere. No obstante, las flores no polinizadas se conservan por más tiempo que las fecundadas. Una vez cumplida su misión, las flores dejan de ser útiles a la planta y ésta las elimina para que no continúen gastando más agua. La mayoría de los cactus son alógamos, pues requieren la presencia de dos individuos de la misma especie para que tenga lugar la fecundación (Kunte y Subik, 2004).

Los análisis químicos de los pigmentos contenidos en las vacuolas florales no han indicado la existencia de antocianinas, y sus colores rojos y amarillos son producidos por una clase de pigmentos conocidos como betalainas. Los cactus también tienen carotenoides, pero no son abundantes y las betalainas son los pigmentos predominantes. La presencia de átomos de nitrógeno en la molécula de las betalainas las coloca en una clase de pigmentos diferentes a los flavonoides y antocianinas (Gibson y Nobel, 1986). En el caso de *Schlumbergera* se ha detectado la presencia de 14 tipos de betalainas (Kobayashi *et al.*, 2000).

3.1.2. Clasificación botánica de *S. truncata* (Worth) Moran

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Cactoidae

Tribu: Rhipsalideae

Género: *Schlumbergera* Lem

Especie: *S. truncata* (Haw.) Moran

3.1.3. Descripción y distribución geográfica de *Schlumbergera*

Solía catalogarse con el nombre de *Zygocactus truncatus* aunque es más conocido por su nombre común Cacto de Navidad. Se ha hecho muy popular debido a los distintos cultivares y nuevos híbridos que se han ido introduciendo en el mercado.

Su tallo es extendido con segmentos aplastados que puede alcanzar hasta 9 cm de largo y 4 cm de diámetro. Los segmentos tienen bordes aserrados y las areolas más altas presentan cerdas marrones. Las secciones nuevas son de color verde rojizo. Sus flores cigomorfas miden hasta 9 cm de longitud y son color violeta que va cambiando a rosa con los tépalos interiores más claros en el centro, o incluso casi blancos, aunque existen otros colores (Kunte y Subik, 2004).

A principios de otoño aparecen las primeras flores y la floración se prolonga durante todo el invierno (Kunte y Subik, 2004).

En Brasil existen cactus en la selva tropical, pero suelen ser muy raros y se limita a unos cuantos géneros epífitos. *Schlumbergera* es un típico cacto epífito que procede de los bosques que rodean a Río de Janeiro (Kunte y Subik, 2004).

3.1.4. Cultivo y propagación de *S. truncata* (Worth) Moran

3.1.4.1. Propagación

3.1.4.1.1. Propagación por semilla

En *S. truncata* las semillas sólo se utilizan para crear híbridos nuevos, rara vez se propaga por este medio, debido a que sus semillas son escasas y germinan muy poco (Kunte y Subik, 2004). Las semillas pueden de colectarse en campo, en viveros, o por intercambio entre asociaciones, clubes o jardines botánicos (Reyes, 1997).

3.1.4.1.2. Propagación por esqueje

Su reproducción se logra mediante esquejes en primavera o verano. Los esquejes se deben cortar y dejar secar por un día antes de plantar. Posteriormente se introducen en una mezcla de perlita y turba para que enraizen (Kunte y Subik, 2004).

3.1.4.2. Cultivo

3.1.4.2.1. Luz

La floración es sensible al fotoperíodo y no se produce cuando los días son más largos (12 a 14 horas). De no presentarse floración durante este periodo, puede forzarse la misma con fotoperiodos de 8 a 10 horas. (<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/cacti.html>).

3.1.4.2.2. Temperatura

Debido a las elevadas temperaturas que predominan durante todo el año en la selva de Brasil, los ejemplares cultivados en las regiones de clima fresco requieren de temperaturas entre 18 y 20 °C aún en invierno (Kunte y Subik, 2004).

No soporta las heladas y en caso de incidir temperaturas menores de 10 °C, las plantas se deben proteger del frío (Erwin 1990). La temperatura ideal para conseguir la floración se encuentra entre 11 y 25 °C. Un exceso de frío o calor produce la caída de las yemas florales (<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/cacti.html>).

3.1.4.2.3. Sustratos

Se utilizan medios con alto contenido de materia orgánica, con buen drenaje, con pH de 5.7 a 6.5. Se puede utilizar una mezcla de perlita y turba, en una proporción de 1:1 (Kunte y Subik, 2004; Erwin, 1990).

3.1.4.2.4. Riego

Requiere riego moderado. Un par de veces a la semana en verano, cada 15 días en invierno. No regar en exceso para evitar enfermedades. Asperjar los tallos cuando haga mucho calor, evitando mojar las flores. Un exceso de riego durante la época de reposo impide la floración en tal caso debe disminuirse el riego, para dejar que la planta se recupere.

<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/cacti.html>)

3.1.4.2.5. Fertilización

En general el Cacto de Navidad tiene bajos requerimientos nutricionales. Para el crecimiento vegetativo se puede fertilizar con la fórmula 19N-19P-19K más microelementos y para el crecimiento reproductivo con la fórmula 25N-5P-30K más microelementos. Se sugiere fertilizar cada 15 días en época de crecimiento activo (<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/cacti.html>).

3.1.4.2.6. Caída de flores

Las flores aparecen a finales de octubre a enero. A veces los botones florales se caen antes de que florecer, por diversas razones: sequía o exceso de agua, cambios bruscos de temperatura. La caída también puede producirse cuando se manipula la planta llena de botones florales (Erwin, 1990). Un sustrato con exceso de nitrógeno o deficiente en potasio puede producir esta misma perturbación (<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/cacti.html>).

3.1.4.2.7. Plagas y enfermedades

Las plagas provocan un desarrollo lento de la planta y mayor susceptibilidad al ataque de hongos o bacterias. Las plagas que más le afectan son:

Araña roja. Muchas veces es promovida por un ambiente demasiado seco, lo que indica que se debe aplicar riego más frecuente. Posteriormente se debe aplicar un insecticida (Furadan®) (Reyes, 1997).

Cochinilla: Son pequeños insectos de color marrón que aparecen sobre las hojas. Deben eliminarse con un paño mojado en alcohol y luego aplicar Dimetoato® o Diazinón® (Reyes, 1997).

Trips. Causan crecimiento distorsionado y deformación de tallos y pétalos. Se puede reducir la población de trips con aplicaciones de pesticidas registrados para esta plaga.

Las enfermedades más frecuentes en esta especie son las causadas por hongos y bacterias. Los hongos atacan las raíces y tallos, ocasionando pudrición de la planta. Es común que los hongos aparezcan en plantas debilitadas por ataque de insectos o por suelo húmedo durante un tiempo prolongado. Para prevenir las enfermedades es necesario contar con buena ventilación (Reyes, 1997). El Cacto de Navidad es susceptible a varias enfermedades:

Fusarium oxysporum. Hongo que produce manchas rojizas y causa abscisión de tallos. Las esporas desarrolladas en las lesiones se transportan por aire y agua.

Phytophthora parasitica y *Phytium aphanidermatum*. Hongos que atacan tallos y raíces; en tallos causa necrosis con bordes rojizos, decoloración y abscisión.

Phytium da síntomas similares, a excepción de que es rara la abscisión.

Bipolares cactivora. Causa ennegrecimiento y lesiones de 1 a 2 cm de diámetro; segmentos afectados tienen abscisión.

Erwinia carotovora. Bacteria que causa pudriciones en la parte basal de los tallos. (<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/cacti.html>).

3.1.5. Importancia ornamental de las cactáceas

Conjuntamente con otros beneficios que ofrecen las cactáceas, estas también son una opción como cultivo ornamental. Si se les compara con otras plantas decorativas, las cactáceas presentan ventajas excepcionales: sus reservas de agua les permite sobrevivir durante largos periodos de sequía, sus formas curiosas, su porte original y combinaciones poco habituales (Riha y Subik,

1991). Cerca de 300 especies de cactus están disponibles como ornamentales. Los géneros más populares son *Ariocarpus*, *Echinocereus*, *Epiphyllum*, *Gymnocalycium*, *Lobivia*, *Notocactus*, *Rebutia*, *Sulcorebutia* y especialmente *Mammillaria* (Nobel, 1994).

3.1.5.1. Importancia ornamental de *S. truncata*

Es una planta que se ha hecho muy popular debido a la exuberante belleza de sus flores, se cultiva a nivel comercial y actualmente se puede adquirir en cualquier época del año gracias a la reducción artificial del fotoperiodo. Sus flores brotan durante el verano y también en los meses de invierno (Kunte y Subik, 2004).

3.2. Desarrollo floral

El crecimiento, diferenciación de células para formar tejidos, órganos y organismos se denominan en conjunto desarrollo (Salisbury y Ross, 1994). El término desarrollo es usado frecuentemente en la biología moderna, con gran variedad de sentidos:

- a) Como sinónimo de embriogénesis y ontogenia.
- b) Incluye todos los eventos moleculares y fisiológicos, y etapas que conectan los genes con el fenotipo.
- c) Como adjetivo que describe la expresión variable de una secuencia de desarrollo.

El término secuencia de desarrollo es usado para indicar una serie de etapas de expresión o una serie temporal de eventos de desarrollo.

Desde el punto de vista fisiológico, la floración es un fenómeno complejo que consta de una serie de eventos biofísicos, bioquímicos, anatómicos, que se traducen en un cambio morfológico, o sea, el desarrollo floral. Puesto que la flor es un órgano muy complejo especializado fisiológicamente, la transición del desarrollo vegetativo a la floración involucra cambios en los patrones morfogénéticos y de diferenciación en los meristemas. Dicha floración puede dividirse en dos fases:

- 1) Iniciación del primordio floral, que comienza con la percepción de un estímulo ambiental (fotoperiodo, baja temperatura) y termina con la diferenciación de los primordios florales.
- 2) Desarrollo del primordio floral, para transformarse en flor madura, el cual termina con la antesis.

La floración, como otros eventos del desarrollo, está condicionada por el genotipo más una serie de factores del medio. Los factores del medio físico que mayor influencia tienen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas son la temperatura, el fotoperíodo (Fischer, 1983; Heins y Moe, 1990) y la vernalización (Fischer, 1983). Para algunos estudios fisiológicos, se recurre a la disección de ápices y clasificación del estado de desarrollo de las yemas reproductivas, además de estudios cuantitativos en número de células y patrones de mitosis e histoquímicos. En otros estudios se pueden utilizar las etapas de desarrollo del botón floral contabilizando los días que se requieren para alcanzar cada etapa. En el desarrollo floral la descripción cualitativa se usa para registrar los cambios de la flor (Greyson, 1994). En el caso de *S. truncata* no se encontró información que describa el desarrollo floral de esta especie. No obstante, Erwin *et al.*, (1990) menciona que el período de la iniciación floral a la antesis varía de los 50 hasta los 99 días dependiendo de la temperatura ambiental.

3.2.1. Fenología

Los estadios, etapas o fases, por los cuales pasa una planta durante su desarrollo constituyen la fenología del individuo.

Los eventos que constituyen la fenología de una planta se presentan en secuencia, y con cierto orden, sincronizados con los factores del ambiente como la luz y la temperatura. Las plantas poseen mecanismos hormonales que regulan los procesos fisiológicos mediante los cuales se manifiesta la información genética de cada individuo en respuesta a los factores del ambiente. El desarrollo se realiza en forma gradual y continuamente y se puede diferenciar por etapas. En las plantas superiores se distinguen tres (Aitken, 1974):

- 1) Fase vegetativa que se inicia desde la germinación y emergencia y termina con la iniciación floral.
- 2) Fase reproductiva temprana que sigue a la iniciación floral y termina con la antesis.
- 3) Fase reproductiva tardía que sigue a la antesis y termina con la maduración de la semilla.

La transición de la fase vegetativa a la reproductiva ocurre en sitios específicos de la planta que son los meristemas de algunas yemas, que originan las flores. La aparición de órganos individuales y el desarrollo de la planta desde la etapa de plántula hasta la madurez fisiológica, puede describirse mediante la tasa de aparición de órganos y la producción de materia seca en las diferentes etapas fenológicas de las plantas (García y López, 2002).

Conocer el desarrollo fenológico de los cultivos es importante ya que con esto se pueden programar prácticas del manejo del cultivo sin afectar su desarrollo. En la vida vegetal la temperatura es el factor que mayor importancia tienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas en las diferentes etapas fenológicas (García y López, 2002; Masle *et al.*, 1989).

