



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

POSTGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y MÉTODOS DE MANEJO POSTCOSECHA DE

Heliconia spp.

GISELA CARRERA ALVARADO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

FEBRERO, 2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Gisela Carrera Alvarado**, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo e ser partícipe de las regalías económicas y o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del profesor **Joel Velasco Velasco**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Sistemas de producción y Métodos de manejo postcosecha de *Heliconia spp.***, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Profesor Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo con las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Amatlán de los Reyes, Ver., a 21 de febrero de 2019.

Gisela Carrera Alvarado



Firma

Joel Velasco Velasco




Vo. Bo. del Profesor Consejero

La presente tesis titulada: **Sistemas de producción y Métodos de manejo postcosecha de *Heliconia spp.***, realizada por la alumna: Gisela Carrera Alvarado, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

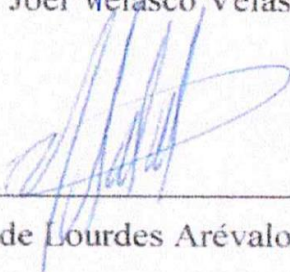
MAESTRA EN CIENCIAS

POSTGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE


CONSEJO PARTICULAR

Consejero: 

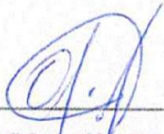
Dr. Joel Velasco Velasco

Asesor: 

Dra. Ma. de Lourdes Arévalo Galarza

Asesor: 

Dr. Josafhat Salinas Ruiz

Asesor: 

Dra. Obdulia Baltazar Bernal

***SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y MÉTODOS DE MANEJO POSTCOSECHA DE
Heliconia spp.***

Gisela Carrera Alvarado, MC.

Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

Las heliconias se han posicionado en los últimos años como ornamentales tropicales con gran demanda debido a la peculiaridad de sus formas y colores; sin embargo, poco se ha reportado sobre el manejo postcosecha adecuado de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana* para su comercialización. El objetivo de este estudio fue describir el sistema de producción y determinar un método de manejo postcosecha adecuado. Se postula que la combinación de un tratamiento céreo, refrigeración y soluciones de florero contribuirán a conservar la calidad. Los tallos florales se obtuvieron de una plantación comercial en Campo grande, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Inicialmente se establecieron cinco tratamientos de pulsado con dos tipos de almacenamiento refrigerado: húmedo (agua) y seco. No se observó influencia de los tratamientos de pulsado sobre la vida de florero debido a la falta de capacidad de absorción de estas especies. El almacenamiento en seco mostró mayor vida de florero que el húmedo. Por lo anterior, se optó por un tratamiento céreo combinado con el almacenamiento refrigerado en seco con dos tiempos de evaluación (5 y 10 d). Se utilizó ácido salicílico como solución preservativa y agua de llave como testigo, para cada especie. El comportamiento fisiológico y bioquímico se analizó. Los resultados mostraron que el encerado mantuvo la turgencia de los tallos, disminuyó el estrés oxidativo evaluado mediante la actividad enzimática de polifenol oxidasa y peroxidasa y mantuvo la integridad de la membrana celular, lo cual condujo a una mayor vida postcosecha; el tiempo de almacenamiento influyó sobre la vida de florero, por lo que se obtuvo una mejor respuesta en los tallos almacenados por 5 d y el ácido salicílico no mostró influencia significativa por lo que el agua es suficiente para mantener la calidad de los tallos florales de *H. psittacorum* cv. Tropics y *H. wagneriana* dando como resultado 5 y 3 d más de vida de florero que el testigo, respectivamente.

Palabras clave: *Heliconia* spp., flores de corte, manejo postcosecha, sistema de producción, vida de florero.

PRODUCTION SYSTEMS AND POST-HARVEST METHODS OF Heliconia spp.

Gisela Carrera Alvarado, MC.

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

The heliconias have been positioned in recent years as tropical ornamentals in great demand due to the peculiarity of their shapes and colors; however, little has been reported on postharvest handling of *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics and *Heliconia wagneriana* for commercialization. The aim of this study was to describe the production system and determine an appropriate postharvest handling method. It is postulated that the combination of a waxy treatment, low temperature and vase solution will contribute to preserve the quality. The floral stems were obtained from a commercial plantation in Campo Grande, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Initially five pulsed treatments were established with two types of refrigerated storage: wet (water) and dry. No influence of pulsed treatments on vase life was observed due to the lack of absorption capacity of these species. Dry storage gave longer vase life than wet storage. Therefore, we chose a waxy treatment combined with dry refrigerated storage with two evaluated times (5 and 10 d). Salicylic acid as a preservative solution and water as control, for each specie, was used. The physiological and biochemical behavior was analyzed. The results showed that the waxing maintained the turgor of the stems, decreased the oxidative stress evaluated through the enzymatic activity of polyphenol oxidase and peroxidase and maintained the integrity of the cell membrane, which led to a longer postharvest life; the storage time influenced the vase life, so a better response was obtained in the stems stored for 5 d and the salicylic acid showed no significant influence so that the water is sufficient to maintain the quality of the flower stems of *H. psittacorum* cv. Tropics and *H. wagneriana* resulting in 5 and 3 d more vase life than the control, respectively.

Key words: *Heliconia* spp., cut flowers, postharvest handling, production system, vase life.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo brindado durante mis estudios de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba y Campus Montecillo, por brindarme herramientas valiosas para mi desarrollo profesional y académico.

Al Dr. Joel Velasco Velasco, por el apoyo y confianza demostrada para la realización de este proyecto.

A la Dra. Lourdes Arévalo Galarza, por la asesoría, infinita paciencia y horas de trabajo que dedicó en la mejora del presente proyecto.

A la Dra. Obdulia Baltazar Bernal, por el apoyo y contribución en mi formación del mundo de las ornamentales.

Al Dr. Josafhat Salinas Ruíz, por la asesoría y atinadas sugerencias en el campo de la estadística.

A la Dra. Lucero del Mar Ruiz Posadas, por asesorarme desde el enfoque anatómico de las plantas, pero sobre todo por sus enormes consejos y por integrarme como una más a su equipo de trabajo.

A la M.C. Cecilia García Osorio por asesorarme pacientemente en todas las técnicas de laboratorio, por los tips y consejos.

A los profesores que contribuyeron en mi formación durante mi estancia en el CP.

A Vianey, Hylenni, Héctor, Xóchitl y Rubén por ser compañeros de viaje en este postgrado.

DEDICATORIA

A mi madre Guillermina Alvarado Valdivia por escucharme, aconsejarme, cuidarme, guiarme, pero sobre todo por abrazarme en los días borrosos. “Muchas mujeres hacen las cosas nobles, pero tú las superas a todas”.

A mi padre Ignacio Carrera Reyes por darme una noble familia.

A mis hermanos Lorena, Carolina, Beatriz, José y Aldo por ser mis compañeros de vida y apoyarme incondicionalmente. Los amo y mi único objetivo en esta vida es estar a la altura de su amor.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. HIPÓTESIS.....	3
3.1 Hipotesis general.....	3
3.2 Hipotesis específicas.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Sistema de producción ornamental	4
4.2 Importancia económica del mercado ornamental	6
4.3 Factores que afectan la vida postcosecha de flores de corte.....	10
4.4 Efectos de la temperatura de refrigeración en ornamentales	13
4.5 Estrés fisiológico por condiciones de temperatura	13
4.4.1 Tratamientos para reducir los daños por frío	16
4.6 Condiciones de almacenamiento de Heliconias.....	17
5. LITERATURA CITADA	18
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE HELICONIAS EN LOS MUNICIPIOS DE AMATLÁN DE LOS REYES, FORTÍN DE LAS FLORES E IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ.....	1
1.1 Resumen.....	1
1.2 Introducción	1
1.3 Materiales y métodos	3
1.3.1 Gestión de la información.....	3
1.4 Resultados y discusión.....	5
1.4.1 Características socioeconómicas.....	5
1.4.2 Producción	5
1.4.3 Comercialización y apoyos gubernamentales	9
1.5 Conclusión	14

1.6 Literatura citada	14
CAPÍTULO II. USO DE SOLUCIONES PULSO Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO EN HÚMEDO Y SECO DE <i>Heliconia psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Tropics	16
2.1 Resumen.....	16
2.2 Introducción	17
2.3 Materiales y métodos	18
2.3.1 Material vegetal	18
2.3.2 Descripción anatómica.....	19
2.3.3 Porcentaje de peso fresco (% PF)	19
2.3.4 Consumo de agua (CA).....	19
2.3.5 Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular (PIA).....	19
2.3.6 Vida de florero (VF)	20
2.3.7 Análisis estadístico.....	20
2.4 Resultados y discusión.....	21
2.4.1 Descripción morfo-anatómica.....	21
2.4.2 Porcentaje de peso fresco (% PF)	25
2.4.3 Consumo de agua (CA).....	26
2.4.4 Porcentaje de integridad absoluta de la membrana celular (PIA).....	27
2.4.5 Vida en florero (VF)	29
2.5 Conclusión	31
2.6 Literatura citada	31
CAPITULO III. ENCERADO Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO EN <i>Heliconia psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Tropics	35
3.1 Resumen.....	35
3.2 Introducción	35
3.3 Materiales y métodos	37
3.3.1 Material vegetal	37
3.3.2 Pérdida de peso fresco (PPF)	37
3.3.3 Consumo de agua (CA).....	38
3.3.4 Vida en florero (VF) y Vida postcosecha total (VPT).....	38
3.3.5 Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular (PIA).....	38

3.3.6 Actividad enzimática	39
3.3.7 Análisis estadístico.....	40
3.4 Resultados y discusión.....	40
3.4.1 Evaluación de tallos florales almacenados en refrigeración por 5 d.....	40
3.4.1.1 Pérdida de peso fresco (PPF)	40
3.4.1.2 Consumo de solución (CS)	41
3.4.1.3 Vida de florero y vida postcosecha total.....	41
3.4.2 Evaluación de tallos florales almacenados en refrigeración por 10 d.....	42
3.4.2.1 Pérdida de peso fresco (PPF)	42
3.4.2.2 Consumo de solución (CS)	42
3.4.2.3 Vida de florero (VF)	43
3.4.3 Evaluación de la actividad enzimática de Polifenol oxidasa (PFO) y Peroxidasa (POX), y de la integridad absoluta de las membranas celulares (PIA).....	45
3.5 Conclusión	47
3.6 Literatura citada	48
CAPÍTULO IV. CALIDAD Y MANEJO POSTCOSECHA DE <i>Heliconia wagneriana</i>	50
4.1 Resumen.....	50
4.2 Introducción	51
4.3 Materiales y métodos	52
4.3.1. Material vegetal	52
4.3.2 Descripción anatómica.....	52
4.3.3 Pérdida peso fresco (PPF).....	53
4.3.4 Consumo de agua (CA).....	53
4.3.5 Vida en florero (VF) y Vida postcosecha total (VPT).....	53
4.3.6 Integridad absoluta de la membrana celular (PIA)	54
4.3.7 Actividad enzimática	54
4.3.8 Análisis estadístico.....	55
4.4 Resultados y discusión.....	56
4.4.1 Descripción anatómica de <i>Heliconia wagneriana</i>	56
4.4.2 Evaluación de los tallos florales almacenados en refrigeración durante 5 d	58
4.4.2.1 Pérdida de peso fresco (PPF)	58