Dependiendo de las temperaturas la duración de cada etapa puede ser variable (Baker y Reddy, 2001). Purcell (2003) menciona que el desarrollo de los cultivos como una función del tiempo térmico tiene importantes aplicaciones en el modelaje de cultivos y su manejo; este tiempo térmico es medido en unidades llamadas Grados Día de Desarrollo (GDD).

3.2.1.1. Temperatura

La temperatura es un factor del clima que influye directamente en el crecimiento y desarrollo de los organismos. Las plantas no tienen un mecanismo para regular su temperatura, por lo tanto el calor y el frío afectan su desarrollo, siendo este mayor a medida que la temperatura aumenta (Grageda, 2003).

Cada especie vegetal responde a temperaturas cardinales: temperatura máxima, mínima y óptima. Arriba de la temperatura máxima y abajo de la temperatura mínima, las plantas sufren estrés afectando los procesos fisiológicos y metabólicos de estas; la temperatura óptima es la condición más favorable para el crecimiento y desarrollo normal de la planta; otro concepto es la temperatura base del cultivo, y se define como aquella en la cual se detiene el crecimiento y desarrollo de la planta (Levitt, 1980; López *et al.*, 1996).

En el desarrollo floral la temperatura es un factor de importancia porque los procesos relacionados con éste requieren altas cantidades de energía debido a la rápida respiración y crecimiento (Reid y Evans, 1986).

El desarrollo de las flores de petunia con altas temperaturas es rápido y su tamaño final es pequeño, además su pigmentación es deficiente (Shvarts *et al.*, 1997). Las diferencias en temperaturas tienen impacto en las etapas de desarrollo de rápido crecimiento como lo es la floración; en nochebuena y ciclamen el desarrollo floral se acelera con un incremento en la temperatura media del día (Heins y Moe, 1990). En *S. truncata* con altas temperaturas el desarrollo de la flor se ve acelerado; con temperaturas de 20 a 25 °C el tiempo de iniciación floral hasta anthesis es de aproximadamente 50 días y con temperaturas ambientales de entre 10 y 15 °C

se requieren 99 días (Erwin *et al.*, 1990). Además, la temperatura puede afectar la longevidad de las flores (Shvarts *et al.*, 1997).

3.2.1.2. Grados Día de Desarrollo (GDD)

Las plantas necesitan la acumulación de cierta cantidad de calor a través del tiempo para alcanzar diferentes etapas de desarrollo. Esta cantidad de calor es medida en unidades llamadas Grados Día de Desarrollo (GDD)

La respuesta de las plantas a las variaciones térmicas durante su ciclo biológico, es útil para el cálculo de las unidades térmicas que se requieren para cumplir el ciclo ontogénico de la planta. La utilización de la escala de los GDD o unidades térmicas sirve para definir el tiempo requerido para las diferentes etapas de desarrollo, lo que permite predecir o manipular la tasa de desarrollo de las plantas (García y López, 2002; Masle *et al.*, 1989; Purcell, 2003).

Uno de los métodos más utilizados para calcular los GDD es el residual en donde para estimar los GDD que va acumulando una planta se calcula la temperatura media del aire utilizando la temperatura máxima y mínima del día y se le resta la temperatura base de la especie, para *S. truncata*, Erwin (1990) reporta como temperatura base 10 °C. Los GDD obtenidos diariamente se van acumulando durante cada una de las etapas de desarrollo de la planta, estableciendo la cantidad específica de GDD que se requieren en cada una de éstas (Masle *et al.*, 1989).

3.3. Secado de flores

El secado de flores es un proceso mediante el que se promueve la pérdida de agua con la finalidad mantener algunas de las características físicas de las flores frescas, sin que estas sufran marchitez o pudrición (Cruz, 1998). La deshidratación puede ser utilizada como una forma de prevenir el crecimiento de hongos (Saxena y Pandya, 2001).

Las flores secas pueden ser utilizadas en la decoración proporcionando la misma sensación estética y de armonía de una flor fresca. Las características físicas que se deben tomar en cuenta para obtener una flor seca de calidad estética son: flexibilidad, firmeza, forma, color, textura y ausencia de abscisión de pétalos (Cruz, 1998; Gaytán, 1994; Orduño, 1995; Martínez *et al.*, 2005).

3.3.1. Características físicas de las flores secas de calidad estética

3.3.1.1. Flexibilidad

El principal problema del material seco es que se vuelve muy frágil y dificulta su manejo (Joyce, 1998). La flexibilidad es una característica que permite doblar un material sin que se quiebre o sufra algún daño. La flexibilidad esta dada por el contenido de agua en las estructuras de la flor (Gaytán, 1994). Con exceso de secado las estructuras de la flor se pueden volver quebradizas. Por esta razón se busca conservar un porcentaje de humedad en ellas.

3.3.1.2. Firmeza

En las flores secas lo deseable es tener flores con la menor flacidez posible para lograr la mayor estabilidad en las estructuras florales. La firmeza evita el doblamiento y la sensación de marchites de los pétalos (Cruz, 1998; Gaytán, 1994).

3.3.1.3. Forma

La forma es un carácter que implica el no modificar la forma natural de la flor, es decir la disposición y forma de los pétalos. Se recomienda que al deshidratar con desecantes éstos sean de poco peso y finos para que puedan fluir a través de las cavidades de la flor y lograr un secado más uniforme, además de que el mismo desecante puede servir como soporte para no perder la forma original de la flor (Cruz, 1998; Orduño, 1995).

3.3.1.4. Color

El color es una característica que se busca mantener lo más natural posible. Técnicas como liofilización, secado en cámaras y el uso de desecantes químicos en general conservan el color. La conservación o cambio de tonalidad en el color de las flores secas va a depender de la especie, el método de secado y la tonalidad del color original de la flor.

En general las flores blancas tienden a tomar un color crema. Los colores violetas y púrpuras tienden a oscurecerse. Los rosas oscuros profundizan a un rosa más fuerte. Los colores rojos al deshidratarse pueden llegar a ser púrpuras. Las flores amarillas no alteran su color después del proceso de secado, sin embargo toman tonalidades más intensas (Sarret, 1992; Chavarría, 1997).

3.3.1.5. Textura

La textura se refiere a la cantidad de pequeñas deformaciones que se presentan en la superficie del pétalo y que en conjunto dan una textura lisa o rugosa al final de la deshidratación. En las flores secas se busca que la textura sea lo más parecida a la textura original de la flor. Se ha observado que con el uso de desecantes con partículas finas y de bajo peso no se modifica drásticamente la textura (Orduño, 1995).

3.3.2. Métodos de secado de flores

Existen varias técnicas para lograr la deshidratación de plantas: métodos de secado al aire, tratamientos líquidos, uso de materiales desecantes, prensado y el liofilizado. Las técnicas de secado varían de acuerdo a la especie a deshidratar; las características de la planta determinan el método a utilizar (Cruz, 1998).

3.3.2.1. Secado al aire

Este método es el más sencillo, además es barato; su única desventaja es que es de los más deficientes, pues se tienen considerables cambios tanto en el tamaño y forma de la flor así como en el color (Miralles, 1992). Se requiere de un lugar fresco y seco, pero no a menos de 10 °C. Se deben evitar ambientes húmedos que provoquen la formación de moho (Miralles, 1992).

De acuerdo con las características del material a secar, se pueden distinguir las siguientes técnicas de secado al aire:

3.3.2.1.1. Colgados (Polaridad invertida de los tallos)

Un método sencillo para secar plantas es colgarlas con las flores hacia abajo. Primero se instala una serie de “tendederos” ya sea de alambre, madera o cualquier material disponible y se cuelgan flores individuales o ramos de varias flores, según sea el caso, dejando el espacio suficiente entre ellas para garantizar la circulación eficiente del aire. Sarret (1992) recomienda atar los ramos escalonando los niveles de las cabezuelas. Chimonidou (2000) coloca ramos de 10 a 12 tallos en un cuarto oscuro y ventilado a 30 °C durante la primera semana y a 20 °C durante las siguientes dos semanas.

3.3.2.1.2. Secado en plano

Este método consiste en tender papel absorbente (periódico o cartón) sobre superficies planas, moviendo con regularidad las plantas para que sequen de manera uniforme y evitar la formación de mohos (Miralles, 1992). Se deben colocar de modo que los materiales no se toquen entre sí para que el aire pueda circular entre ellos (Sarret, 1992). Musgos, bambúes, hongos y espigas se pueden secar con este método (Miralles, 1992).

3.3.2.1.3. De pie, húmedo o seco

Especies pequeñas y/o muy delicadas se secan mejor de manera vertical, ya sea insertando sus tallos en bloque de espuma seca de floristería o bien en pequeños ramitos dentro de un recipiente amplio que permita la libre circulación del aire (Miralles, 1992). Hay flores que se secan mejor si se les pone en posición vertical con la base en agua; este es el mejor método de preservar el color y la forma de las cabezuelas de hortensia (*Hydrangea macrophylla* Thunb.Ser.), de las peonías y de las dalias. Sarret (1992) recomienda ponerlas en una lámina 2.5 a 5 cm de agua y dejarlas así durante tres semanas, Miralles (1992) observó buenos resultados con 10 cm.

3.3.2.2. Secado con glicerina

La glicerina puede ser absorbida a través de los tallos o por inmersión del material vegetal (Gaytán, 1994). La glicerina de fórmula $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ o propanotriol, es un alcohol saturado polivalente. Es un líquido incoloro, viscoso, miscible con el agua y con el alcohol (Miralles, 1992).

La glicerina es un conservador que sustituye progresivamente, por absorción, el agua de las células de la planta (Arnold, 1997). La principal ventaja de usar glicerina como pretratamiento al secado radica en que el material se mantiene flexible, no se deforma y evita que sea quebradizo; en cambio, tiene el inconveniente de que las hojas y flores no mantienen su color original adoptando generalmente tonalidades pardas o caqui. La glicerina es demasiado espesa para ser absorbida por la planta y por lo tanto requiere mezclarse con agua. Se recomienda utilizar una proporción de una parte de glicerina por dos de agua (Miralles, 1992).

El tiempo de la permanencia en la solución puede variar según la especie, y va desde unos días, hasta tres semanas para la inmersión de tallos (Miralles, 1992). Con tratamientos con glicerol se

incrementa la flexibilidad de flores y tallos pero se afecta la apariencia estética (Wilkins y Desborough, 1986).

3.3.2.3. Secado de flores con agentes desecantes

Las flores de consistencia delicada se pueden secar mejor con agentes desecantes que con técnicas de secado natural. Ejemplos de materiales desecantes son los cristales de sílice, alumbre, bórax, arena, harina de maíz, detergentes (Cruz, 1998), además de la harina de arroz (Martínez *et al.*, 2005); todos ellos tienen la característica de ser finos y ligeros que permiten un secado uniforme y evitan que las flores se maltraten (Cruz, 1998).

Los desecantes absorben la humedad de la planta, lo que contribuye a su conservación. Con éstos tratamientos se consiguen flores con apariencia viva. (Sarret, 1992). Las flores tratadas con desecante mantienen el color y la estructura floral, aunque las flores pueden volverse frágiles y quebradizas si se les deja demasiado tiempo en contacto con el desecante (Sarret, 1992). Las flores que son deshidratadas por este método tienen mayor probabilidad de absorber la humedad del ambiente que las secadas por aire (Sarret, 1992). Se pueden usar fijadores utilizados en la decoración para evitar que las flores absorban la humedad ambiental (Saxena y Pandya, 2001).

Se debe tener cuidado al cubrir la flor para no mover los pétalos de su posición natural y dejar que el desecante invada las cavidades de la flor.

Algunos de los agentes desecantes se describen a continuación:

3.3.2.3.1. Harina de maíz

La harina de maíz también puede mezclarse con detergente o bórax, este tratamiento tiene la ventaja de retener el color y no maltratar los pétalos (Hamel, 1971; Cruz 1998).

Se puede utilizar una mezcla de 10 partes de harina de maíz mezclada con tres partes de bórax (Whitlock y Rankin, 1975). Una de las desventajas de utilizar harina de maíz mezclada con un detergente es que algunas partículas quedan adheridas a los pétalos y es difícil eliminarlas, y esto da una apariencia poco estética (Martínez *et al.*, 2005).

3.3.2.3.2. Harina de arroz

La harina de arroz es un material fácil de utilizar, barato y permite obtener flores secas aceptables para comercializar, brindando características de flexibilidad, retención de forma y color, además se obtienen texturas lisas (Martínez *et al.*, 2005).

3.3.2.3.3. Bórax

Tetraborato de sodio con 10 moléculas de agua ($B_4O_7Na_2 \cdot 10H_2O$). Este se usa mezclado con otros productos. Además de la harina; el bórax puede mezclarse con alumbre, este tratamiento es especialmente eficaz en flores de pétalos delicados como rosa y clavel. El tiempo de secado con este material va de siete a diez días (Sarret, 1992).

Se han obtenido buenos resultados en la deshidratación de rosa con la mezcla de arena de río y bórax en proporción (1:1) y 20 días de secado (Orduño, 1995).

3.3.2.3.4. Detergente

Se usa solo o mezclando; pueden mezclarse dos tazas de detergente con cuatro tazas de harina de maíz y el tiempo de secado va de cuatro a siete días. Se puede utilizar una mezcla de partes iguales de harina de maíz con detergente. Estos métodos son rápidos y efectivos, además permiten mantener el color de la flor. (Hamel, 1971; Cruz, 1998). Sin embargo, en ocasiones las partículas del detergente pueden adherirse a los pétalos dando mal aspecto (Martínez *et al.*, 2005).

3.3.2.3.5. Arena

La arena se usa para secar flores grandes o muchas flores a la vez. La arena fina de color plata, es la mejor, pues sus granos son finos. Los granos de arena absorben el agua debido a que están constituidos en parte de sílice. Se debe tomar en cuenta que los bordes afilados de algunos granos pueden ocasionar cierto daño a los delicados tejidos de la planta (Cormack y Carter, 1987). Se obtiene buena calidad de flores secas con arena fina, además puede deslizarse suavemente entre los huecos de las partes florales (Saxena y Pandya, 2001).

3.3.2.3.6. Sílica gel

El gel de sílice (sílica gel) es el dióxido de silicio SiO_2 , y absorbe las moléculas de agua hasta que está saturado. Se puede adquirir como polvo blanco o como cristales; los cristales son de color blanco o azul cuando están secos y rosas cuando absorben humedad; en caso de utilizar cristales deben molerse hasta hacerlos lo más finos posible (Miralles, 1992). Con este material la deshidratación es rápida, se requieren de dos a cinco días en función del tamaño de las flores (Sarret, 1992). Se debe revisar con frecuencia para evitar tener flores quebradizas. En rosas con tres días de secado se obtienen buenos resultados (Martínez *et al.*, 2005). La sílica gel puede usarse cuantas veces se quiera, siempre y cuando se seque en un horno a $110\text{ }^\circ\text{C}$ (Miralles, 1992).

3.3.2.4. Secado en cámaras

Es un secado rápido y eficiente. En estas cámaras se puede ajustar tanto la temperatura como la humedad ambiental por lo cual cada producto puede ser secado según sus propias características, evitando la formación de mohos u hongos en el proceso de secado. En las cámaras de secado la temperatura recomendable es de $40\text{ }^\circ\text{C}$, la humedad relativa es de 30 % por periodos entre 24 y 48 horas. (Miralles, 1992).

3.3.2.5. Liofilizado

En el proceso de liofilización, los componentes sólidos son retenidos en su lugar por hielo rígido. La sublimación del hielo deja vacíos, preservando así la integridad de las membranas y estructuras biológicas y químicas del producto (FreeZone 4.5 Liter Benchtop, 1997). Se basa en la deshidratación de productos por sublimación al vacío (Miralles, 1992).

Normalmente sólo se aplica a especies rentables (Cruz, 1998).

Con el liofilizado es difícil obtener materiales flexibles, debido a que se pierde un alto porcentaje de humedad (Wilkins y Desbourogh, 1986). Con tratamientos con glicerol, DMSO (Dimetilsulfoxido) se mantiene la flexibilidad de las flores y tallos de clavel, sin embargo existen cambios en el color (Wilkins y Desbourogh, 1986). Se reconocen tres fases en el proceso:

a) Sobre congelación

Los materiales se someten a una temperatura de $-80\text{ }^\circ\text{C}$, en el curso del cual el agua libre forma microcristales de hielo.

b) Desecación primaria

El producto se somete al vacío, para sublimar el hielo; y se calienta ligeramente para acelerar el fenómeno.

c) Desecación secundaria

El producto se calienta con más intensidad pero se mantiene al vacío, de manera que se elimina una parte del agua residual.

Dependiendo del material a liofilizar, el proceso dura entre 24 y 48 horas.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Sitio experimental

El estudio de desarrollo floral se llevó a cabo en condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados en el Campus sede, que se encuentra en Montecillo, Texcoco, México, y en el interior de una casa; en ambos sitios se registraron datos de temperatura. El experimento de deshidratación se estableció en un cuarto seco y fresco, donde se registró temperatura y humedad relativa promedios de 20 °C y 50 %, respectivamente.

4.2. Material vegetal

Se utilizaron plantas de *S. truncata* de 30 meses de edad, proporcionadas por la Unidad para el Manejo y Conservación de Cactáceas clave: SEMARNAT MX/VIV-CO-194-MEX., ubicada en Tepetlaoxtoc, Estado de México. Se utilizaron clones con flores blancas para evaluar el desarrollo floral y de flores de color solferino en el margen de los tépalos y color blanco en la parte central de la flor. Estas plantas crecieron bajo condiciones de invernadero, en macetas de 10 cm de diámetro, con sustrato de tezontle y suelo en una proporción 1:1. Se aplicaron riegos semanales con una solución nutritiva de 19N-19P-19K más microelementos para el crecimiento vegetativo y 25N-5P-30K más microelementos para el reproductivo.

4.3. Etapas fenológicas

Los experimentos de desarrollo floral de *S. truncata* se establecieron en dos ambientes: en invernadero y en el interior de una casa. En cada sitio se identificaron y registraron ocho etapas de desarrollo floral del Cacto de Navidad, a partir de yemas que se marcaron cuando tenían 2 mm de longitud (etapa 1). De la etapa 2 a la etapa 6 de desarrollo se observó la aparición desde el primer hasta el último verticilo floral; en la etapa 7 comenzó la apertura floral y se dividió en cuatro eventos: extensión de tépalos del primero, segundo y tercer verticilos (7a), extensión y elongación del cuarto y quinto verticilos (7b), apertura total de los tépalos (7c) y apertura total de la flor (liberación de polen) (7d). Se consideró como anthesis al momento en que ésta liberó el polen. La etapa 8 se dividió en dos eventos: pérdida de turgencia (8a) y de deshidratación a 50% cuando las flores perdieron turgencia (etapa 8b); para calcular el porcentaje en el cual las flores perdieron turgencia se cortaron flores, se pesaron, se sometieron a deshidratación y se observó el

momento en que perdieron turgencia; se volvieron a pesar y se calculó el porcentaje en el cual hubo la pérdida de turgencia.

Durante este tiempo una unidad meteorológica registró datos de temperatura, en cada ambiente, para relacionarlos con el desarrollo de las flores.

Se hicieron observaciones diarias y registros fotográficos de la evolución de cada yema floral a través del tiempo en los dos ambientes. Los datos de temperaturas máximas y mínimas diarias del aire se utilizaron para el cálculo de los grados día de desarrollo (GDD) requeridos para cada etapa mencionada. Se utilizó el siguiente método (Masle *et al.*, 1989):

$$\text{GDD} = \sum_{i=1}^n (X_i - T_b)$$

donde GDD representa la cantidad de grados día de desarrollo; X_i es la temperatura media del i ésimo día y T_b es la temperatura base de la especie (10 °C) (Erwin, 1990).

4.3.1 Diseño experimental para el desarrollo floral

El diseño experimental fue uno completamente al azar con 20 repeticiones por tratamiento y una flor por repetición.

Los tratamientos fueron dos: evaluar desarrollo floral dentro del invernadero y en el interior de una casa.

4.4. Técnicas de secado

Para el proceso de secado se utilizaron flores de *S. truncata* en estado de apertura total y se pesaron antes de aplicar los tratamientos, se colocaron en cajas de cartón y se cubrieron con los materiales desecantes, cuidando de no modificar la posición de los tépalos. Al cumplir el tiempo indicado, las flores se descubrieron y se pesaron. Las flores se dejaron por 24 horas al ambiente para posteriormente evaluar sus características.

4.4.1. Tratamientos desecantes

Se utilizaron tres materiales desecantes: sílica gel, harina de arroz y una mezcla de harina de maíz-detergente 1:1 (v/v). Se aplicaron tres tiempos de secado: 3, 6 y 9 días para el secado con sílica gel y 8, 16 y 24 días para harina de arroz y la mezcla de harina de maíz-detergente (Cuadro

1). Los tiempos más cortos utilizados con la sílica gel son comparables con los tiempos utilizados con otros materiales, debido a que la sílica gel absorbe agua más rápido (Martínez *et al.*, 2005)

Cuadro 1. Tratamientos de secado evaluados en la deshidratación de flores del Cacto de Navidad.

<i>Núm. de tratamiento</i>	<i>Desecante</i>	<i>Núm. de días de secado</i>	Tratamiento
1	Sílica gel	3	SG3
2		6	SG6
3		9	SG9
4	Harina de arroz	8	HA8
5		16	HA16
6		24	HA24
7	Mezcla harina de maíz-detergente	8	H-D8
8		16	H-D16
9		24	H-D16

4.4.2. Diseño experimental para los tratamientos de secado

El diseño experimental fue uno completamente al azar con quince repeticiones por tratamiento y una flor por repetición.

4.4.3. Variables evaluadas

Se evaluaron dos tipos de variables: cualitativas (flexibilidad, forma, firmeza, color y textura) y cuantitativa (% pérdida de peso).

4.4.3.1. Variables cualitativas

4.4.3.1.1. Flexibilidad

La flexibilidad permite que los materiales se puedan doblar sin sufrir ningún daño; en las flores secas se requiere flexibilidad para facilitar su manejo. Se evaluó con una escala propuesta por Cruz (1998).

4.4.3.1.2. Forma

En las flores deshidratadas es importante mantener la forma natural de la flor y evitar maltratar los tépalos y la estructura floral después del secado. La escala de medición fue la propuesta por Cruz (1998).

4.4.3.1.3. Firmeza

Esta variable determinó la estabilidad de las estructuras de la flor y se midió en función del grado de flacidez ó rigidez de la flor (Cruz, 1998).

4.4.3.1.4. Color

El color es una característica que se busca alterar lo menos posible durante el secado. Esta variable estableció si hubo cambios de color o decoloración de las flores. Se utilizó una escala propuesta por Cruz (1998).

4.4.3.1.5. Textura

Esta variable indicó el grado de rugosidad de los tépalos al final de la deshidratación. Para medirla, se usó la escala propuesta por Pérez (1996).

4.4.3.1.6. Escalas de medición de las variables cualitativas

Las escalas de medición de las variables cualitativas se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Escala de medición de variables cualitativas (Cruz, 1998; Pérez, 1996)

<i>Variable</i>	Valor			
	1	2	3	4
Flexibilidad	Rígido	Medianamente rígido	Medianamente flexible	Flexible
Firmeza	Flácida	Medianamente flácida	Mas o menos firme	Firme
Forma	Deforme	Maltratada	Ligeramente maltratada	Buen estado
Color	Cambio total de color	Decolorado	Ligeramente decolorado	Sin cambio
Textura	Muy arrugada	Arrugada	Ligeramente arrugada	Lisa

4.4.3.2. Variable cuantitativa

4.4.3.2.1. Porcentaje de pérdida de peso (% PP)

Esta variable indica la eficiencia del secado. Se calculó con base en el peso fresco al inicio del experimento y el peso después del secado, con la siguiente fórmula (Orduño, 1995).

$$\% \text{ PP} = [(P1 - P2) / P1] [100]$$

Donde:

% PP = Porcentaje de pérdida de peso

P1 = Peso inicial (flores frescas)

P2 = Peso final (flores secas)

4.4.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó una prueba no paramétrica para las variables cualitativas mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Castillo, 2004), y cuando se encontraron diferencias entre tratamientos se procedió a obtener el ANAVA con los rangos de los datos y las comparaciones de medias de rangos ajustadas con una $P \leq 0.05$. Para analizar el porcentaje de pérdida de peso se realizó un análisis de varianza, previa transformación de los datos de porcentaje a arco seno de la raíz cuadrada del porcentaje: posteriormente los valores fueron retransformados para su presentación en cuadro. Para la fenología se realizó un análisis de varianza y cuando se encontró significancia se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey con una $P \leq 0.05$. Para los análisis se usaron los paquetes de computación SAS (Statistical Analysis System) y Microsoft Excel.