4.4.2.2 Consumo de Solución (CS).....	58
4.4.2.3 Vida de florero (VF) y vida postcosecha total (VPT).....	59
4.4.3 Evaluación de los tallos florales almacenados en refrigeración durante 10 d	60
4.4.3.1 Pérdida de peso fresco (PPF)	60
4.4.3.2 Consumo de Solución (CS).....	60
4.4.3.3 Vida de florero y vida postcosecha total.....	61
4.4.4 Evaluación de la actividad enzimática de Polifenol oxidasa (PFO) y Peroxidasa (POX) e integridad absoluta de las membranas celulares (PIA)	63
4. 5 Conclusión	66
4.6 Literatura citada	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	72
1. Conclusiones	72
2. Recomendaciones	72
ANEXOS	74

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países importadores de flores de corte.....	7
Cuadro 2. Principales países exportadores de flores de corte.	7
Cuadro 3. Disponibilidad de diferentes especies de heliconias a lo largo del año en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.	9
Cuadro 4. Información obtenida de los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.	11
Cuadro 5. Variables evaluadas en tallos de <i>Heliconia psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Tropics mantenidos a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 5 d) dos días después de terminar el tratamiento.....	42
Cuadro 6. Variables evaluadas en tallos de <i>Heliconia psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Tropics mantenidos a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 10 d) dos días después de terminar el tratamiento.....	45
Cuadro 7. Actividad enzimática de la enzima Polifenol oxidasa (PFO), Peroxidasa (POX) y Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular (PIA) evaluados en inflorescencias de <i>Heliconia psittacorum</i> x <i>H. spathocircinata</i> cv. Tropics tratados bajo diferentes condiciones de almacenamiento.	47
Cuadro 8. Variables evaluadas en tallos de <i>Heliconia wagneriana</i> almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 5 d) dos días después de terminar el tratamiento.....	60
Cuadro 9. Variables evaluadas en tallos de <i>Heliconia wagneriana</i> almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 10 d) dos días después de terminar el tratamiento.....	63
Cuadro 10. Actividad enzimática de Polifenol oxidasa (PFO), Peroxidasa (POX) y Porcentaje de integridad absoluta de las membranas celulares (PIA) evaluados en inflorescencias de <i>Heliconia wagneriana</i> tratados bajo diferentes condiciones de almacenamiento.	66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Flores tropicales: *H. stricta* (A), *H. bihai* (B), *H. wagneriana* (C), *H. caribea* (D), *H. golden* (E), *H. psittacorum* (F), *H. péndula* (G) y *Ginger* (H). Fuente: Giuseppe Mazza (www.photomazza.com). 8
- Figura 2.** Síntomas de daños por frío en inflorescencias de *H. bihai* cv. Lobster claw. en tratamiento refrigerado (6.5°C, 85%HR). Fuente: Costa *et al.*, 2011b..... 15
- Figura 3.** Síntomas de daños por frío en flores de corte de *Anturio andreanum* L. de cinco cultivares: Ángel (A), Cheers (B), Tropical (C), Pistache (D) y Casino (E), almacenados a 4°C por 20 d. Fuente: Promyou *et al.*, 2012..... 16
- Figura 4.** Localización de las parcelas de los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz. 4
- Figura 5.** Método de producción de *Heliconias* spp. en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz. 7
- Figura 6.** Especies de heliconias cultivadas en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz. 8
- Figura 7.** Canal de distribución de flores de corte de *Heliconias* spp. en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz. 10
- Figura 8.** Escala de marchitez en inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics..... 20
- Figura 9.** Planta (A), inflorescencia (B) y flor y fruto (C) de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics..... 21
- Figura 10.** Micrografía A) cara abaxial y B) cara adaxial de la epidermis de las brácteas; C) Haces de fibra, canales de aire y D) haz vascular de un corte transversal de la bráctea, y E) corte transversal del pseudotallo: haces de fibra, haces vasculares y aerénquima y F) haces vasculares del centro del pseudotallo de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics..... 24
- Figura 11.** Porcentaje de peso fresco al día 2 de vida de florero después del almacenamiento refrigerado (10 d, 11.3 ± 1 °C y 84.8 ± 5 % HR) de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics. Cada barra representa la media de diez observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa (P ≤ 0.05). 26
- Figura 12.** Consumo de solución (ml g⁻¹) al día 2 de vida de florero después de almacenamiento refrigerado (10 d, 11.3 ± 1 °C y 84.8 ± 5 % HR) de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics. Cada barra representa la media de diez observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5

- g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa (P ≤ 0.05). 27
- Figura 13.** Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular de flores de corte de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics despues de 10 d de almacenamiento (11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR). Cada barra representa la media de tres observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa (P ≤ 0.05). 28
- Figura 14.** Pardeamiento en las inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics (T3: Hydraflor® 100 0.5 g L⁻¹ + sacarosa 5 %) después de 10 días de almacenamiento en húmedo a 11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR. 29
- Figura 15.** Vida de florero de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics despues de 10 d de almacenamiento refrigerado a 11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR. Cada barra representa la media de diez observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa (P ≤ 0.05). 30
- Figura 16.** *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics al día 5 de vida de florero (VF) (después de cada periodo de almacenamiento). Test = 22 °C, 68% HR; agua; AC = cera + agua; R_{5A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{5CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{10A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico y R_{10CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico. 44
- Figura 17.** *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics sin cera (A) y con cera (B) a los cinco días de vida de florero. 46
- Figura 18.** Planta de *Heliconia wagneriana* (A). Acercamiento de brácteas y pseudotallo de *Heliconia wagneriana* (B). 56
- Figura 19.** Micrografía de la epidermis epidermis de las brácteas de las inflorescencias de *Heliconia wagneriana*, cara abaxial (A) y adaxial (B). 57
- Figura 20.** *Heliconia wagneriana* al día 5 de vida de florero (VF) (después de cada almacenamiento). Test = 22 °C, 68% HR; agua; AC = cera + agua; R_{5A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{5CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{10A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico y R_{10CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico. 62

Figura 21. Daños por frío en *Heliconia wagneriana* caracterizados por depresiones y manchas necróticas en las brácteas. 65

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las heliconias pertenecen a la familia Heliconiaceae e incluyen de 225 a 250 especies en el mundo. Son consideradas flores tropicales debido a que se desarrollan en temperaturas de entre 18 a 34 °C y el 98 % de éstas se distribuyen en el centro y sur de América y el Caribe (Jerez, 2007). A nivel internacional, Colombia cuenta con la mayor diversidad de especies de heliconias (40 %) y reporta un volumen de exportación de 24 000 a 30 000 tallos de diversas especies de heliconias al año (PROEXPORT, 2004). En México la floricultura tropical aun es incipiente, pero tiene gran potencial comercial en diversas áreas del trópico húmedo del país, principalmente en los estados de Chiapas y Veracruz (Baltazar-Bernal y Figueroa-Rodríguez, 2009).

Las especies que más se comercializan son: *H. wagneriana*, *H. psittacorum*, *H. bihai*, *H. lathispatha*, *H. chartaceae*, *H. caribaea*, *H. stricta*, *H. rostrata*, *H. collinsiana*, y *H. farinosa*; por su gran aceptabilidad por parte de los consumidores al tener un atractivo color y forma de las brácteas que componen la inflorescencia (Costa *et al.*, 2015). El mercado florícola es muy dinámico en cuanto variedades (Martsynouska, 2011) por lo que las heliconias están ganando popularidad en el mercado internacional (Mangave *et al.*, 2013); sin embargo, éste demanda alta exigencia en la calidad con el objetivo de asegurar una exitosa comercialización de las flores (Morais *et al.*, 2015).

En las flores de corte, la calidad está muy ligada al manejo postcosecha, se estima que del 30 al 40% de la producción total de flores se pierde debido a la falta de o inadecuado manejo (Yadav *et al.*, 2014). Además, la calidad diferenciada de la producción florícola define el destino de la misma, de allí que en México solo se exporte un pequeño porcentaje de la producción (12%) y el resto lo destine al mercado interno (Orozco, 2007).

Por lo que el estudio sobre el manejo postcosecha de heliconias y en general, de ornamentales tropicales, es una área de oportunidad ante la necesidad de generar conocimiento útil sobre la senescencia de las flores de corte, cómo está influenciada por factores bióticos y abióticos y qué cambios fisiológicos y bioquímicos ocurren durante este proceso (Rani y Singh, 2014) de tal manera que el conocimiento obtenido permita detectar estrategias tecnológicas y económicas para disminuir los daños postcosecha, y alargar la vida útil que potencie su probabilidad de

transporte a larga distancia, e introducirlas en los mercados globales así como sucede con otras especies en México.

Entre la literatura especializada, pocos estudios se han realizado sobre el manejo postcosecha en tallos florales de heliconias en México. Bañuelos-Hernández *et al.* (2016) evaluaron las condiciones para el almacenamiento refrigerado de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y determinaron que las mejores condiciones ambientales durante el almacenamiento son 12 a 16 °C y 60 a 90 % HR; Leyva-Ovalle *et al.* (2011) evaluaron el uso de un hidrogel combinado con soluciones de florero en tallos florales de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* *Aristeguieta* var. Golden Torch Adrián, sin embargo, los tratamientos no mostraron efectividad sobre la vida de florero de dicha especie, mientras el uso de técnicas como el recubrimiento con quitosano en inflorescencias de *H. bihai* L. cv. Halloween ha extendido la vida de florero hasta 10 d más que el testigo (Bañuelos-Hernández *et al.*, 2017).

Las heliconias, al ser especies ornamentales de origen tropical y con diferente morfoanatomía tienen un comportamiento fisiológico diferente al de las especies ornamentales de origen templado, por lo que la temperatura de almacenamiento o transporte y las soluciones de florero deben ser adecuadas para conservar su calidad postcosecha por más tiempo y asegurar la comercialización.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las heliconias como flores de corte han incrementado su demanda en el mercado florícola en los últimos años; sin embargo, uno de los principales problemas detectados en la región central de Veracruz es la falta de información sobre el sistema de producción y el manejo postcosecha de la flor, lo cual repercute en su comercialización.

Las flores de origen tropical presentan características morfo-anatómicas diferentes a las de origen templado; por lo tanto, el manejo posterior a la cosecha requiere de técnicas específicas para su almacenamiento y transporte como: refrigeración, uso de soluciones pulso o preservativas y encerado, las cuales serán estudiadas en el presente trabajo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Describir el sistema de producción *Heliconia* spp. con el fin de identificar su problemática general y evaluar el manejo postcosecha para *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana* utilizando soluciones pulso, preservativas y encerado, en combinación con almacenamiento en refrigeración que conserve su calidad y vida útil por mayor tiempo.

2.2 Objetivos Específicos

1. Describir el sistema de producción de heliconias en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz y resaltar su problemática general.
2. Evaluar el uso de diversas soluciones pulso: sacarosa (5 %), Hydraflor 100® (0.05 g L⁻¹) y ácido salicílico (1 mM) combinadas con el almacenamiento en refrigeración (11 °C y 84 % HR) sobre la vida postcosecha de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics.
3. Evaluar el efecto de la aplicación de cera (Lustr 227 F®, Decco) y ácido salicílico (1 mM) en solución preservativa y tiempo de almacenamiento sobre la vida postcosecha de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *H. wagneriana*.
4. Caracterizar los síntomas de senescencia y daños por frío de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *H. wagneriana*.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipotesis general

1. El sistema de producción de heliconias en los municipios estudiados es aun empírico, con baja tecnificación. El manejo postcosecha mediante la aplicación de compuestos químicos (ácido salicílico, sacarosa e Hydraflor® 100 y una cera comercial) solos o en combinación tienen un efecto benéfico en la integridad absoluta de la membrana celular, metabolismo antioxidante y vida de florero en inflorescencias de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *H. wagneriana* durante 14 días.