4.4.5. Evaluación de tratamientos (Índice de calidad)

Para determinar que tratamientos fueron sobresalientes, se utilizó un índice de calidad calculado con base en los datos de flexibilidad, firmeza, forma, color y textura obtenidos al final del proceso de secado. Este índice fue propuesto por Martínez *et al.* (2005) para evaluar rosa deshidratada y se modificó para el Cacto de Navidad; el valor asignado a cada tratamiento consistió en la suma de los valores de cada variable, y así se determinó a qué categoría pertenece cada flor deshidratada. A continuación se describe el índice de calidad propuesto, con cuatro categorías (Cuadro 3).

4.4.6. Tratamientos de preservación

Posterior a los tratamientos de deshidratación se aplicaron algunos tratamientos para preservar la flor seca y sin absorber humedad. Se aplicaron cuatro productos para observar su efecto en el acabado final de la flor: porcelanizador, laca, fijador de pétalos (Petal Proofer™) y sellador de pétalos (Clear Life™), con 10 repeticiones por tratamiento y una flor por repetición. Se evaluó de

manera visual que el producto mantuviera la apariencia estética de la flor ya deshidratada, después de ser expuesta a humedad.

Cuadro 3. Índice de calidad para flor deshidratada de calidad comercial (Martínez *et al.*, 2005).

<i>Escala de valor</i>	<i>Categoría (Calidad)</i>	<i>Características de la flor</i>
381- 400	1 ^{ra} (Excelente)*	Flores ligeramente flexibles, firmes, que conservan su forma, color original y textura lisa.
341- 380	2 ^{da} (Muy buena)**	Flores ligeramente flexibles, firmes, que conservan su forma y color, pero con ligeros arrugamientos casi imperceptibles.
301- 340	3 ^{ra} (Buena)***	A) Flores ligeramente rígidas, firmes, que conservan la forma original, tienen ligeras decoloraciones y arrugamientos casi imperceptibles. B) Flores rígidas, firmes, que conservan forma y color, de textura lisa, pero tépalos quebradizos.
300 o <	4 ^{ta} (Mala)****	A) Flores rígidas, firmes, que conservan su forma, pero con colores manchados, textura lisa y tépalos quebradizos. B) Flores flexibles, sin forma y sin firmeza, aunque conservan su color, con textura arrugada. C) Flores flexibles, sin forma y sin firmeza, decoloradas o manchadas, arrugadas.

5. RESULTADOS

5.1. Desarrollo floral del Cacto de Navidad

5.1.1. Días de desarrollo en dos ambientes (Invernadero e interior de una casa)

Se detectaron diferencias significativas entre ambientes en el número de días necesarios para alcanzar cada etapa del desarrollo floral (Cuadro 1A). Desde el inicio de la evaluación, dentro del invernadero el desarrollo floral fue más rápido que en el interior de una casa (Figura 2). En el invernadero el desarrollo floral desde la primera etapa hasta la etapa 8a (inicio de marchitez) fue de 49.6 días, mientras que en el interior de una casa fue de 59 días. El inicio de la evaluación fue a partir de yemas de 2 mm (Figura 1a); por otra parte se observó que el desarrollo de las flores es acrópeto; es decir las partes más jóvenes son las del extremo superior. Dentro del invernadero el primer verticilo floral ocurrió a los 5 días y en el interior de una casa hasta los ocho días (Figura 1b). La diferencia entre ambientes aumentó en un día a la siguiente etapa (etapa 3), diferencia que se mantuvo similar hasta el inicio de la etapa 5 (Figuras 1c, 1d, y 1e). En la etapa 6 (Figura 1f) la diferencia aumentó a nueve días. La apertura floral de la etapa 7a a antesis (etapa 7d) duró 4.6 días en invernadero y 6 días en el interior de la casa (Cuadro 3A), aunque en ambos ambientes el tiempo transcurrido entre iniciación de apertura y apertura total de la flor duró 2.2 días (Figuras 1g, 1h, 1i y 1j). Esto indica que el ambiente afectó el desarrollo floral de la apertura total a la antesis. El periodo desde apertura total (etapa 7c) hasta el inicio de la marchitez de tépalos (etapa 8a) (Figura 1k) fue de 7 días dentro del invernadero y de 8 días en el interior de una casa; en cambio, la duración para alcanzar el final de la vida de la flor (etapa 8b) fue igual en ambos ambientes con 3.8 y 4 días.

5.1.2. Grados día de desarrollo en dos ambientes (Invernadero e interior de una casa)

Aunque pequeñas, el análisis de varianza detectó diferencias significativas en los GDD requeridos para alcanzar las etapas de desarrollo 2 y 3 de las flores del Cacto de Navidad entre los dos ambientes (invernadero e interior de una casa). Para el resto de las etapas no hubo diferencias significativas en la cantidad de GDD necesarios para alcanzar cada etapa de desarrollo floral (Cuadro 2A).

Si bien en el ambiente de casa se necesitaron más días para alcanzar la floración que en el invernadero (Figura 3), en los de GDD no hubo tales diferencias, excepto para la segunda y tercera etapas del desarrollo floral (Figura 3, Cuadro 4A). La apertura floral en condiciones de invernadero se presentó con 553 GDD, y en el interior de una casa se observó con 560 GDD (Cuadro 4A).



Figura 1. El desarrollo de las flores del Cacto de Navidad es acrópeto y consta de ocho etapas. a) Etapa 1, yema de 2 mm al inicio de la evaluación. b) Etapa 2 aparición del primer verticilo floral (v_1) en donde se observa un pequeño tépalo (tsc) que no mostró crecimiento durante el desarrollo floral. c) Etapa 3 aparición del segundo verticilo floral (v_2). d) Etapa 4 aparición del tercer verticilo floral (v_3). e) Etapa 5 aparición del cuarto verticilo floral (v_4). f) Etapa 6 aparición del quinto verticilo (v_5). g) Etapa 7a inicio de la apertura de la flor, extensión del primer, segundo y tercer verticilo. h) Etapa 7b extensión del cuarto y quinto verticilo. i) Etapa 7c apertura total de los tépalos. j) Etapa 7d final de apertura de la flor (anthesis). k) Etapa 8a inicio de la pérdida de turgencia de la flor.

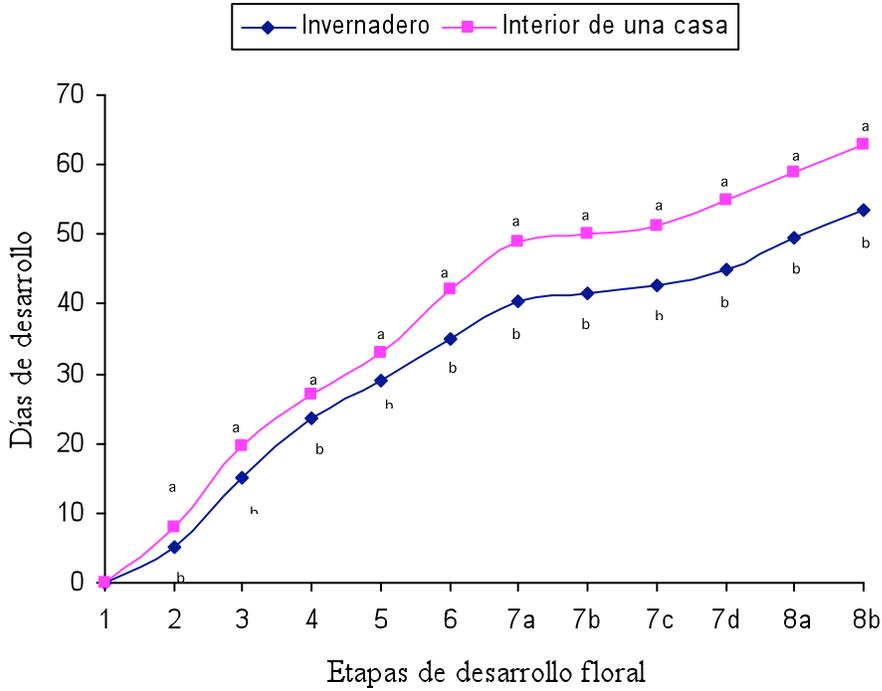


Figura.2 Efecto de dos ambientes (invernadero e interior de una casa) en los días desarrollo fenológico de las flores del Cacto de Navidad. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

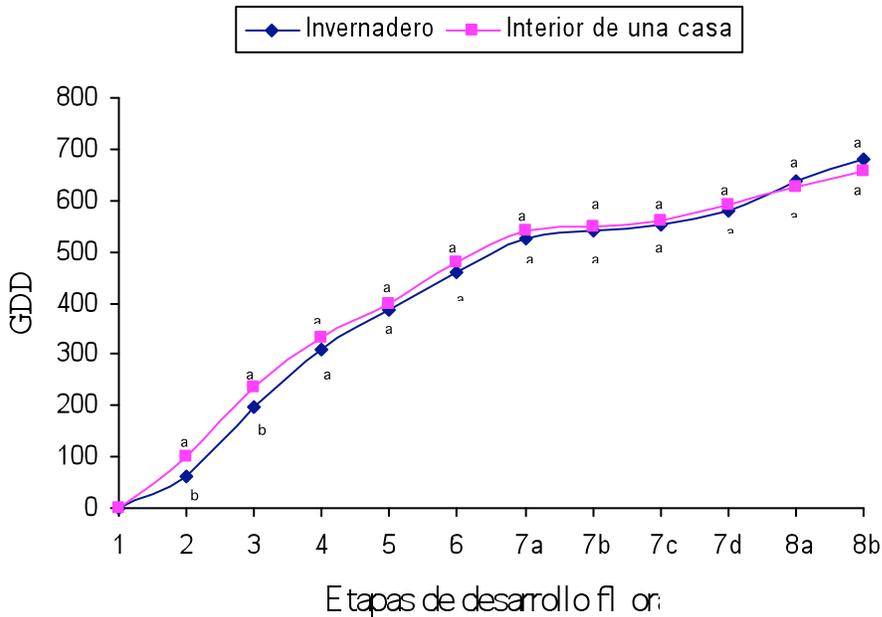


Figura 3. Efecto de dos ambientes (invernadero e interior de una casa) en los GDD (grados día de desarrollo) en el desarrollo fenológico de las flores del Cacto de Navidad. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

5.2. Deshidratación de flores del Cacto de Navidad

5.2.1. Efecto de los tratamientos de secado

La prueba de Kruskal-Wallis y el ANOVA con rangos ajustados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de secado en las variables cualitativas evaluadas durante la deshidratación de flores del Cacto de Navidad (Cuadros 4 y 5A). Para el porcentaje de pérdida de humedad el ANOVA también mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadros 4 y 6A).

Cuadro 4. Efecto en la deshidratación de flores del Cacto de Navidad, con tres desecantes [mezcla de harina de maíz- detergente (H-D), harina de arroz (HA) y sílica gel (SG)] y tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días de secado con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG).

Variable	Tratamientos								
	1 H-D 8	2 H-D 16	3 H-D 24	4 HA 8	5 HA 16	6 HA 24	7 SG 3	8 SG 6	9 SG9
FLEX	80.06a	75.83ab	67.36ab	80.06a	80.06a	67.36ab	75.83ab	57.43b	27.96c
FIR	23.00e	57.40dc	77.40bc	47.80d	66.40dc	77.40bc	69.80c	92.60ba	100.20a
FOR	19.00c	51.26b	85.80a	47.26b	73.60a	81.73a	81.73a	85.80a	85.80a
COLOR	52.90dc	54.60dc	68.80bc	38.70d	57.40dc	83.00ab	75.40abc	86.80ab	94.40a
TEX	26.36d	80.40ab	94.70a	56.10c	82.90ab	86.83a	60.73bc	60.73bc	63.23bc
%PP	22.60g	42.10e	69.76cb	22.76g	47.71d	71.50b	36.36f	66.34c	82.87a

Valores con diferente letra en una hilera indica diferencias significativas. (Prueba Kruskal- Wallis 0.05, para las variables flexibilidad, firmeza, forma, textura y color; y prueba Tukey 0.05 para la variable porcentaje de pérdida de peso, previamente transformada mediante arcoseno de la raíz cuadrada del porcentaje).