3.2 Hipotesis específicas

1. El sistema de producción de *Heliconias* spp. en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz se basa en un método empírico, ya que el manejo del cultivo se basa en la experiencia que tienen de otros cultivos como caña y café, o en el comportamiento que observan año tras año de la misma planta, además no realizan análisis de suelo o planta y tampoco llevan un manejo de plaga y enfermedades.
2. El uso de sacarosa, Hydraflor 100® y ácido salicílico como solución pulso y el almacenamiento en seco de flores de corte de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics mejora la vida de florero debido a que influyen positivamente sobre las respuestas fisiológicas de las flores como la respiración y absorción.
3. La aplicación de cera en flores de corte de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana*, conserva la turgencia de los tallos florales y disminuye el proceso oxidativo característico de la senescencia y/o de las condiciones de estrés durante almacenamiento o transporte, por lo que permite mantener por mayor tiempo la vida postcosecha de los tallos florales.
4. Los síntomas de senescencia y daños por frío en flores de corte de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana* están asociados al incremento en la actividad enzimática de polifenol oxidasa y peroxidasa y a la pérdida de integridad de la membrana celular.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Sistema de producción ornamental

Van Gich (2006) define al sistema como una unión de partes o componentes, conectados de una forma organizada, donde las partes se afectan por estar en el sistema y se cambian si lo dejan. Otra definición que agrega algunas características adicionales, señala que un sistema es un grupo de partes y objetos que interactúan y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida (Johansen, 1993). En general, podemos señalar que, ante la palabra "sistema", sus definiciones están de acuerdo en que es conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos.

Entonces la producción de ornamentales, representándola como un sistema está unida y conectada por tres eslabones: producción primaria, conservación o transformación, y comercialización, distribución y venta; por lo que un cambio en alguno de ellos afecta al sistema. Además, cada eslabón tiene diversos actores, los cuales desempeñan un trabajo integral en el sistema para poder ofrecer al consumidor final un producto de calidad (Nieto, 2015).

Producción primaria: México ocupa el tercer lugar a escala mundial en superficie destinada al cultivo de plantas ornamentales con alrededor de 22 700 hectáreas (www.consumidoresorganicos.com, 2018). Existen alrededor de 10 mil floricultores de campo abierto y entre 100 y 150 productores de exportación en invernadero, estos últimos ocupan alrededor de 600 hectáreas. Y es en Villa Guerrero, estado de México, donde se localiza el 70% de la floricultura de exportación (Orozco, 2009). Las principales flores de corte que cultiva el país son: rosa (*Rosa* spp.), lilies (*Lilium*), gerberas (*Gerbera* L.), ave del paraíso (*Strelitzia Reginae* Ait.), aunque también se produce follajes y planta en maceta (www.consumidoresorganicos.com, 2018).

Conservación y/o transformación: El manejo poscosecha de los productos florícolas es prioritario para que éstos lleguen al consumidor final en un estado adecuado de conservación, que permita que dichos productos tengan una amplia vida de florero. Sin embargo, en algunos estudios se ha reportado que la mayoría de los productores no tiene ningún espacio dónde almacenar su producción por lo que la salida de su mercancía es inmediata, los que cuentan con bodega no tienen un manejo adecuado de la temperatura y solo un pequeño porcentaje de ellos cuentan con cámaras frías para la conservación de las flores (Tejeda-Sartorius *et al.*, 2015).

Comercialización, distribución y venta: En el mercado interno, la Central de Abastos de la Ciudad de México funge como principal acopiador de la producción florícola de los estados de México, Morelos y Puebla. La variación de los precios en el mercado está condicionada por la temporada y fechas o celebraciones específicas como: día del amor y la amistad, día de las madres, día de muertos, entre otras celebraciones religiosas. En cuanto a exportaciones, la mejor temporada es el invierno (de noviembre a febrero en algunas zonas de Estados Unidos y de noviembre a marzo en Canadá), ello se debe a la escasez de producción en los países compradores. En verano aumenta la oferta de flores en Estados Unidos y Canadá, entonces baja

el precio internacional y resulta más atractivo para los floricultores nacionales vender en el mercado interno. (Orozco *et al.*, 2007).

En las últimas décadas, la floricultura ha experimentado un rápido crecimiento, sin embargo, México, a pesar de tener amplias oportunidades para el desarrollo de una floricultura de primer nivel y con calidad de exportación, gracias a la gran variedad de sus climas, lo cual favorece la producción de especies determinadas a bajo costo, la realidad es que no se ha impulsado adecuadamente este potencial, y no se está aprovechando al máximo su cercanía con uno de los mercados florícolas más grandes del mundo: Estados Unidos, a diferencia de otros países, como Colombia y Ecuador que tienen una economía creciente en el mercado florícola mundial (Tejeda-Sartorius y Arévalo-Galarza, 2012).

Se considera que una de las razones principales del bajo desarrollo es que no ha habido impacto de las instituciones de investigación en la industria florícola, por lo que el estudio y promoción de los sistemas de producción de flores es básico para que la floricultura de México se afiance más en el mercado nacional e internacional (Orozco-Hernández, 2007).

4.2 Importancia económica del mercado ornamental

A nivel mundial la floricultura ha presentado un constante crecimiento, tanto en diversidad de especies y demanda de flores por parte de los consumidores, como también en la entrada al negocio de muchos países (Rimache, 2009). En el mercado, la flor de corte es el principal cultivo, así como el más comercializado, las plantas en maceta ocupan el segundo lugar en importancia. Sin embargo, las flores de corte juegan un rol importante dentro el mercado mundial debido a la gran demanda que existe en el mundo y al ser una considerable fuente de ingresos (Hernández, 2004).

Los principales países importadores de flores de corte son Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Rusia y Holanda. En el cuadro 1 se observa que el continente europeo es un mercado potencial de importación de flores. Mercado que es abastecido principalmente por Holanda, Colombia, Ecuador, Kenia y Etiopía como se muestra en el cuadro 2 (PROECUADOR, 2013).

Cuadro 1. Principales países importadores de flores de corte.

País	Año (miles USD)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Estados Unidos de América	1,021,196	960,405	1,043,818	1,081,167	1,167,532
Alemania	1,194,639	1,042,551	1,087,733	1,207,645	1,115,445
Reino Unido	1,056,847	877,690	935,360	1,006,189	954,084
Rusia	555,026	500,408	561,386	701,117	746,331
Holanda	821,100	711,073	634,123	750,498	735,438

Fuente: Dirección de inteligencia comercial e inversiones, PRO ECUADOR. 2013.

Cuadro 2. Principales países exportadores de flores de corte.

País	Año (miles USD)		
	2010	2011	2012
Holanda	3,692,294	4,972,920	4,602,077
Colombia	1,240,481	1,251,326	1,270,007
Ecuador	607,761	679,902	718,961
Kenia	396,239	606,081	589,826
Etiopía	143,817	168,946	526,338

Fuente: Dirección de inteligencia comercial e inversiones, PRO ECUADOR. 2013.

En el segmento de la floricultura tropical, existen más de 100 especies, aunque no todas registran un potencial comercial, las más destacadas son las heliconias y gingers y las variedades que se derivan de estas especies (PROECUADOR, 2013). El género *Heliconia* tiene alrededor de 225 especies, pero botánicamente, solo se han descrito 180 hasta ahora, siendo las más comerciales *stricta*, *bihai*, *wagneriana*, *caribea*, *golden*, *psittacorum*, *péndulas* (Figura 1).

Los principales países productores de flores tropicales son Costa Rica, Guatemala, Ecuador, México y Colombia, siendo el mercado principal: Canadá, Estados Unidos, Holanda y Alemania. (PROECUADOR, 2013). Sin embargo, se estima que la exportación de flores

tropicales de Colombia, en particular de Heliconias, es de 24.000 a 30.000 tallos al año, dependiendo de la variedad (Turriago y Flórez, 2013). La expansión continua del mercado de las flores tropicales se debe en gran parte a su belleza, de naturaleza exótica y la longevidad postcosecha de la flor. No obstante, aún es poco el conocimiento del manejo postcosecha de las plantas tropicales (Moraes, 2016).

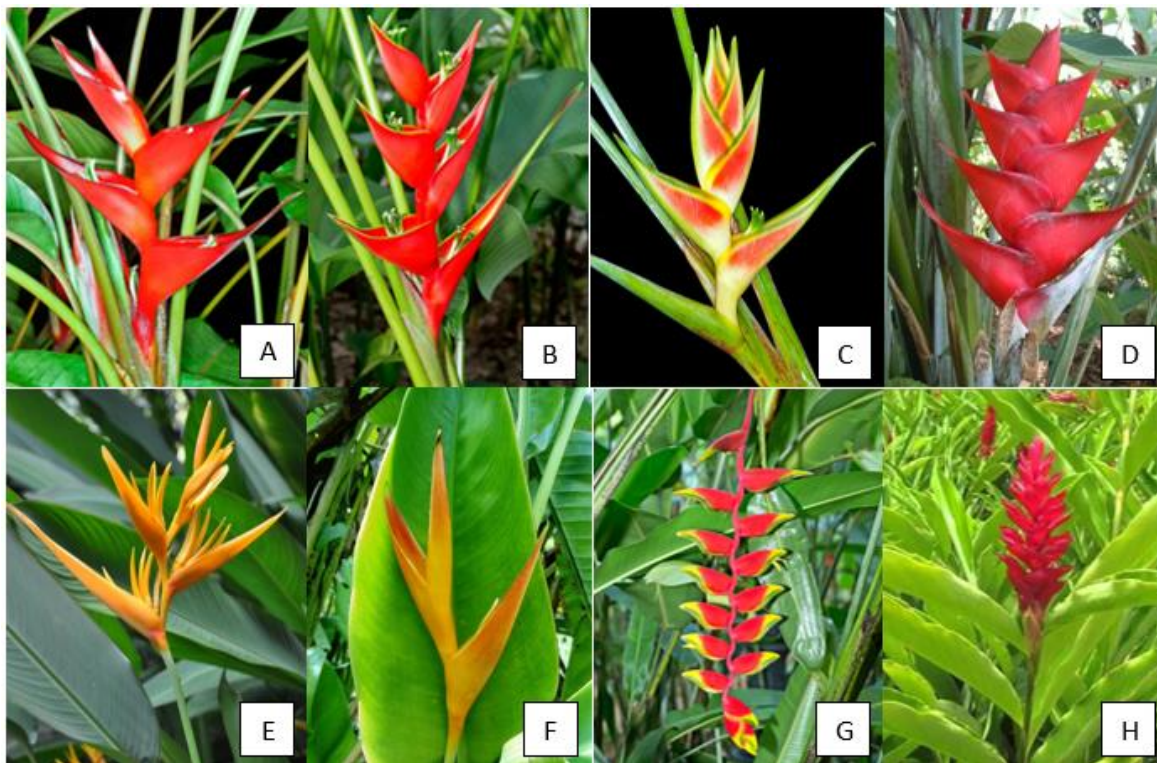


Figura 1. Flores tropicales: *H. stricta* (A), *H. bihai* (B), *H. wagneriana* (C), *H. caribea* (D), *H. golden* (E), *H. psittacorum* (F), *H. péndula* (G) y *Ginger* (H). Fuente: Giuseppe Mazza (www.photomazza.com).

En México, en los últimos años la producción de flores ha tomado importancia económica, por ser una actividad competitiva y vinculada con la economía global (Orozco, 2007). Existen alrededor de 23,088 hectáreas cultivadas con flores, de las cuales el 70% se concentra en el Estado de México, Puebla, Morelos, Veracruz y Ciudad de México. El primero, es el principal productor y aporta cerca del 80% del valor de la producción nacional. La producción se destina

al mercado local y solo un 12% se exporta principalmente a Estados Unidos y Canadá (SAGARPA, 2013), el 80% de las exportaciones es aportado por el Estado de México. En este sentido, México basa su potencial florícola en las ventajas climáticas y su cercanía con Estados Unidos (Orozco, 2007).

Los factores que han limitado el desarrollo de la floricultura en el país son la falta de tecnología de producción y poca organización del sector. La calidad de las flores producidas en México es baja debido a la baja calidad genética del material vegetativo utilizado, bajo nivel tecnológico, desorganización de los eslabones de la cadena productiva, pequeños volúmenes de producción y a las mínimas prácticas de manejo en cosecha y postcosecha (FUNPROVER, 2008). Es importante resaltar que la calidad diferenciada de la producción florícola define el destino de la misma, de allí que en México solo se exporte un pequeño porcentaje de la producción y el resto lo destine al mercado interno (Orozco, 2007).

En México, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017), reporta estadísticas de volúmenes de producción de especies tropicales únicamente para ave de paraíso (*Strelitzia reginae*), anturio (*Anthurium andraenum*) y hawaina (*Alpinia purpurata*). Sin embargo, en algunos trabajos de investigación se reporta una diversidad de 12 especies de heliconias cultivadas principalmente en los estados del sur-sureste como Chiapas y Veracruz; esto debido a las condiciones climáticas; y las especies más comerciales son *bihai*, *psittacorum*, *wagneriana*, *stricta* y *collinsiana* (Linares-Gabriel *et al.*, 2017; Ortiz Curiel *et al.*, 2015).

En el estado de Veracruz, la horticultura ornamental representa una actividad atractiva por su alta rentabilidad en comparación con otros cultivos. Se estima la existencia de más de 1,559 hectáreas y aproximadamente 2,000 productores dedicados a la horticultura ornamental. Los principales grupos ornamentales que se cultivan son: follajes, heliconias, zingiberáceas, palmas, bulbosas, plantas en maceta, césped, aves de paraíso y gardenias en sistema de producción a cielo abierto; también hay otros sistemas de menor producción como son: viveros y malla sombra para el cultivo de orquídeas, anturios y plantas en maceta (FUNPROVER, 2008; Murguía-González *et al.*, 2007).

4.3 Factores que afectan la vida postcosecha de flores de corte

La vida postcosecha de las flores de corte depende de varios factores entre ellos la calidad de flor y la madurez apropiada para la cosecha, tasa de respiración, pérdida de agua, producción y acción de etileno, incidencia de enfermedades y crecimiento bacteriano en la solución. Algunos de estos factores pueden ser controlados mediante las condiciones externas como la temperatura, la humedad relativa, la luz, y productos químicos, sin embargo, las condiciones de manejo postcosecha dependerán de los requisitos fisiológicos específicos para cada especie (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). El control de estos factores es determinante para alargar o disminuir la calidad de las flores de corte (Halevy y Mayak, 1979). Por lo que, el manejo o las prácticas postcosecha aplicadas mantienen la calidad de las flores por mayor tiempo, reduciendo así el porcentaje de pérdidas (Coelho *et al.*, 2012), pues se estima que el 30-40% de la producción total de flores se pierde debido a la falta de un buen manejo posterior a la cosecha (Yadav *et al.*, 2014).

Punto de corte: Este aspecto es crítico para un mantenimiento de máxima calidad y depende de la especie en estudio. Una cosecha temprana conduce a pérdidas y una cosecha tardía compromete el mantenimiento de la calidad del producto durante un largo período y, en ambos casos, se reduce la longevidad lo que causa insatisfacción entre los consumidores. Por lo tanto, la fecha de cosecha ideal es cuando las flores se cortan antes de su desarrollo completo, pero tienen una conservación de calidad total (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). Las flores de ave de paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.) tienen mayor longevidad cuando se cosechan con yemas cerradas, en comparación con aquellas cosechadas con el primer florete que comienza a abrirse (Moraes, 2016). Sin embargo, en inflorescencias de heliconias una vez que se realiza la separación del tallo de la planta, la apertura de más brácteas florales queda inhabilitada, por lo que realizar el corte en un estado muy cerrado no es recomendable, a menos que el mercado lo demande (Costa *et al.*, 2011a).

Temperatura: Mantener las flores de corte a temperaturas mayores que las de su ambiente natural, acelera el proceso de senescencia (Gorsel, 1994), mientras que colocarlas en ambientes con bajas temperaturas, reduce la velocidad de la respiración y otras actividades metabólicas (Nowak y Duncan, 1990). La tasa de respiración es inversamente proporcional a la calidad de

la flor, por lo tanto, lo recomendado es el almacenamiento a la temperatura más baja posible (Moraes, 2016).

Humedad Relativa: Una humedad relativa alta (HR) en el almacenamiento en frío reduce la transpiración y evita la marchitez de las flores. Para minimizar la pérdida de agua, se recomienda una HR de 90-95%, y es especialmente importante en el almacenamiento a largo plazo, mientras que para el almacenamiento a corto plazo (1-2 días), la HR al 80% o más es suficientemente segura para retardar la marchitez por la pérdida de humedad (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). En plantas tropicales se recomienda una humedad relativa de 90-95% en el almacenamiento en frío siempre y cuando sea asociado a la temperatura ideal de cada especie (Moraes *et al.*, 2005); Broschat y Donselman (1983) recomiendan para *H. psittacorum* una HR de 90 a 95%; por su parte Costa *et al.* (2011a) afirman que en inflorescencias de *H. bihai* se produce menor pérdida de peso fresco si se mantiene una HR entre 60 y 90%.

Luz: El efecto benéfico de la luz en el almacenamiento de algunas flores (crisantemos) se atribuye a la capacidad de éstas para producir carbohidratos mediante la fotosíntesis o donde el amarillamiento del follaje es un problema (crisantemos, lirios o alstroemeria). Sin embargo, un pretratamiento con soluciones conservantes florales puede asegurar suficiente suministro de carbohidratos y el problema de amarillamiento puede superarse mediante el tratamiento con reguladores de crecimiento. En general, la luz no tiene un efecto crucial en las flores almacenadas y, por lo tanto, no es necesaria la iluminación de las salas de almacenamiento (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). Bañuelos-Hernández *et al.* (2016) reportan que la intensidad de la luz (0 a 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) no fue particularmente importante en la conservación de la calidad de *H. psittacorum* cv. Tropics durante su almacenamiento.

Tratamiento químico: En el caso de las flores existe la posibilidad de influir en su comportamiento postcosecha mediante tratamientos químicos por medio de soluciones pulso o preservativas, las cuales prolongan la vida en florero y mejoran la calidad de las flores cuando se usan antes, durante o después del almacenamiento (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). El pulsado en flores de corte es una actividad para cargar los tejidos de altas concentraciones de sacarosa acompañada de algún biocida, un ácido débil, un agente anti-etileno y/o un regulador de crecimiento, generalmente antes de ser exportadas (Halevy *et al.*, 1978a). La sacarosa es un

ingrediente importante, ya que reemplaza los carbohidratos consumidos por la respiración (Morais *et al.*, 2015), favorece el flujo de agua y minerales en el xilema y actúa sobre el cierre estomático reduciendo así la pérdida de agua por transpiración, además se acumula en los tejidos florales, aumenta su concentración osmótica y mantiene la turgencia (Halevy *et al.*, 1978a), lo que explica el aumento de la vida en florero.

La concentración de azúcar en las soluciones pulso utilizadas para diversas especies de flores o cultivares está determinado por el daño de la hoja. Las rosas (*Rosa hybrida*) toleran de 1.5 a 2 % de sacarosa (Halevy *et al.*, 1978a), *Antirrhinum majus* 2 % sacarosa + 200 ppm 8-HQS (Asrar, 2012), mientras que en flores de ave de paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.) no se observó lesión con pulsados de sacarosa al 10 y 20 % por 24 horas (Halevy *et al.*, 1978b). En *H. wagneriana* un pulsado de sacarosa al 10 % durante 60 minutos mantuvo la calidad de las inflorescencias un 20 % más de tiempo que los tallos testigo (Costa *et al.*, 2015). En orquídeas (*Oncidium varicosum*) una solución de florero de 5 % sacarosa + 100 mg L⁻¹ 8-HQC + 50 mg L⁻¹ AgNO₃ mantuvo el contenido relativo de agua y el contenido de carbohidratos y azúcares solubles en las flores conservando así la vida en florero por más tiempo que el testigo (Mattiuz *et al.*, 2015).

Otros productos como tiosulfato de plata (STS), quitosano, benciladenina (BA), ácido giberélico, entre otros, también mejoran la calidad postcosecha de las ornamentales. Por ejemplo, la aplicación de quitosano al 1 y 1.5 % en *H. bihai* extendió la VF hasta 10 y 7 d más que el testigo, respectivamente, como consecuencia mejoró la estabilidad de la membrana celular y disminución de la fuga de electrolitos (Bañuelos-Hernández *et al.*, 2017). La vida del florero de anturio (*Anthurium andraeanum*), heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. 'Andromeda', *H. chartacea* cv. Sexy Pink), ginger rojo y rosado (*Alpinia purpurata*) se incrementó con un baño de benciladenina 100 mg L⁻¹, debido a una mejor absorción de agua y a un aumento en su capacidad para soportar el estrés abiótico (Paull y Chantrachit, 2001).

La aplicación conjunta o separada, de un tratamiento con productos químicos, en el manejo postcosecha de flores, generalmente, mejora su longevidad y, consecuentemente, el período de comercialización (Coelho *et al.*, 2012), ya que el mercado de flores de corte exige calidad y

longevidad postcosecha, por lo que se requiere más investigación para identificar procesos fisiológicos característicos de la senescencia en las ornamentales (Morais *et al.*, 2015).

4.4 Efectos de la temperatura de refrigeración en ornamentales

Existe una diferencia sustancial entre la temperatura de almacenamiento de flores de clima templado y las sub y tropicales. En flores de clima templado (clavel, crisantemo, narciso, rosa, peonía, gerbera, etc.) se recomiendan temperaturas de almacenamiento entre de 0 a 1 °C (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). Mientras que para las flores de origen tropical o subtropical es más elevada debido a su alta sensibilidad a daños por frío (Moraes, 2016). Por ejemplo, los tallos de gladiola (*Gladiolus grandiflorus*) se almacenan de 2 a 4 °C, los de ave de paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.) a 8 °C, anturios (*Anthurium andreanum* L.) 13 °C y orquídeas (*Orchidaceae*) entre 7 y 10 °C, *Heliconia bihai* (L) a 12 °C (Costa *et al.*, 2011b). Para especies de heliconia en general, la temperatura recomendada en el transporte y almacenamiento es cerca de 10°C (Jaroenkit y Paull, 2003).