FLEX: Flexibilidad

FIR: Firmeza

FOR: Forma

TEX: Textura

%PP: Porcentaje de pérdida de peso

* : Significativo a 5%.

^{ns}: No significativo.

5.2.1.1. Flexibilidad

Con los tratamientos H-D8, HA8 Y HA16 se obtuvieron los mejores resultados para mantener la flexibilidad de las estructuras florales (80 para los tres tratamientos); en contraste, con el tratamiento SG9 se obtuvieron flores con tépalos frágiles y quebradizos (27) (Figura 10f). Con H-D16, H-D24, HA24 y SG3 se tuvieron flores con flexibilidad media. Las flores presentaron cierta rigidez, pero sin ser quebradizas cuando se aplicó SG6 (57) (Cuadro 4). Estos resultados muestran que tratamientos con menores tiempos de secado y materiales desecantes como H-D y HA mantuvieron mejor la flexibilidad; con el desecante SG, a medida que se aumentó el tiempo de secado se fue perdiendo la flexibilidad (Figura 4), hasta tener estructuras rígidas y quebradizas.

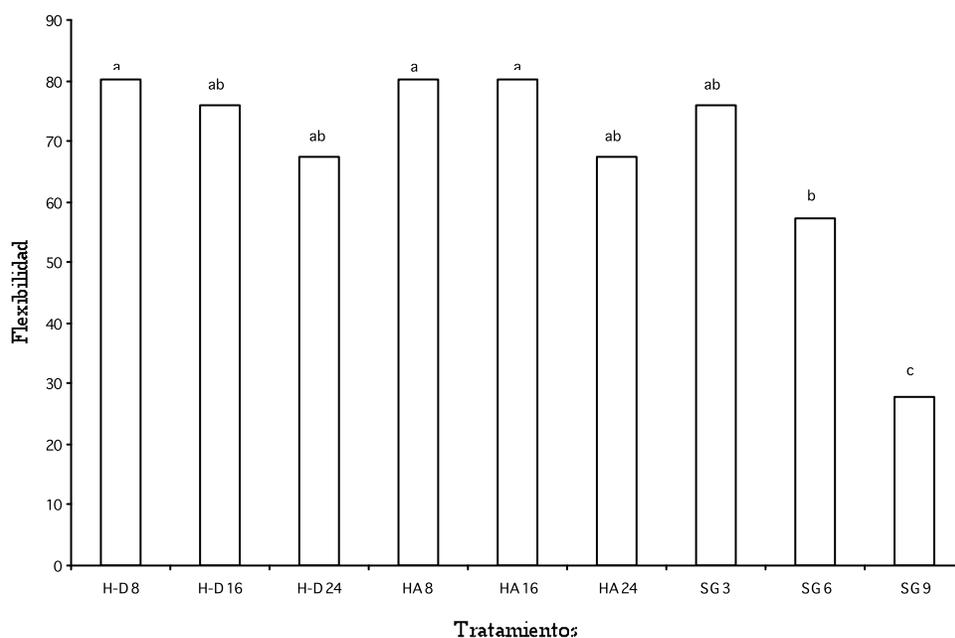


Figura 4. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la flexibilidad. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

5.2.1.2. Firmeza

En la firmeza de las estructuras florales se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4). Con los tres desecantes, se observó que a mayor tiempo de secado hubo mayor firmeza en las flores (Figura 5). La máxima firmeza (100) se logró con el tratamiento SG9, y el tratamiento que dio la menor (23) fue el H-D8 en el que las flores estaban flácidas y deformes (Figura 10g). Los tratamientos SG6 y SG9 resultaron sobresalientes para conservar la firmeza. Respecto al tiempo de secado se encontró que la estructura floral fue adquiriendo mayor firmeza conforme se alargó el periodo de secado. Con los tratamientos H-D8, H-D16, HA8 y HA16 se observó flacidez y deformación de los tépalos.

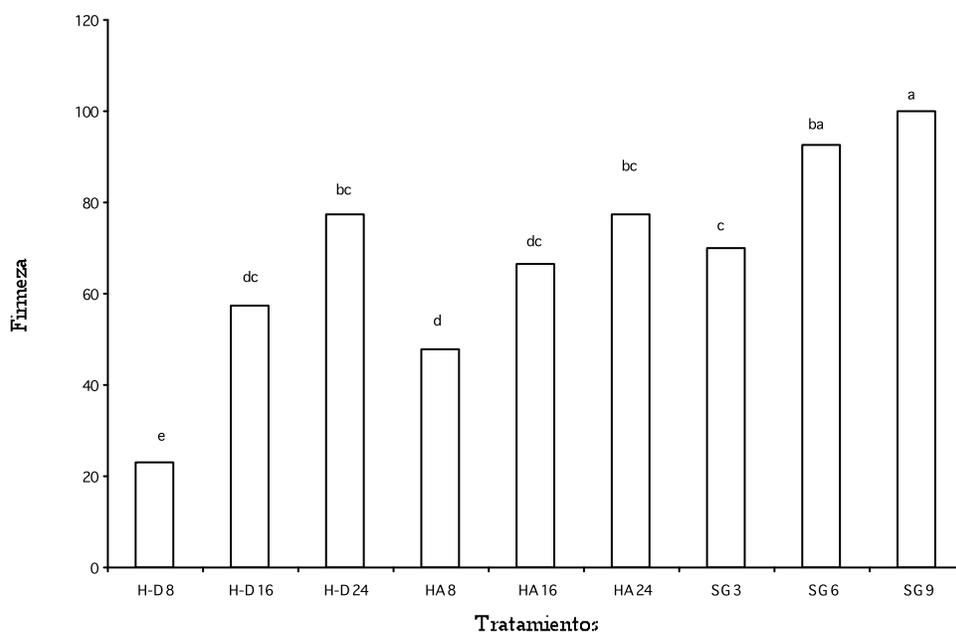


Figura 5. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la firmeza. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

5.2.1.3. Forma

Esta variable también mostró diferencias significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento H-D8 ocasionó deformaciones y cambios en la posición de los tépalos (19) (Cuadro 4). Los tratamientos H-D24, HA16, HA24, SG3, SG6 y SG9 dieron los mejores resultados con valores de: 85, 73, 81, 81, 85 y 85, respectivamente, al conservar la forma original de la flor (Figura 10e). Es de destacar que en todos los tratamientos con el desecante SG se conservó la forma, mientras que con los tratamientos con H-D y HA se necesitó más tiempo (24 días) para lograr el mismo efecto (Figura 6). Con H-D y HA la deshidratación fue más lenta, y cuando el tiempo de secado fue menor a 24 días se tuvieron deformaciones (Figura 10g).

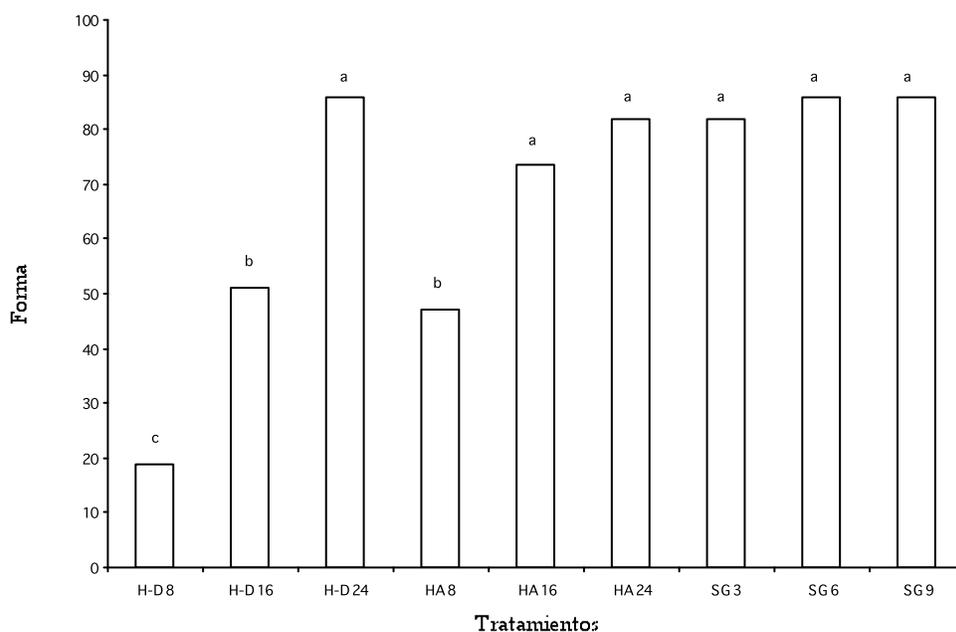


Figura 6. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la forma. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

5.2.1.4. Color

Los tratamientos para mantener el color de las flores presentaron diferencias significativas (Cuadro 4). Con SG9 se conservó el color sin sufrir cambio (94) (Figura 10e). Con los tratamientos HA24, SG3 y SG6 se observaron ligeras decoloraciones de las flores (83, 75 y 86, respectivamente), que no afectaron de forma importante la apariencia estética de la flor. Con los menores tiempos de secado ocurrieron las mayores pérdidas de coloración y manchados (Figura 10h y 10i, respectivamente), sobre todo con el desecante H-D y 8 días de secado que mostró cambios de color y manchado de tépalos (54). En la Figura 7 se muestra que a medida que se incrementó el tiempo de secado, se mantuvo mejor el color con los tres desecantes evaluados.

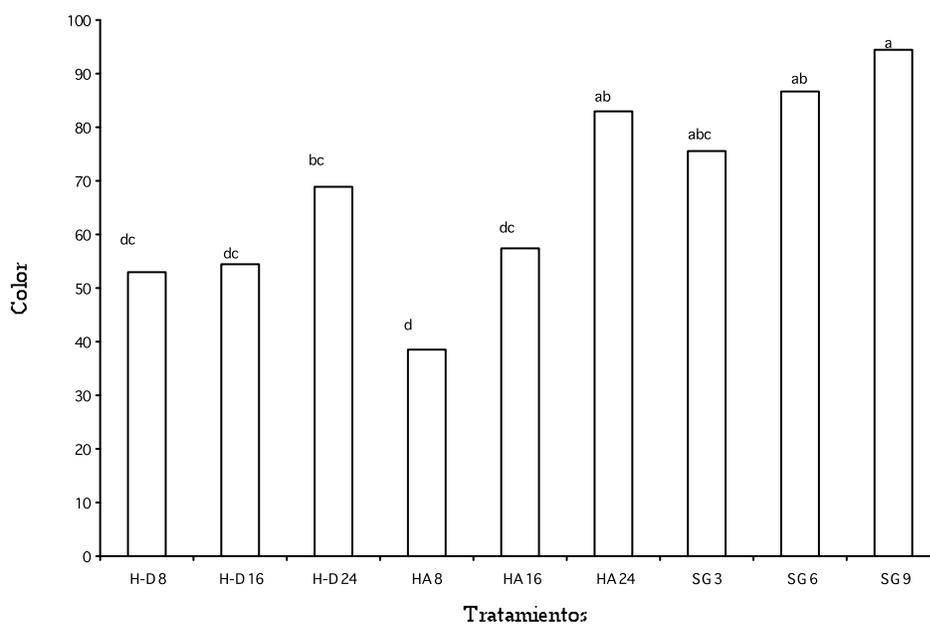


Figura 7. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la color. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

5.2.1.5. Textura

Hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la textura de los tépalos después del secado (Cuadro 4). Los tratamientos H-D24 y HA24 presentaron tépalos con texturas lisas (94 y 82, respectivamente) (Figura 10k). El tratamiento H-D8 fue al menos favorable (26), al ocasionar rugosidades y colapso de tépalos (Figura 10j). Con los desecantes H-D y HA y con 8 días de secado se presentaron más rugosidades. Todos los tratamientos con SG presentaron texturas ligeramente rugosas (Figura 8), pero sin producir una apariencia estética desagradable, con este desecante no hubo diferencias significativas entre tiempos de secado.

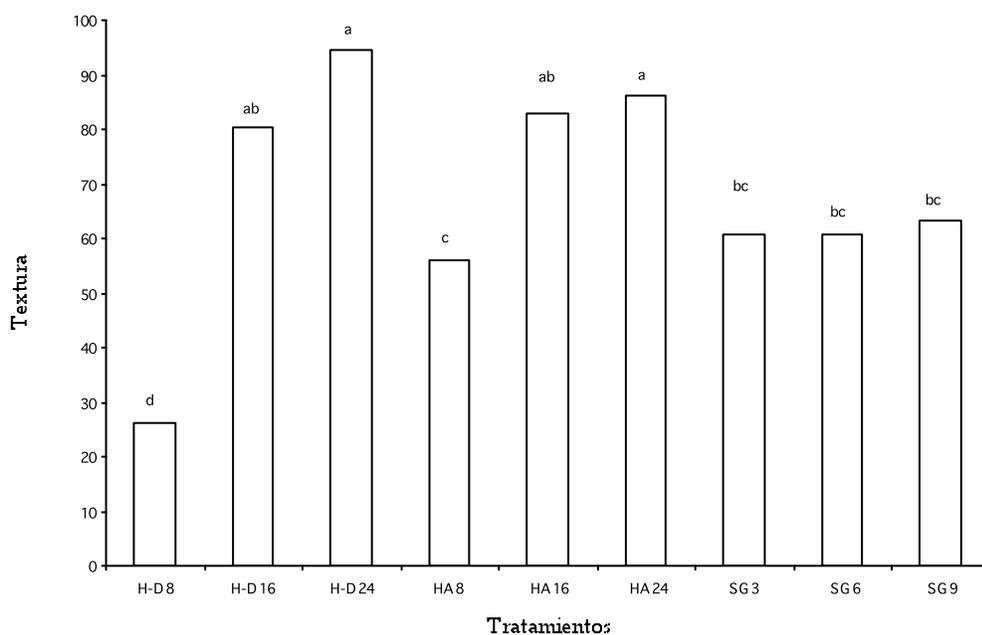


Figura 8. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en la textura. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)

5.2.1.6. Porcentaje de pérdida de peso

En esta variable también se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4). En los tres desecantes se encontró que a mayor tiempo de secado hubo mayor porcentaje de pérdida de peso (Figura 9). Con SG9 se alcanzó la mayor pérdida de peso (82 %), mientras que con los tratamientos H-D8 y HA8 hubo la menor pérdida de peso (22 %, para ambos tratamientos). Sin embargo con HA24 el porcentaje de pérdida de peso fue 71%, porcentaje en el cual se tuvo la mejor respuesta de las variables cualitativas.

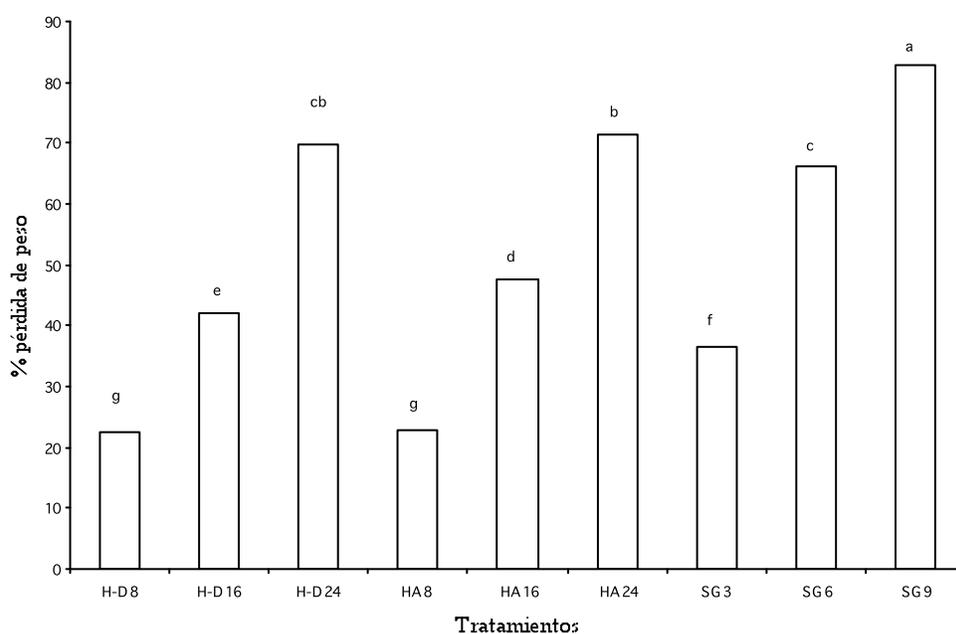


Figura 9. Efecto de tratamientos de deshidratación de flores del Cacto de Navidad con tres desecantes (H-D, HA y SG) con tres tiempos de secado (8, 16 y 24 días con H-D y HA, y 3, 6 y 9 días con SG) en el porcentaje de pérdida de peso. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey 0.05)



Figura 10. Deshidratación de flores del Cacto de Navidad. a) Características de la flor en fresco. b) Tratamiento con SG. c) Tratamiento con H-D. d) Tratamiento con HA. e) Flor deshidratada que conserva las características estéticas de la flor natural. f) Flor sin flexibilidad y de tépalos quebradizos. g) Flor deforme por la pérdida de firmeza de las estructuras de la flor. h) Flor decolorada durante el proceso de secado. i) Manchado de los tépalos de la flor. j) Flor que presenta en la superficie de los tépalos pequeñas rugosidades y protuberancias. k) Flor con tépalos de textura lisa.

5.2.2. Evaluación de la calidad de las flores deshidratadas del Cacto de Navidad

De acuerdo con el índice de calidad (IC) los tratamientos H-D8 y HA8 dieron flores deshidratadas de mala calidad (IC de 203 y 270, respectivamente) por presentar flores flácidas, deformes, decoloraciones ligeras y arrugamientos; el tratamiento H-D16 produjo flores de buena calidad (IC de 317) con flores flexibles y más o menos firmes, aunque ligeramente maltratadas, con decoloraciones ó manchados y texturas ligeramente arrugadas. Los tratamientos HA16, SG3 y SG9 fueron los que dieron muy buena calidad (IC de 364, 363 y 371, respectivamente), la cual presentó buena flexibilidad (con excepción del tratamiento SG9) y mantuvieron la forma y la firmeza. Los tratamientos H-D y HA presentaron texturas lisas pero con ligeras decoloraciones; los tratamientos con SG causaron ligeros arrugamientos pero se mantuvo el color. En la categoría de calidad excelente se encontraron los tratamientos H-D 24, HA24 y SG6, con flores flexibles, de buena forma y firmeza, textura aceptable y que mantuvieron el color (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluación del efecto de los tratamientos de secado en la calidad de las flores deshidratadas del Cacto de Navidad.

<i>Variable</i>	Tratamientos								
	1 H-D 8	2 H-D 16	3 H-D 24	4 HA 8	5 HA 16	6 HA 24	7 SG 3	8 SG 6	9 SG 9
FLEX	80.0	75.8	67.3	80.0	80.0	67.3	75.8	57.4	27.9
FIR	23.0	57.4	77.4	47.8	66.4	77.4	69.8	92.6	100.2
FOR	19.0	51.2	85.8	47.2	73.6	81.7	81.7	85.8	85.8
COLOR	54.6	52.9	68.8	38.7	57.4	83.0	75.4	86.8	94.4
TEX	26.3	80.4	94.7	56.1	82.9	86.8	60.7	60.7	63.2
ÍC	202.9	317.7	394	269.8	360.3	396.3	363.4	383.3	371.5
Categoría	4^{ta}	3^{ra}	1^{da}	4^{ta}	2^{da}	1^{ra}	2^{da}	1^{ra}	2^{da}
	Mala	Buena	Excelente	Mala	Muy buena	Excelente	Muy buena	Excelente	Muy buena

IC= Índice de calidad

5.2.3. Tratamientos de preservación

Con las aplicaciones de porcelanizador y laca se perdieron las características estéticas de las flores deshidratadas, ya que desde el momento de su aplicación se perdió la firmeza de los tépalos y en consecuencia la forma de la flor, por lo que su uso no es recomendable (Figura 11a y 11b). Con la aplicación del fijador de pétalos (Petal Proofer™) y del sellador de pétalos (Clear Life™) se obtuvieron los mejores resultados, ya que las flores conservan su apariencia natural y contribuyen a protegerlas del deterioro causado por la humedad ambiental (Figura 11c y 11d).

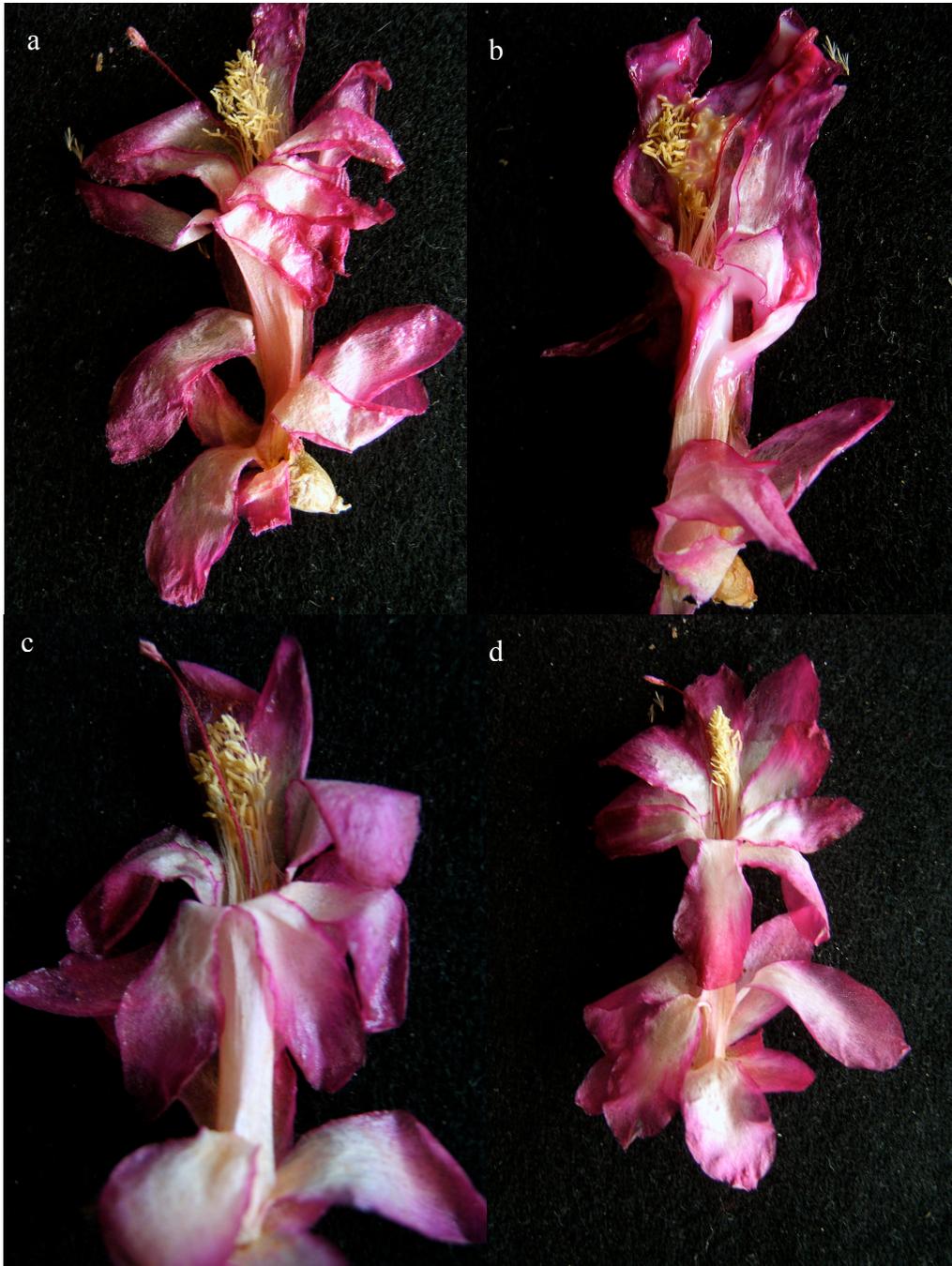


Figura 11. Tratamientos posteriores al secado, con recubrimientos para proteger las flores de la humedad ambiental. a) Tratamiento con porcelanizador. b) Tratamiento con aplicación de laca. c) Tratamiento con fijador de pétalos (Petal Proofer™). d) Tratamiento con aplicación de sellador de pétalos (Clear Life™).