La sensibilidad al frío de las flores de origen tropical se relaciona con la composición de las membranas celulares. Debido a que la membrana plasmática es el sitio del contacto primario de la célula con su entorno, su flexibilidad y capacidad de adaptación determina en gran medida la capacidad de supervivencia de la célula. Los lípidos estructurales de la membrana forman parte de un sistema de adaptación complejo y su mecanismo básico de adaptación es similar en tipos de células muy diferentes: una disminución de la temperatura por debajo de un nivel óptimo provoca una reestructuración de los residuos de acilo de los fosfolípidos que altera la fluidez de la membrana para ser compatible con las funciones fisiológicas básicas de la célula. Sin embargo, el grado de adaptación disminuye con el aumento de la especialización y la diferenciación de las células (Šajbidor, 1997). Por lo que, células más especializadas como la de plantas de origen templado son menos sensibles a las bajas temperaturas a diferencia de las de origen tropical.

4.5 Estrés fisiológico por condiciones de temperatura

Como resultado no solo del proceso natural de desarrollo y senescencia de los tejidos en tallos florales, sino también de las diferentes condiciones de almacenamiento, manejo y transporte (temperaturas, tiempos, ataque de microorganismos), se genera una condición de estrés

fisiológico en los tejidos que desencadena múltiples reacciones. Temperaturas por debajo del límite crítico del tejido vegetal pueden ocasionar daños por frío (DF) que generalmente se asocian con la aparición de signos visibles como oscurecimiento, depresiones y marchitez de tejidos, dando como consecuencia una reducción significativa en la vida de florero (Goszczyńska y Rudnicki, 1988; Costa *et al.*, 2011b).

La severidad de los síntomas de DF en los órganos de las plantas depende de la temperatura, tiempo de exposición y sensibilidad de cada especie (Goszczyńska y Rudnicki, 1988; Costa *et al.*, 2011b). En flores ornamentales de origen tropical como las *Heliconia spp*, *Anthurium spp*, *Zingiber spp*. y *Alpinia spp*. se recomiendan temperaturas mayores a 10 °C, y la mayoría de plantas comunes tropicales son muy sensibles a temperaturas por debajo de 7 °C (Balas *et al.*, 2006).

Los DF se relacionan con un incremento de las especies reactivas de oxígeno (ERO's) y una pérdida de la capacidad antioxidante (Castro *et al.*, 2006; Srivalli *et al.*, 2003). Esto sugiere que el almacenamiento en frío induce un aumento en la concentración de compuestos oxidativos, y que las células reaccionan activando sistemas que las vuelven inocuas. Por lo que el fracaso de este sistema de protección podría ser una de las posibles causas de la muerte celular inducida por el frío (Promyou *et al.*, 2012).

Las ERO's se producen en las plantas como subproductos durante muchas reacciones metabólicas, como la fotosíntesis y la respiración y a bajas concentraciones interactúan como moléculas de señal, pero a concentraciones más altas son tóxicas para la célula (Doke *et al.*, 1996). Entonces, el estrés oxidativo ocurre cuando existe un grave desequilibrio entre la producción de ERO's y la defensa antioxidante. La generación de estas moléculas provoca un daño celular rápido al desatar una reacción en cadena. Las células han desarrollado un elaborado sistema de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos que ayudan a eliminar estas ERO's generadas de manera autóctona (Ahmad *et al.*, 2010).

La actividad de enzimas peroxidasa (POX), superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT) se puede utilizar como un indicador de estrés oxidativo debido a que una mayor actividad se asocia con los mecanismos de defensa de las plantas contra ERO's. Las enzimas antioxidantes como

SOD y CAT son uno de los sistemas más eficientes que protegen las células contra el riesgo de ERO's (Bowler *et al.*, 1992; Sairam *et al.*, 1998).

El aumento de las ERO's podría ser una respuesta temprana durante los procesos que conducen a los DF, seguida por la peroxidación lipídica de la membrana (Cao *et al.*, 2010). Las ERO's podrían actuar directamente sobre las membranas, pero también podrían ser un mecanismo de transducción de señales que induce daño a la membrana (Miller *et al.*, 2008). Por lo que un indicador de daño a la membrana durante el almacenamiento a baja temperatura es el aumento de la fuga de electrolitos, pues éstos pueden salir de una célula solo cuando la membrana plasmática ha perdido permeabilidad y esto probablemente no ocurra a menos que la célula esté muerta (Promyou *et al.*, 2012).

Los principales síntomas de la lesión por frío en las flores son la marchitez del tejido, pérdida acelerada de agua de los tejidos de las plantas y las lesiones necróticas (Reid, 1991). En *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw y cv. Halloween, la intensidad de los síntomas de la lesión por frío en las brácteas fue proporcional al tiempo de almacenamiento en frío y los síntomas empeoraron en las 24 horas siguientes a la eliminación de la temperatura baja (Costa *et al.*, 2011a).

Los DF en las brácteas de *H. bihai* inicialmente aparecieron como manchas ligeramente oscuras cerca de la unión con el raquis (Figura 2 A). Estas manchas evolucionaron a tonos más oscuros (Figura 2 B) con un aspecto quemado (Figura 2 C) y luego evolucionaron a puntos necróticos (Figura 2 D) con depresión de la superficie del tejido. (Costa *et al.*, 2011a).



Figura 2. Síntomas de daños por frío en inflorescencias de *H. bihai* cv. Lobster claw. en tratamiento refrigerado (6.5°C, 85%HR). Fuente: Costa *et al.*, 2011b.

En *H. bihai* cultivares Lobster Claw y Halloween, la refrigeración de tallos durante 6 y 8 d indujo una disminución en el porcentaje de integridad absoluta de la membrana celular (PIA), que coincidió con un agravamiento de los síntomas DF y una reducción de la calidad visual. Estos resultados demuestran que el período de almacenamiento y la temperatura (6.5 °C) afectaron la permeabilidad de la membrana y la fuga de electrolitos debido a la sensibilidad a las bajas temperaturas de éstos cultivares (Costa *et al.*, 2011a).

En un estudio realizado en cinco cultivares de anturio (*Anthurium andreaeanum* L.) almacenados a 4 °C por 20 d los síntomas de DF se pronunciaron más en los cultivares Cheers y Ángel, siendo el menos sensible el cultivar Casino (Figura 3). Estos datos sugieren que la sensibilidad a los DF es diferente incluso entre cultivares de una misma especie (Promyou *et al.*, 2012).



Figura 3. Síntomas de daños por frío en flores de corte de *Anthurium andreaeanum* L. de cinco cultivares: Ángel (A), Cheers (B), Tropical (C), Pistache (D) y Casino (E), almacenados a 4°C por 20 d. Fuente: Promyou *et al.*, 2012.

4.4.1 Tratamientos para reducir los daños por frío

Existen ciertos pretratamientos químicos benéficos para prevenir los DF; en anturio (*Anthurium andreaeanum* L.) la aplicación de ácido salicílico (2.0 mM) por 15 min seguido del almacenamiento a 4°C retrasó los síntomas de DF, observándose una disminución de la pérdida de peso fresco, fuga de electrolitos y aumento en la actividad de las enzimas CAT y SOD (Promyou *et al.*, 2012). En *Rosa* “Black Magic” mantenida a 7°C, una solución de ácido salicílico (200-400 µM + sacarosa 2%) prolongó la vida en florero mejorando la capacidad de eliminación de las ERO’s relacionadas con la actividad de CAT y mediante una mejor regulación del balance hídrico (Alaey *et al.*, 2011).

En inflorescencias de *H. Golden Torch*, asperjadas con ácido giberélico (100 mg L^{-1}) y albúmina de suero bovino (50 mg L^{-1}) se registró alta actividad enzimática (CAT y POX) y una mayor vida de florero comparada con el testigo (Mangave *et al.*, 2013). En *Alpinia purpurata*, un pulsado de 40 % de sacarosa y 10 mM de ácido ascórbico durante 24 h redujo el nivel de oxidación debido al mantenimiento de la hidratación de las brácteas (Morais *et al.*, 2015).

4.6 Condiciones de almacenamiento de Heliconias

En heliconias se conocen algunos problemas posteriores a la cosecha, como la baja absorción y captación de agua, el rápido oscurecimiento de las brácteas y los flósculos y la abscisión o senescencia de las inflorescencias (Moraes *et al.*, 2005), sin embargo, la investigación con respecto a los aspectos postcosecha aún es escasa (Mangave *et al.*, 2013). Bañuelos-Hernández *et al.*, 2016 han reportado que para *Heliconia psittacorum* cv. Tropics, las mejores condiciones ambientales durante el almacenamiento son 12-16 °C y 60-90% de HR. Costa *et al.* (2011a) estudiaron diferentes condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa: 12 °C con 98 % de HR; 19 °C con 99 % de HR, y 25 °C y 77 % de HR (testigo) en inflorescencias de *H. bihai*. Los resultados mostraron que los tallos almacenados a 19 °C durante 8 días tuvieron 6.2 días de VF más que el testigo. Estos resultados sugieren que podría haber un amplio rango de temperaturas que mantienen la calidad postcosecha independientemente de la especie.

Los detalles de los requisitos fisiológicos de las flores antes y después de la cosecha, conducen a una mejor comprensión de las necesidades de presentar productos satisfactorios en el mercado (Alaey *et al.*, 2011). Por lo que el objetivo de esta investigación es estudiar el papel de la aplicación postcosecha de compuestos químicos: ácido salicílico (AS), sacarosa e Hydraflor 100 y una cera comercial, solos y en combinación, y evaluar sus efectos benéficos sobre la integridad absoluta de la membrana, vida en florero y metabolismo antioxidante en inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana*.

5. LITERATURA CITADA

- Baltazar-Bernal O., K. A. Figueroa-Rodríguez. 2009. Flores que atrapan tu mirada: estudio de vida de florero y comercial de flores ornamentales de la Zona Centro del Estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.
- Alaey M., M. Babalar, R. Naderi, and M. Kafi. 2011. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 61(1): 91–94.
- Ahmad P., C. A. Jaleel, M. A. Salem, G. Nabi, and S. Sharma. 2010. Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. *Critical Reviews in Biotechnology* 30(3): 161–175.
- Asrar A., A.-W. 2012. Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cut flowers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 11: 29–35.
- Balas J., P. A. Gonzalez-Coronado, J. Teixeira da Silva, M. Padmini Jayatilleke. 2006. Supporting post-harvest performance of cut- flowers using fresh-flower-refreshments and other vase-water-additives. *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology*. Global Science Books UK pp. 612–629.
- Bañuelos-Hernández, K. P., J. R. García-Nava, O. R. Leyva-Ovalle, C.B. Peña-Valdivia, C. Trejo, and M. C. Ybarra-Moncada. 2017. Chitosan coating effect on vase life of flowering stems of *Heliconia bihai* (L.) L. cv. Halloween. *Postharvest Biology and Technology* 132: 179–187.
- Bañuelos-Hernández, K. P., J. R. García-Nava, O. R. Leyva-Ovalle, C.B. Peña-Valdivia, and M. C. Ybarra-Moncada. 2016. Flowering stem storage of *Heliconia psittacorum* L. f. cv. Trópica. *Postharvest Biology and Technology* 112: 159–169.
- Bowler C., M. Van Montagu, and D. Inzé. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43: 83–116.
- Broschat, T. K., and H. M. Donselman. 1983. Production and postharvest culture of *Heliconia psittacorum* flowers in south Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 96: 272–273.

- Cao S., Z. Hu, Y. Zheng, and B. Lu. 2010. Synergistic effect of heat treatment and salicylic acid on alleviating internal browning in cold-stored peach fruit. *Postharvest Biology and Technology* 58: 93–97.
- Castro R. J. A., L. E. Baquero D., and C. E. Narváez C. 2006. Catalasa, peroxidasa y polifenol oxidasa de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). *Revista Colombiana de Química* 35(1): 91–101.
- Coelho L. L., D. N. M. Carneiro, P. D de O. Paiva, e L. F. Carneiro. 2012. Soluções conservantes e pulsing na pós-colheita de *Zingiber spectabile*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 42(4): 482–485.
- Costa A. S., L. C. Nogueira, V. F. dos Santos, F. L. Finger, T. R. Camara, V. Loges, and L. Willadino. 2011a. Characterization of symptoms of senescence and chilling injury on inflorescences of *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw and cv. Halloween. *Postharvest Biology and Technology* 59(1): 103–109.
- Costa A. S., L. C. Nogueira, V. F. dos Santos, T. R. Camara, V. Loges, and L. Willadino. 2011b. Storage of cut *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw flowers at low temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(9): 966–972.
- Costa R. R., L. C. Costa, G. G. Carneiro, W. S. Ribeiro, J. A. Barbosa, and F. L. Finger. 2015. Postharvest quality of *Heliconia wagneriana* pulsed with sucrose. *Proc. Xth IS on Postharvest Quality of Ornamental Plants. Acta Horticulturae* 1060: 201–206.
- Doke N., Y. Miura, L. M. Sanchez, H. J. Park, T. Noritake, T., Yoshioka, H., and K. Kawakita. 1996. The oxidative burst protects plants against pathogen attack: Mechanism and role as an emergency signal for plant bio-defence-a review. *Gene* 179: 45–51.
- FUNPROVER. 2008. Cadena horticultura ornamental. Recuperado el 19 de febrero de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/202527013/Cadena-Horticultura-Ornamental>
- Gorsel, R. van. 1994. Postharvest technology of imported and trans-shipped tropical floricultural commodities. *HortScience* 29 (9): 979-981.
- Goszczyńska D. M., and R. M. Rudnicki. 1988. Storage of cut flowers. *Horticultural Reviews* 10: 35–62. John Wiley & Sons, Inc.
- Halevy A. H., A.m, K., S.t, B. 1978a. Postharvest handling methods for bird-of-paradise flowers (*Strelitzia reginae* Ait.) [Pulsing, bud-opening, shipment, and storage]. *Journal American Society for Horticultural Science*.

- Halevy A. H., T. G. Byrne, A. M. Kofranek, D. S. Farnham, J. F. Thompson, and R. E. Hardenburg. 1978b. Evaluation of postharvest handling methods for transcontinental truck shipments of cut carnations, chrysanthemums, and roses. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*. 103 (2): 151-155.
- Halevy A. H., and S. Mayak. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, Part 1. John Wiley & Sons, Inc. pp: 204-236.
- Hernández L. 2004. El Cultivo Del Anthurium. *Cultivos Tropicales* 25(4): 41–51.
- Jaroenkit T., and R. E. Paull. 2003. Postharvest handling of heliconia, red ginger, and bird-of-paradise. *HortTechnology* 13(2): 259–266.
- Jerez E., 2007. El cultivo de las heliconias. *Cultivos Tropicales* 28, 29–35.
- Johansen B. O. 1993. Teoría general de sistemas. Ed. Limusa. México. 167 p.
- Leyva-Ovalle O.R., A. Y. Rodríguez-Goya, J. A. Herrera-Corredor, M. E. Galindo-Tovar, J. Murguía-González, J., 2011. Polímero hidrofílico combinado con soluciones preservadoras en la vida de florero de tallos florales de rosa y heliconia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13, 551–559.
- Linares-Gabriel A., C. J. López-Collado, C. A. Tinoco-Alfaro, J. Velasco-Velasco, and G. López-Romero. 2017. Application of biol, inorganic fertilizer and superabsorbent polymers in the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica). *Revista Chapingo Serie horticultura* 23: 35–48.
- Mangave B. D., A Singh, and M. K. Mahatma. 2013. Effects of different plant growth regulators and chemicals spray on post-harvest physiology and vase life of heliconia inflorescence cv. Golden Torch. *Plant Growth Regul.* 69: 259–264.
- Martsynovska O. 2011. Global floriculture industry value chain. Position of the Ukrainian firms in the floriculture business. Masther Thesis. Master Programme in Economic Growth, Innovation and Spatial Dynamics. <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1980490&fileOid=1982397>.
- Mattiuz C. F. M., B-H. Mattiuz, T. J. D. Rodrigues, K. M. Marques, and R. N. Martins. 2015. Effectiveness of postharvest solutions for the conservation of cut *Oncidium varicosum* (Orchidaceae) inflorescences. *Ciencia e Agrotecnologia* 39(4): 315–322.

- Miller G., V. Shulaev, and R. Mittler. 2008. Reactive oxygen signaling and abiotic stress. *Physiologia Plantarum* 133(3): 481–489.
- Moraes D. G. 2016. Quality maintenance tropical plants. *Ornamental Horticulture* 22: 256.
- Moraes P. J., F. L. Finger, J. G. Barbosa, P. R. Cecon, and L. P. Cesa. 2005. Influence of benzyladenine on longevity of *Heliconia latispatha* Benth. Proc. Vth IS on New Flor. Crops. *Acta Horticulturae* 683: 369-373.
- Morais M. B., M. M. A. Silva, L. Herculano, T. R. Camara, and L. Willadino. 2015. Postharvest senescence of *Alpinia* floral stems: antioxidative effect of pulsing. Proc. Xth IS on Postharvest Quality of Ornamental Plants. *Acta Horticulturae* 1060: 289–294.
- Murguía-González J., H. Lee, I. Landero, and T. Km. 2007. La horticultura ornamental en el estado de Veracruz, México. XI Congreso SECH. *Actas de Horticultura*. 48: 485-488.
- Nieto D. P. 2015. Cadenas de valor y vinculos industriales en el subsector florícola del partido de La Plata. *Revista de estudios regionales y mercado de trabajo* 11:143-156
- Nowak J., and A. A. Duncan. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants. Timber Press. 210 p.
- Orozco M. E. H., E. M. Campos y A. P. Guerrero. 2009. Hacia la gestión de un nuevo desarrollo rural: el caso de los pequeños productores de flor en Villa Guerrero, México. *Quivera* 11:91-102.
- Orozco M. E. H. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales* 45:111-160.
- Ortiz Curiel S., C. H. Avendaño Arrazate, A. Olivera de Los Santos, M. Grajales Solís, J. Canul Ku, M. Cortés Cruz, L. Iracheta Donjuan. 2015. *Heliconia* L.: género subutilizado en México. *Agroproductividad* 8:51–89.
- Paull R. E., and T. Chantrachit. 2001. Benzyladenine and the vase life of tropical ornamentals. *Postharvest Biology and Technology* 21(3): 303–310.
- PROECUADOR. 2013. Análisis sectorial de flores. Recuperado el 19 de febrero de 2018, de <https://es.scribd.com/document/253817797/Análisis-sectorial-de-flores>
- Promyou S., S. Ketsa, and W. G. van Doorn. 2012. Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) flowers. *Postharvest Biology and Technology* 64: 104–110.

- Reid M. S. 1991. Effects of low temperatures on ornamental plants. *Acta Horticulturae* 298: 215-224.
- Rimache M. A. 2009. *Floricultura: cultivo y comercialización*. StarBook Editorial. 252 p.
- SAGARPA. 2013. Productores mexicanos preparados para abastecer demanda de flores. Recuperado el 19 de febrero de 2018, de <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B105.aspx>
- Sairam R. K., P. S. Deshmukh, and D. C. Saxena. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. *Biologia Plantarum* 41(3): 387–394.
- Šajbidor J. 1997. Effect of some environmental factors on the content and composition of microbial membrane lipids. *Critical Reviews in Biotechnology* 17(2): 87–103.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Producción agrícola. Recuperado el 23 de enero de 2019, de <https://www.gob.mx/siap>.
- Srivalli B., G. Sharma, and R. Khanna-Chopra. 2003. Antioxidative defense system in an upland rice cultivar subjected to increasing intensity of water stress followed by recovery. *Physiologia Plantarum* 119(4): 503–512.
- Tejeda-Sartorius O. y M. L. Arévalo-Galarza. 2012. La floricultura, una opción económica, rentable para el minifundio mexicano. *Agroproductividad* 5(3): 11-19.
- Tejeda-Sartorius O., Y. Ríos-Barreto, L. I. Trejo-Téllez, H. Vaquera-Huerta. 2015. Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en Texcoco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 6:1105–1118.
- Turriago K., y V. J. Flórez. 2013. Heliconias, floricultura, cultivo de Heliconias. Recuperado el 18 de febrero de 2018, de https://encolombia.com/economia/agroindustria/floricultura/floriculturandina_heliconias/
- van Gich J. P. 2006. *Teoría general de Sistemas*. Ed. Trillas. México. 607 p.
- Yadav R. K., R. Goyal, and S. S. Dhankar. 2014. Post harvest technology of horticultural crops. Department of Horticulture CCS Haryana Agricultural University 53 p.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE HELICONIAS EN LOS MUNICIPIOS DE AMATLÁN DE LOS REYES, FORTÍN DE LAS FLORES E IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ.

1.1 Resumen

La floricultura tropical en México es incipiente, pero tiene gran potencial comercial en diversas áreas del trópico húmedo del país. Una muestra de ello son las *Heliconias* spp., las cuales son opción viable para los productores que desean diversificar o innovar sus sistemas de producción. Por lo que el objetivo de este trabajo fue describir el sistema de producción de *Heliconias* spp. en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz. Se aplicó una encuesta a 10 productores de la región mediante la entrevista dirigida, utilizando un cuestionario estructurado de preguntas abiertas relativas a aspectos sobre características socioeconómicas, de producción, comercialización y apoyos sociales. Los resultados obtenidos demuestran que la producción de *Heliconias* spp. se caracteriza principalmente por ser un sistema de producción empírico y una opción alterna al cultivo de caña y/o café, la cual es una segunda fuente de ingresos económicos para las familias. Sin embargo, no cuentan con un centro de acopio ni empaque de ornamentales por lo que la comercialización se basa en la venta de la producción a intermediarios, y el destino final es la central de abastos de Puebla o de la Ciudad de México principalmente. En la región, los floricultores no cuentan con apoyos gubernamentales ni asociaciones. El principal problema es la falta de organización para la integración de la cadena de valor de las heliconias, por lo que se sugiere investigación en los tres eslabones para lograr producciones rentables y un manejo postcosecha de los tallos florales que garantice su calidad.

Palabras clave: *Heliconias* spp., comercialización, flores tropicales, producción.

1.2 Introducción

Las heliconias son un género ornamental de origen tropical debido a que el 98 % de éstas se distribuyen en el centro y sur de América y el Caribe y se desarrollan en temperaturas entre 18 y 34 °C. Se considera que tienen amplias perspectivas en la producción de flor de corte debido a que

presentan amplias posibilidades florísticas, calidades insuperables y durabilidad sobresaliente (Jerez, 2007).