6. DISCUSIÓN

6.1. Desarrollo floral del Cacto de Navidad

El reconocimiento de los eventos fenológicos que ocurren en el desarrollo de la flor es conveniente porque permite determinar la duración de cada una de las etapas de dicho desarrollo, en donde etapa es el periodo entre dos eventos. Dentro del invernadero el desarrollo de las flores fue 10 días más rápido que en el interior de una casa, debido a que en invernadero las temperaturas fueron más altas. Según Erwin *et al.*, (1990), en el Cacto de Navidad el desarrollo desde la iniciación floral hasta la antesis varía de 50 a 99 días, dependiendo de la temperatura ambiental. Es decir, en el Cacto de Navidad la temperatura tiene efecto considerable en la velocidad del desarrollo de la flor hasta alcanzar la antesis. Por tal razón, con las mayores temperaturas registradas en el invernadero se hizo más rápida la acumulación de los GDD necesarios para que el botón floral se desarrolle y muestre los verticilos que identifican cada etapa fenológica, y redujo el tiempo a la antesis, en comparación con el ambiente más frío del interior de un casa. Esto es coincide con lo indicado por diferentes investigadores (Erwin *et al.*, 1990; Reid y Evans, 1986; Shavarts *et al.*, 1997).

A pesar de las diferencias en temperaturas y el número de días de desarrollo en ambos ambientes, los GDD requeridos para cada etapa fueron similares. Sin embargo en las etapas 2 y 3 se detectaron diferencias en los requerimientos de GDD entre los dos ambientes, pero para el resto de las etapas los requerimientos fueron iguales. Esta diferencia inicial pudo deberse a la sensibilidad de las yemas a los cambios de ambiente (Erwin, 1990), ya que antes de iniciar la evaluación las macetas que contenían a las plantas del Cacto de Navidad estuvieron en las mismas condiciones ambientales y posteriormente se transportaron a los ambientes en donde se observó el desarrollo. La floración se alcanzó con menor número de días dentro del invernadero, pero este ambiente también redujo la vida de la flor abierta. Lo anterior confirma que la temperatura es un factor determinante en el desarrollo de los botones florales del Cacto de Navidad. Esta información permite inferir que conviene aumentar las temperaturas entre 22 y 25 ° C para acelerar el desarrollo floral, pero mantener temperaturas frescas entre 17 y 18 ° C, para alargar la vida útil de ornato.

Estos resultados también muestran que el Cactus de Navidad puede ser usado como planta de ornato de interior ya que en este ambiente mostró la ventaja de que sus flores pueden durar abiertas y en buenas condiciones manteniendo sus rasgos decorativos hasta por ocho días, y también como flor de corte porque hay alternativas viables para alargar su vida útil como el deshidratar sus flores y aplicar sustancias que alarguen su vida postcosecha.

6.2. Deshidratación de flores del Cacto de Navidad

Existen pocas referencias sobre deshidratado de flores con fines ornamentales, y las que están disponibles corresponden a especies importantes en el mercado de flor cortada, como rosa, gerbera y crisantemo (Chavarría, 1997; Gaytan, 1994; Joyce, 1998; Martínez *et al.*, 2005; Saxena y Pandya, 2001; Wilkins y Desborough, 1986). Para el Cacto de Navidad y, en general de las cactáceas, no se encontró información sobre este tema. No obstante, el deshidratado de flores de este cacto puede ser una alternativa para preservar las flores.

Los presentes resultados indican que con el deshidratado de flores del Cacto de Navidad con los desecantes con H-D y HA por sólo 8 días producen flores de mala calidad; flácidas, deformes, arrugadas, manchadas o decoloradas de los tépalos, características que se pueden atribuir al lento secado que ocurre con estos dos desecantes. La deshidratación lenta combinada con poco tiempo de secado no permite la suficiente extracción de agua de la flor, lo que causa que los tejidos suculentos de la flor alteren su color y se manchen o decoloren, además de que al no extraerle suficiente agua a, éstos se colapsan y arrugan.

Estos inconvenientes se reducen cuando se incrementa el tiempo de secado con éstos desecantes, pues se logra aumentar el porcentaje de pérdida de peso que es el factor que determina la calidad estética de las flores que han sido sometidas al proceso de deshidratación. La calidad excelente se obtuvo con los desecantes H-D, HA y SG con 24 y 6 días de secado, respectivamente, porque producen flores flexibles y firmes que pueden mantener la forma de sus estructuras florales, además de mantener textura lisa; en ocasiones se obtienen ligeras decoloraciones que no afectan la apariencia estética. Estos resultados se comparan con los obtenidos por Martínez *et al.* (2005) al deshidratar rosas con HA por 20 días de secado, pues obtuvo flores de buena calidad; sin embargo, con H-D observó manchado de los tépalos causado por el detergente.

Con los tratamientos HA16 y SG3 se obtienen flores de muy buena calidad, principalmente en flexibilidad, firmeza, forma y color. A pesar de que el tratamiento SG9 también produce flores de muy buena calidad la flexibilidad disminuye y las flores se hacen quebradizas debido a que la SG es muy absorbente. Los tratamientos con SG ocasionan texturas con pequeñas protuberancias causadas por el tamaño de las partículas de SG, las cuales no son pequeñas. A pesar de estas desventajas, los tratamientos con SG son los que permiten conservar mejor la apariencia natural de las flores. Con SG la deshidratación es rápida y así se evitan cambios indeseables de color. En el Cacto de Navidad el color de las flores deshidratadas mantuvo la misma tonalidad que las flores en fresco, lo que no ha ocurrido en especies como rosa o gerbera, las que después de ser sometidas a

tratamientos de deshidratación tienden a cambiar a tonalidades más intensas (Chavarría, 1997; Martínez *et al.*, 2005; Orduño, 1995; Pérez, 1996). Esto se debe a que en estas especies el color de las flores es producido por antocianinas, pigmentos que son sensibles a cambios de pH, que pueden ser alterados en el proceso de deshidratación (Barthe y Vaillant, 1991; Borochoy y Tirosh, 1976). En contraste, los resultados del presente estudio indican que en la flor del Cacto de Navidad la coloración se conserva, o sufre cambios mínimos, lo que se atribuye a que contiene otro tipo de pigmentos, las betalainas (Barthlott y Hunt, 1993; Gibson y Nobel, 1986), que son más estables a los cambios de pH.

Este estudio permitió confirmar que el porcentaje de pérdida de peso es un factor determinante en la deshidratación de flores del Cacto de Navidad, porque influye en la calidad estética de las flores deshidratadas. Los porcentajes en los cuales se obtienen flores del Cacto de Navidad de excelente calidad se encuentran entre 66 y 71%. Con altos contenidos de humedad las estructuras florales tienen mayor flexibilidad. Ahora bien, con el desecante SG se logra más rápido dicho porcentaje, por lo que es más difícil de mantener la flexibilidad; en cambio, con H-D y con HA la deshidratación es más lenta lo que permite mantener la flexibilidad en mejor medida. Esto concuerda con Cruz (1998) quién encontró que para lograr buena flexibilidad se debe mantener cierto porcentaje de humedad en las estructuras de la flor, aunque, las estructuras florales son flácidas y en consecuencia carentes de firmeza, lo que provoca que las flores pierdan su forma. La flacidez se evita cuando se extrae la suficiente agua para lograr rigidez de los tépalos, lo que se puede lograr con eficiencia al utilizar SG, resultados que concuerdan con los de Martínez *et al.* (2005) quién menciona que el uso de sílica gel permite mantener mejor la firmeza y la forma de las estructuras florales.

Con altos contenidos de humedad el color sufre cambios indeseables como decoloraciones o manchados de tépalos; si no se extrae suficiente agua para evitar el ataque de patógenos o la degradación de pigmentos. Con la sílica gel se permite un secado rápido, y logra fijar mejor el color de los tépalos, mientras que con HA y H-D la deshidratación es lenta y se pueden presentar estos problemas. Cabe señalar que en ocasiones, a pesar de dar mayores tiempos de secado estos problemas pueden presentarse; esto podría evitarse si se incrementa la temperatura del ambiente donde se hace la deshidratación con objeto de incrementar el déficit de saturación del aire. Otro efecto del no extraer la suficiente de agua es que las flores terminan de deshidratarse en el ambiente y los tépalos se colapsan y se arrugan.

Joyce (1998) menciona que sin turgencia los tejidos blandos no soportan la fuerza de la gravedad y se colapsan. Este colapso se evita con desecantes y suficiente tiempo de secado, para dar sostén a las estructuras florales. En Cactus de Navidad es necesario mantener las flores durante 16 a 24 días con los desecantes H-D y HA, y de 3 a 6 días cuando se utiliza SG, para evitar el colapso de los tépalos.

Las flores deshidratadas tienen el problema de que pueden absorber la humedad del ambiente y deteriorarse. Saxena y Pandya (2001) recomiendan mantener las flores en condiciones de ambiente seco y aplicar fijadores que se utilizan en la decoración, para mantenerlas en buenas condiciones. En el presente estudio, después de las pruebas hechas con productos de decoración para dar el acabado final, se encontró que en las flores del Cacto de Navidad no es recomendable utilizar laca o porcelanizador porque son muy densos y provocan que las flores pierdan su forma al maltratar los tépalos. En cambio, con la aplicación de fijador de pétalos (Petal Proofer™) y sellador de pétalos (Clear Life™) las flores no sufren modificaciones y conservan la apariencia natural de las flores, porque estos productos forman una capa protectora que reduce la absorción de la humedad ambiental, sin ser pesados.

7. CONCLUSIONES

7.1. Desarrollo floral del Cacto de Navidad

Dentro del invernadero se necesitaron de 42 a 43 días para alcanzar la apertura floral a partir de la primera etapa. En el interior de una casa se necesitaron 51 días para alcanzar la misma etapa.

En cualquiera de estos dos ambientes, las flores del Cacto de Navidad necesitan acumular entre 550 y 560 GDD para llegar a la apertura floral.

La duración del periodo del inicio de la apertura floral al inicio de la senescencia de los tépalos es de 7 días dentro del invernadero y de 8 días en el interior de una casa.

La caracterización propuesta del desarrollo floral permite darle seguimiento detallado y establecer los requerimientos térmicos para cada una de sus etapas.

7.2. Deshidratación de flores del Cacto de Navidad

Es posible obtener flores del Cacto de Navidad deshidratadas de buena calidad para preservarlas y utilizarlas en arreglos decorativos

El desecante más recomendable es la sílica gel aplicado por 6 días, porque permite conservar las características estéticas de la flor fresca y hacer el secado en poco tiempo.

La harina de arroz ofrece buenos resultados de secado cuando se aplica durante 24 días, aunque se asocia con ligeras decoloraciones y manchados de la flor.

Las flores del Cacto de Navidad deben perder de 66 a 71% del peso fresco, para poder obtener flores secas de buena calidad.

La aplicación de fijador de pétalos (Petal Proofer™) y sellador de pétalos (Clear Life™) protege a las flores secas del Cacto de Navidad de la humedad ambiental y conserva su apariencia estética.

8. LITERATURA CITADA

Aitken, I. 1974. Flowering Time, Climate and Genotype. Melbourne University Press. 193 p.

Arnold, M. 1997. Ramos y Centros de Flores Secas. Ed. Susaeta, Madrid España. 171p.

Baker, J. T., and V.R. Reddy. 2001. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany* 87: 605- 613.

Barthe, Ph. and V. Vaillant. 1991. pH of cell sap and vacuolar pH during senescence of the rose petal. *Acta Horticulturae* 298: 135- 139.

Barthlott, W. and D. Hunt. 1993. Cactaceae. In: *The Families and Genera of Vascular Plants*. (R. Kubitzki, J. G. Rohwer, and V. Bittrich eds.). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. pp: 161-197.

Borochoy, A. and T. Tirosh. 1976. Abscisic acid content of senescing petals on cut rose flowers as affected by sucrose and water stress. *Plant Physiology* 58: 175-178.

Castillo, M., L. 2004. Introducción al SAS para Windows. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. 238 p.

Chavarría, R., H. 1997. Deshidratación de gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus), con fines decorativos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, UACH.