Las heliconias se han vuelto cada vez más populares como flores decorativas. La belleza de la flor radica en las brácteas que componen las inflorescencias con atractivos colores y tamaños, generando una explosión de color, de una elegancia rara y su uso en arreglos florales evoca la sensación de tropical y atrae su naturaleza estructural sobresaliente y no necesita más para crear un impacto en el espectador (Cantor *et al.*, 2014).

En las últimas décadas el segmento de mercado de flores tropicales ha aportado nuevas variedades en el mercado floral, lo cual genera mayores oportunidades para la diversificación y un nicho con alto potencial de explotación. Por su parte, las heliconias como género han recibido una atención significativa de los mejoradores de plantas, hay muchas especies e híbridos y cultivares innumerables en el mercado hoy en día (Cantor *et al.*, 2014). La Heliconia International Society tiene un registro de 148 especies y 1,066 cultivares únicos de heliconias (www.heliconia.org).

México no se ha posicionado como un importante productor de flores tropicales, excepto para algunos casos como el ave de paraíso. Sin embargo, el cultivo de heliconias se ha incrementado principalmente en los estados del sur-sureste, donde se han identificado 12 especies en los estados de Chiapas, Veracruz, Campeche y Tabasco, los cuales cuentan con las condiciones tropicales óptimas para su desarrollo (Murguía-González *et al.*, 2007).

En Veracruz existe un total de 50 ha cultivadas con 12 especies de heliconias como *bihai*, *stricta*, *rostrata*, *collinsiana*, *latispatha*, *wagneriana* y *psittacorum* en 23 fincas distribuidas en los municipios de Catemaco, Amatlán de los Reyes, Omealca, Córdoba, Fortín, Tezonapa, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla. En los últimos años, la actividad florícola en el estado se ha convertido en un producto más del traspatio que genera ingresos adicionales a los hogares rurales (Baltazar-Bernal y Figueroa-Rodríguez, 2009; Murguía-González *et al.*, 2007).

El sistema de producción de las heliconias se basa principalmente en la propagación por división de rizomas, ya que de esta manera se garantiza una plántula idéntica a la madre y se generan brotes en menor tiempo. Se ha reportado que la siembra se puede hacer en hileras a distancias que dependen del vigor de las especies: 1.0-1.50 m para *H. stricta*, 2.0-2.5 m para *H. bihai* y *H.*

chartacea. La fertilización se debe realizar una vez cada 2-3 semanas con fertilizantes en complejos de nitrógeno-fosforo-potasio (NPK) de 12: 9: 8. Los mejoradores del suelo deben administrarse 3-4 veces / año con NPK 3: 1: 5 y en el período de floración, se recomienda fertilizantes a base de potasio (Cantor *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo fue describir el sistema de producción de heliconias que se lleva a cabo en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz y generar información útil, dado que no se detectaron reportes de datos actualizados, ni estadísticas para la mayoría de las heliconias cultivadas en dichos municipios. Además, que con estos estudios los productores vean la importancia de enfocar su producción a la floricultura, área de oportunidad que se debe explotar más.

1.3 Materiales y métodos

Se realizó un estudio exploratorio con productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz, México (Figura 4). Esta región se encuentra ubicada entre los paralelos 18° 50' y 19° 00' de latitud norte; los meridianos 96° 52' y 97° 01' de longitud oeste; a una altitud entre 600 y 1,800 m. El clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (87 %), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (8 %) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (5 %). Y con un rango de precipitación de 1,900 a 2,100 mm y de temperatura es de 18 a 24 °C (www.veracruz.gob.mx).

1.3.1 Gestión de la información

La técnica de recolección de información fue a través de una encuesta, aplicada mediante la entrevista dirigida, utilizando como herramienta un cuestionario estructurado de preguntas abiertas relativas a aspectos sobre características socioeconómicas, producción, comercialización y apoyos sociales. La investigación comprendió los meses de octubre-noviembre a una muestra de 10 productores.

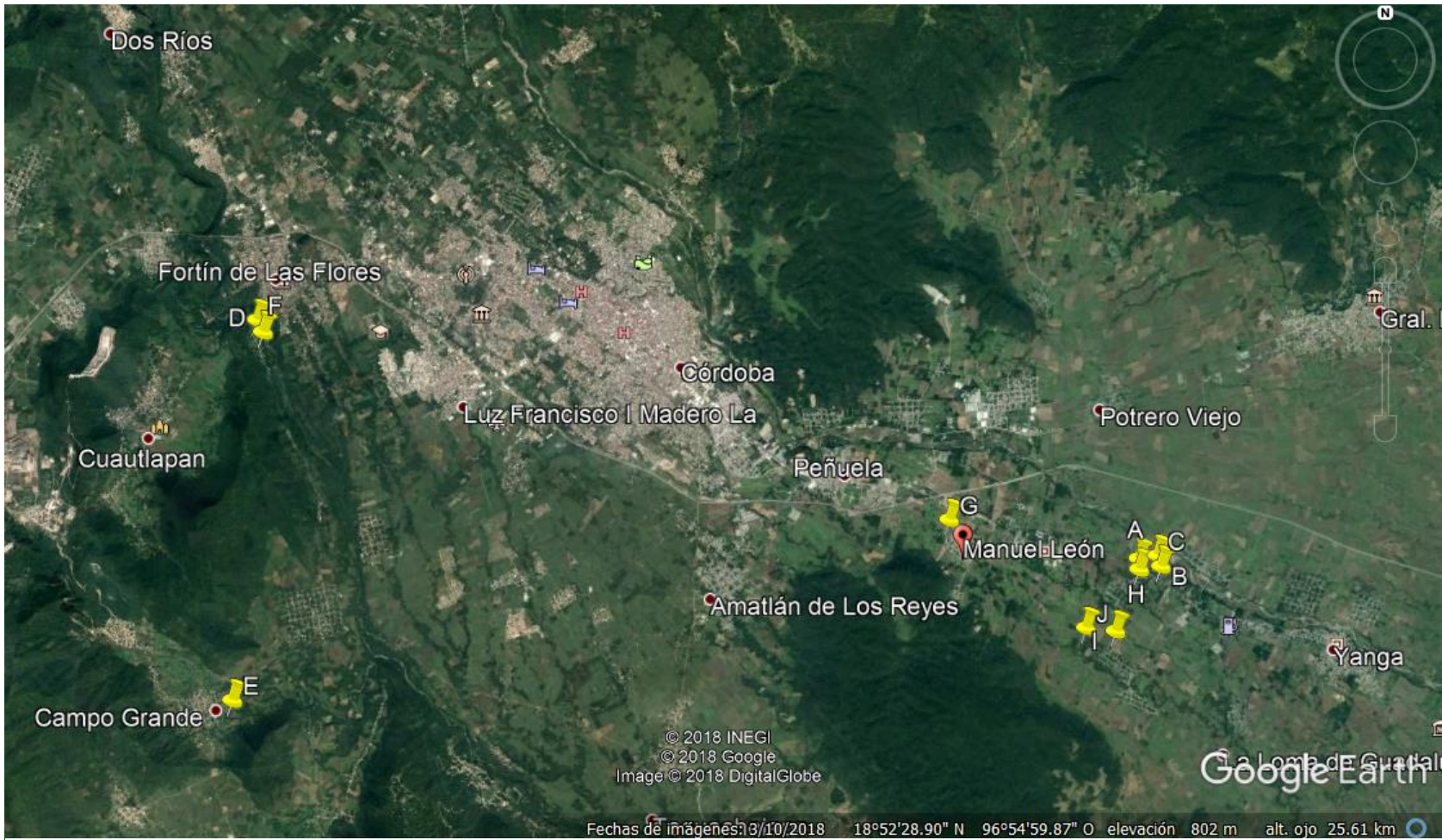


Figura 4. Localización de las parcelas de los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

1.4 Resultados y discusión

1.4.1 Características socioeconómicas

Los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, tienen un nivel mínimo de estudios de secundaria, el tiempo promedio de experiencia en la producción de heliconias es 8.7 años, sin embargo, la floricultura ocupa la segunda posición de sus actividades, ya que principalmente se dedican a la producción de caña de azúcar y/o café (Cuadro 4).

El cultivo de heliconias es a campo abierto. El 50 % de las superficies de producción son igual o menor a una hectárea (Cuadro 4); lo cual concuerda con lo mencionado por Murguía-González *et al.* (2007), quienes afirman que la actividad de la horticultura ornamental es de superficies pequeñas, en general de 0.56 ha por especie o grupo de especies. Por otra parte, la mano de obra es de tipo familiar y eventualmente llegan a contratar 1-2 jornales por ha en aquellos casos donde los productores tienen más de 2 ha.

El conocimiento de las comunidades y de los actores sociales es de vital importancia para entender las dinámicas de interacción entre la población y su entorno económico, social, cultural, político y ambiental y así potenciar sus posibilidades para apropiarse de su proceso de desarrollo (Orozco *et al.*, 2009).

1.4.2 Producción

El 90 % de los entrevistados produce heliconias de manera empírica, es decir, realizan un surcado, posteriormente siembran a una profundidad de 30 cm, y la densidad de siembra depende del porte de la planta (Figura 5). En el caso de heliconias pequeñas (Tropics, Sassy, Golden torch) siembran de 1500 a 2500 plantas ha⁻¹. Jerez (2007) menciona que la densidad de plantación depende mucho del tamaño de la especie, el tipo de inflorescencia (erecta o pendular) y su índice de crecimiento, en el caso de las de tipo erecto crecen con mayor rapidez y requieren un amplio marco de plantación.

La propagación por rizoma es la forma más empleada por los productores para la producción de heliconias. El 80 % de los entrevistados han conseguido los rizomas con familiares o

conocidos de la misma región, el resto los ha conseguido de plantaciones de Tabasco y Tapachula, Chiapas (Cuadro 4). Jerez (2007) sugiere que, aunque los rizomas pueden plantarse directamente en el suelo, es preferible hacerlo en contenedores. En aproximadamente cuatro semanas desarrollan nuevas raíces, los pseudotallos existentes mueren y son reemplazados por nuevos brotes a las cuatro o seis semanas, momento en que deben reemplazarse y trasplantarse.

El suministro de las cantidades de nutrimentos que requiere la planta se logra a través del conocimiento de su demanda nutrimental (DEM). Sin embargo, el 80 % de los entrevistados menciona no tener conocimiento de este parámetro en estas especies. Como la forma de producción es empírica y dependiendo cómo vean la planta aplican algún fertilizante de los que utilizan para la caña de azúcar como 17-17-17, en dosis similares, y abonos orgánicos como cachaza o tierra de monte, composta y también dejan los restos de las podas. García-Torres *et al.* (2011) afirman que la cachaza mejora las propiedades físicas y químicas del suelo; y un suelo óptimo para la producción de heliconias debe ser rico en materia orgánica, libre de piedras y terrones para facilitar un buen desarrollo radical.

Linares-Gabriel *et al.* (2017) recomiendan para *Heliconia cv. Tropics* una fertilización química + biol (5 g de 17-17-17 + 20 mL·planta⁻¹, respectivamente), pues afirman que la combinación entre fertilizantes químicos y orgánicos genera mayor beneficio, debido al efecto en el corto plazo del fertilizante químico y el complemento a mediano plazo del fertilizante orgánico. Santos *et al.* (2006) y Albuquerque *et al.* (2010) también recomiendan en *H. bihai* y en *H. golden Torch* sustratos ricos en materia orgánica.