Chimonidou, P., D. 2000. New cut flowers for fresh and dry production cultivated in Cyprus. *Acta Horticulturae* 541: 83- 87.

Cormack, A. and D. Carter. 1987. *Flowers, Growing, Drying and Preserving*. Industria Gráfica S.A. Barcelona, España. 112 p.

Cruz, C., L. 1998. Deshidratación de flores de hortensia (*Hidrangea Macrophylla*) por liofilizado y tratamientos granulares. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, UACH.

Erwin, J. 1990. Thanksgiving Cactus Production. Minnesota Flower Growers Bulletin. 40. 2:1-6.

Erwin, J., R. Heins, R. Berghage, and B. Kovanda. 1990. Temperature effects *Schlumbergera truncata* "Madisto" flower initiation. Acta Horticulturae 272: 97-101.

Fischer R., A. 1983. In: Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. W.H. Smith, S.J. Banta (eds). International Rice Research Institute. Los Baños Philippines. September, 1980. pp: 129-154.

FreeZone 4.5 Liter Benchtop. 1997. Instruction Manual. Labconco Corporation. USA. 48p.

García P., A. y C. López. 2002. Temperatura base y tasa de extensión foliar del maíz. Rev. Fitotecnia. Mexicana. Vol. 25 (4): 381-386.

Gaytán, A., C. 1994. Secado natural de flores de 4 variedades de crisantemo (*Chrysanthemum spp*). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, UACH.

Gibson C., A. and S. Nobel. 1986. The Cactus Primer. Harvard University Press. USA. 286 p.

Grageda, G., R. Sabori, y P. Ortega. 2003. Fenología de melón chino (*Cucumis melo* L.) en relación a la condición climática. In: Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Memorias. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. Octubre, 2003. pp 21.

Greyson, R. I., 1994. The Development of Flowers. Oxford University Press. New York. 314 p.

Hamel, E., V. 1971. Creative Dried and Contened Flowers. Simona and Hulters. New York USA.

Heins, R. and R. Moe. 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. Acta Horticulturae 272: 81- 89.

Joyce, D., C. 1998. Dried and preserved ornamental plant material: not new, but often overlooked and underrated. *Acta Horticulturae* 454: 133- 143.

Kobayashi, N., J., Schmindt, M., Nimtz, V., Wray, and W. Schliemann. 2000. Betalains from Christmas cactus. *Phytochemistry* Vol. 54 (4): 418-426.

Kunte, L. y R. Subik. 2004. *La Enciclopedia de los Cactus*. Ed. LIBSA. Madrid . 288 p.

Levitt, J. 1980. *Responses of Plant to Environmental Stress*. Academic Press. Inc. New York. 497 p.

López, C., R. A. Richards, G. D. Farquhar, y R. E. Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Science* 36: 1257- 1266.

Martínez, A., J. M. Goytia, P. A. Barrientos, y A. F. Espinosa. 2005. Métodos de deshidratación calidad comercial de la flor de rosa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* Vol. 9 (1): 167-173.

Masle J., G. Doussinault, G.D. Farquhar, and B. Sun. 1989. Foliar stage in wheat correlates better to photothermal time than to thermal time. *Plant, Cell and Environment* 12:235-247.

Miralles, H., R. 1992. *Flores Secas de Nuestros Campos y Jardines*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.156 p.

Nobel, S., P. 1994. *Remarkable Agaves and Cacti*. Oxford University Press. New York. 166 p.

Orduño, C., A. 1995. Efecto de diferentes tratamientos granulares (mezclas de arena bórax) en el secado de tres especies de flores. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, UACH.

Pérez, G., J. 1996. Efecto de secado granular en tres estados de apertura floral. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

Purcell L., R. 2003. Comparison of thermal units derived from daily and hourly temperatures. *Crop Science* 43:1874- 1879

Reid, S. M., and Y. R. Evans. 1986. Control of cut flower opening. *Acta Horticulturae* 181:45-54.

Reyes, S., J. 1997. *Suculentas Mexicanas, Cactáceas: Cultivo y Propagación como Plantas de Ornato*. CONABIO, CVS, UNAM, Semarnap (Profepa). México. 143 p.

Riha, J. y R. Subik. 1991. *Enciclopedia de los Cactus. Cactus y otras Plantas Suculentas*. Ed. Susaeta. Madrid. 351 p.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamerica. México. 759 p.

Sarret, G., J. 1992. *Arreglos florales. Tomo 4: Manualidades Florales*. Hymnsa Grupo Editorial. Barcelona, España. 96 p.

Saxena, O. and H. Pandya. 2001. Preservation of *Chrysanthemum sp.* by drying. *Acta Horticulturae* 543: 367- 370.

Shvarts, M., D. Weiss, and A. Borochoy. 1997. Temperature effects on growth, pigmentation and post-harvest longevity of petunia flowers. *Scientia Horticulturae* 69:217-227.

van Doorn, W.G. and U. van Meeteren. 2003. Flower opening and closure: a review. *Journal of Experimental Botany* 54(389):1801-1812.

Whitlock, S. and M. Rankin. 1975. *Dried Flowers. How to Prepare Them*. Dover Publications, Inc. New York U. S. A. 32 p.

Wilkins, H. F. y S. L. Desborough. 1986. Cryo-drying of *Dianthus caryophyllus* L. flowers. *Acta Horticulturae* 181: 477- 481.

<http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact-sheets/specific-crops/caeti.html>

Boyle, T., H. 1993. Commercial Production of Holiday Cacti. Department of Plant and Soil Sciences. University of Massachusetts Amherst. UMASS EXTENSION Copyright 2003.

9. ANEXOS

Cuadro 1A. ANOVA para las etapas fenológicas evaluadas (etapa 1, etapa 2, etapa 3, etapa 4, etapa 5, etapa 6, etapa 7a, etapa 7b, etapa 7c, antesis 7d, etapa 8a y etapa 8b) en el tiempo (días) de desarrollo floral del Cactus de Navidad.

Fuentes de GL

Variación

	Variables													
	etapa 1	etapa 2	etapa 3	etapa 4	etapa 5	etapa 6	etapa 7a	etapa 7b	etapa 7c	etapa 7d	etapa 8a	etapa 8b		
Ambiente	1	0	84.10*	112.22*	112.22*	148.22*	476.10*	748.22*	756.90*	1020.10*	874.22*	912.02*		
Repetición	19	0	7.10	10.06	16.27	25.90	29.25	33.11	33.12	33.87	34.35	36.70		
Error		0	6.62	8.06	15.54	18.11	19.15	21.33	21.05	20.58	22.67	26.18		
CV			36.21	16.39	15.56	13.69	11.35	10.33	10.01	9.67	9.53	8.78		

*: Significativo a 5%

ns: No significativo

Cuadro 2A. ANOVA para las etapas fenológicas evaluadas (etapa 1, etapa 2, etapa 3, etapa 4, etapa 5, etapa 6, etapa 7a, etapa 7b, etapa 7c, antesis 7d, etapa 8a y etapa 8b) en los grados día de desarrollo (GDD) acumulados en el de desarrollo floral del Cactus de Navidad.

Fuentes de GL

Variación

	Variables													
	etapa 1	etapa 2	etapa 3	etapa 4	etapa 5	etapa 6	etapa 7a	etapa 7b	etapa 7c	etapa 7d	etapa 8a	etapa 8b		
Ambiente	1	0	14575.78*	14164.49*	5934.58 ^{ns}	1539.33 ^{ns}	2730.67 ^{ns}	1931.47 ^{ns}	1141.63 ^{ns}	530.74 ^{ns}	1597.50 ^{ns}	1147.68 ^{ns}	4979.54 ^{ns}	
Repetición	19	0	1089.32	1671.01	2974.89	4133.13	4226.73	4380.69	4364.93	4368.53	4268.50	4093.08	4318.81	
Error		0	856.13	1384.91	2905.61	3301.59	3081.53	3097.98	3030.31	2956.55	3144.44	3127.98	3411.81	
CV			36.05	17.13	16.83	14.68	11.83	10.44	10.10	9.77	9.55	8.86	8.74	

*: Significativo a 5%

ns: No significativo

Cuadro 3A. Efecto de dos ambientes (Invernadero e interior de una casa) en el tiempo (Días) necesario para alcanzar las etapas de desarrollo floral de Cactus de Navidad.

<i>Variable</i>	<i>Días</i>			
	<i>Invernadero</i>	<i>Interior de una casa</i>	<i>DMS</i>	<i>CV</i>
Etapa 1	0	0	0	-
Etapa 2	5.10 ^b	8.00 ^a	2.959	36.21
Etapa 3	15.00 ^b	19.65 ^a	1.879	16.39
Etapa 4	23.65 ^b	27.00 ^a	2.609	15.56
Etapa 5	29.15 ^b	33.00 ^a	2.817	13.69
Etapa 6	35.10 ^b	42.00 ^a	2.896	11.35
Etapa 7a	40.35 ^b	49.00 ^a	3.056	10.33
Etapa 7b	41.45 ^b	50.15 ^a	3.037	10.01
Etapa 7c	42.55 ^b	51.25 ^a	3.002	9.67
Antesis 7d	44.90 ^b	55.00 ^a	3.152	9.53
Etapa 8a	49.65 ^b	59.00 ^a	3.2364	9.00
Etapa 8b	53.45 ^b	63.00 ^a	3.386	8.78

Valores con diferente letra en cada hilera, indica diferencias significativas (Tukey 0.05).

DMS: Diferencia mínima significativa

CV: Coeficiente de variación

Cuadro 4A. Efecto de dos ambientes (Invernadero e interior de una casa) en la acumulación de grados día de desarrollo (GDD) de las etapas de desarrollo floral de Cactus de Navidad.

<i>Variable</i>	<i>GDD</i>			
	<i>Invernadero</i>	<i>Interior de una casa</i>	<i>DMS</i>	<i>CV</i>
Etapa 1	0	0	0	-
Etapa 2	62.06 ^b	100.24 ^a	19.366	36.05
Etapa 3	198.36 ^b	235.99 ^a	24.631	17.13
Etapa 4	307.96 ^a	332.33 ^a	35.677	16.83
Etapa 5	385.02 ^a	397.43 ^a	38.031	14.68
Etapa 6	460.83 ^a	477.36 ^a	36.742	11.83
Etapa 7a	525.78 ^a	539.67 ^a	36.840	10.44
Etapa 7b	539.47 ^a	550.15 ^a	36.435	10.10
Etapa 7c	552.88 ^a	560.17 ^a	35.989	17.84
Antesis 7d	580.36 ^a	593.06 ^a	37.115	9.55
Etapa 8a	636.44 ^a	625.73 ^a	37.017	8.62
Etapa 8b	679.26 ^a	656.98 ^a	38.660	8.74

Valores con diferente letra en cada hilera indica diferencias significativas (Tukey 0.05).

DMS: Diferencia mínima significativa

CV: Coeficiente de variación

Cuadro 5A. Prueba de Kruskal-Wallis para las variables evaluadas (flexibilidad, firmeza, forma, textura y color) en la deshidratación del Cactus de Navidad.

<i>Variable</i>	<i>CHISQ</i>	<i>Prob> CHISQ</i>
FLEX	29.2067	0.0003 *
FIR	50.9581	0.0001 *
FOR	55.7913	0.0001 *
TEX	40.6342	0.0001 *
COLOR	31.8931	0.0001 *

FLEX: Flexibilidad

FIR: Firmeza

FOR: Forma

TEX: Textura

* : Significativo a 5%

^{ns}: No significativo

Cuadro 6A. ANOVA con rangos ajustados con la prueba Kruskal- Wallis para las variables cualitativas evaluadas (flexibilidad, firmeza, forma, color y textura) y con datos transformados para la variable porcentaje de pérdida de peso, en la deshidratación del Cactus de Navidad.

<i>Fuentes de variación</i>	<i>GL</i>	CUADRADOS MEDIOS					
		Variables					
		FLEX	FIR	FOR	TEX	COLOR	%PP
Tratamiento	8	4264.98*	8193.60*	745.95*	942.78*	1032.58*	0.8213*
Error	126	971.60	847.77	8381.18	6462.42	5079.78	0.0012
CV		45.83	42.81	40.16	45.15	47.25	13.63

FLEX: Flexibilidad

FIR: Firmeza

FOR: Forma

TEX: Textura

%PP: Porcentaje de pérdida de peso

* : Significativo a 5%

^{ns}: No significativo