El intenso crecimiento de esta especie y la alta producción de masa verde de la misma, denotan un alto nivel de utilización de nutrientes, por lo que se recomienda la aplicación de 46, 50 y 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, a uno, cuatro y cinco meses después de ser plantadas. Otros elementos de importancia son el magnesio (Mg) y elementos menores, como azufre (S), molibdeno (Mo), boro (B), y zinc (Zn) (Sosa, 2013).

Los entrevistados indican que durante el primer año del cultivo realizan labores como deshierbe y aporques manuales (Cuadro 4), y conforme la planta va creciendo, estas labores ya no son necesarias ya que la misma altura de la planta impide el paso de luz y por ende el desarrollo de

arvenses; lo que si realizan son podas y/o deshijados dos veces al año o más dependiendo del crecimiento de la planta. No se realiza un manejo o control de plagas y enfermedades porque hasta el momento no han tenido problemas severos al respecto y el 90 % de ellos tampoco realizan análisis químico de suelo y/o planta para generar las dosis de fertilización.

La dosis adecuada de fertilización ayuda a generar una producción y rendimiento mayores en estas especies (Sushma *et al.*, 2012). Sin embargo, el 90 % de los entrevistados menciona no llevar un registro de sus volúmenes de producción, ya que van vendiendo conforme el mercado lo demanda, el 80 % de ellos vende su producción por medio de intermediarios, los cuales generalmente llegan al área de producción y ellos mismos seleccionan y cortan la flor que cumpla las características deseadas para sus clientes.

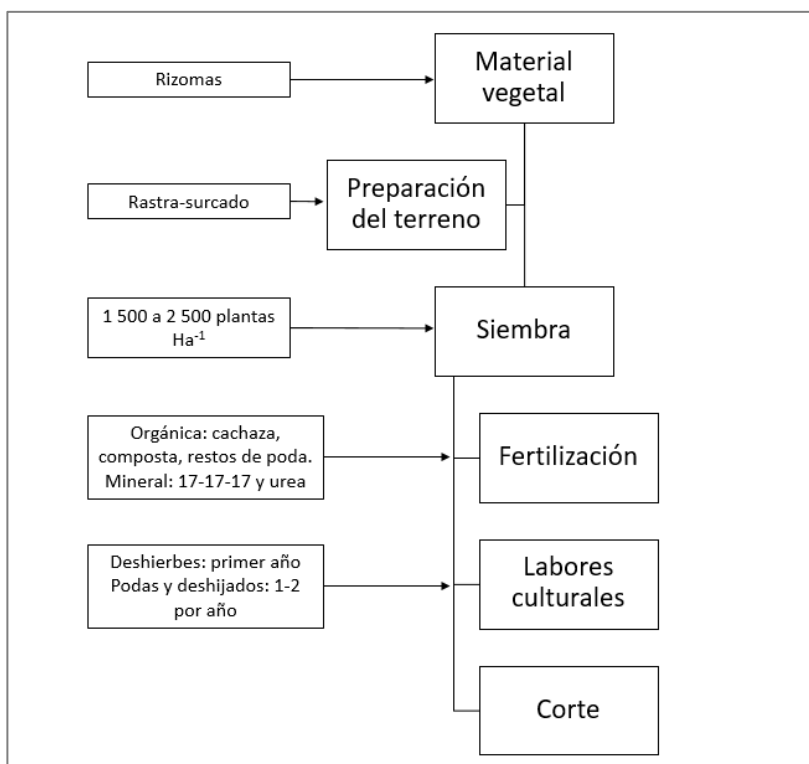


Figura 5. Método de producción de *Heliconias* spp. en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

Las heliconias que se producen en los municipios seleccionados para este estudio son: A) tropica (*Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics), B) golden (*Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch'), C) sassy (*Heliconia psittacorum sassy*), D) collinsiana (*Heliconia collinsiana* Griggs), E) latispatha (*Heliconia latispatha* Benth), F) sexi pink (*Heliconia chartacea*, var. *Sexy pink*), G) rostrata (*Heliconia rostrata*, cv. *Ruíz y Pavón*), H) wagneriana (*Heliconia wagneriana*) e I) stricta (*Heliconia stricta*, cv. *Las Cruces*) (Figura 6).



Figura 6. Especies de heliconias cultivadas en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

De acuerdo a las épocas de producción de esta diversidad de cultivares, la región puede ofertar heliconias durante todo el año (Cuadro 3), lo cual es un área de oportunidad a favor de estas especies. Además, también producen otras especies tropicales como anturios (*Anthurium andreanum*), maracas (*Zingiber* spp), ave de paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.) y dracena (*Dracaena fragans*).

Cuadro 3. Disponibilidad de diferentes especies de heliconias a lo largo del año en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

Especie de Heliconia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Òct	Nov	Dic
<i>psittacorum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>collinsiana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>latispatha</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>chartacea</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>rostrata</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>wagneriana</i>			x	x	x	x						
<i>stricta</i>	x	x							x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

1.4.3 Comercialización y apoyos gubernamentales

Respecto a la comercialización, el 20 % de los entrevistados menciona que ellos mismos realizan el transporte de su producción y la de otros productores a la central de abastos de Puebla, y Ciudad de México (Cuadro 4), ya que allí es donde la comercializan; es decir fungen como intermediarios. El precio de compra que manejan con los productores primarios ellos lo determinan en función de los precios de venta en la Central de Abastos de la Ciudad de México (Figura 7). En el mercado interno, la Central de Abastos de la Ciudad de México funge como principal acopiador de la producción florícola de los estados de México, Morelos y Puebla (Orozco-Hernández, 2007).

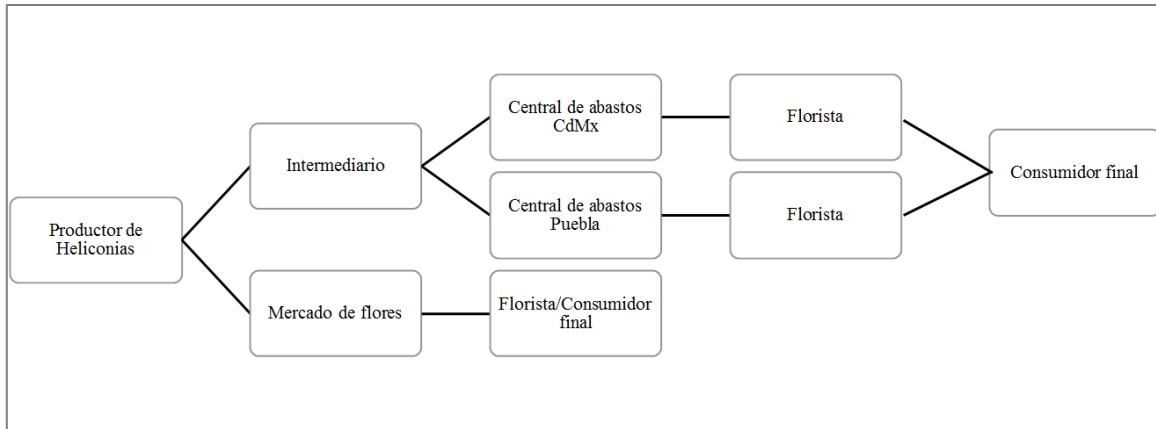


Figura 7. Canal de distribución de flores de corte de *Heliconias* spp. en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

Los productores mencionan que actualmente no tienen alguna asociación o cooperativa de floricultores; sin embargo, en años anteriores han intentado agruparse, pero por falta de organización han fracasado, sumado a los nulos apoyos gubernamentales para el sector florícola en la región, a diferencia de los apoyos para la caña de azúcar o el café que otorga la Secretaría de Desarrollo Rural o la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), donde sí hay grupos de productores o asociaciones que gestionan apoyos para sus cultivos.

Murguía-González *et al.* (2007) afirman que el principal problema en la horticultura ornamental del estado de Veracruz es la falta de organización de los productores para la integración en empresas. En el caso de los productores de heliconias, su falta de organización es un factor que influye en el crecimiento de la producción, pues todos mencionan que especialmente las heliconias son un cultivo muy rentable ya que, a diferencia de otras ornamentales, esta especie es muy productiva sin exigir tantos insumos (agroquímicos) y cuidados. Sin embargo, no lo contemplan como principal actividad debido a que no tienen un mercado seguro como lo tiene la caña de azúcar o el café, pero sí una segunda opción que les aporta ingresos extras.

Cuadro 4. Información obtenida de los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

Características	Productor										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Nivel de estudio	Secundaria	Secundaria	Licenciatura	Secundaria	Preparatoria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Preparatoria	Preparatoria	
Experiencia en producción de heliconias	9	9	15	2	11	14	12	5	7	3	
Actividad económica principal	Agricultor (caña de azúcar)	Agricultor (flores)	Agricultor (flores)	Agricultor (café)	Agricultor (caña de azúcar y café)	Agricultor (flores)	Agricultor (caña de azúcar)	Agricultor (flores)	Agricultor (caña de azúcar)	Agricultor (caña de azúcar)	
Forma de producción	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	Campo abierto	
Tamaño (ha)	2	2	3	0.25	4	5	1	0.20	0.10	0.50	
Núm. De empleados	2	3	2 - 4	No	1 - 2	5-8	Eventualmente	No	No	No	
Densidad de siembra (plantas ha⁻¹)	1500 - 2000	4000	2500 aunque depende de la especie	1500	1600	1600	1500	1500	No lo sabe	2000	
Propagación	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	Rizoma	

Fertilización	No, dependiendo o cómo esté la planta	Abonos orgánicos y restos de poda	Abonos orgánicos	No	Orgánico: cachaza y restos de poda	17-17-17 y desechos de poda	No	No	No	Desechos de las podas
Labores culturales	Deshierbe solo el primer año	Poda solo si el cultivo necesita	Poda y deshijado cuando el cultivo lo requiere	Deshierbe y Poda	Tres Deshierbes en el primer año y podas dependiendo o del cultivo	Poda (2 x año)	Deshierbes y podas dependiendo del cultivo	Podas	Podas	Podas de aclareo
Cultivar	tropica, wagneriana, sassy, golden, rostrata, maraca, maizera.	tropica, wagneriana, sassy, collinsiana, golden, latisphata, stricta, rostrata	wagneriana, bihai, maraca, ginger, maizera, alcatraz.	tropica maizera	tropica, wagneriana, bihai, maizera, maraca y palmas.	tropica, sexi pink, maraca, anturio, dracena	tropica	tropica	tropica	tropica
Riego/Temporal	Temporal	Temporal	Temporal y riego	Temporal	Temporal y riego	Temporal	Temporal	Temporal	Temporal	Temporal
Volumen de Producción	5000-10000 docenas por año	No lleva un registro	No lleva registro	No sabe	No lo contabiliza	1000 tallos sem ha ⁻¹	No lo contabiliza	No sabe	No lo contabiliza	No lo registra

Análisis de suelo y planta	No	No	Suelo	No	No	No	No	No	No	No	No
Comercialización	Local regional (Puebla)	y Local	Regional: Cuernavaca, México y Puebla	Local	Local	Regional: Puebla	Local	Local	Local	Local	Local
Venta	Intermediario	Intermediario	Directa al comerciante	Intermediario	Intermediario	Directa al comerciante	Intermediario	Venta directa al mercado	Intermediario	Intermediario	Intermediario
Miembro de organización de floricultores	No, no existe en la región.	No hay	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Apoyo gubernamental	No	No	No	No	No	No	No hay	No	No	No	No

Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por los productores de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz. 2018.

1.5 Conclusión

El sistema de producción de heliconias en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz se basa en un método empírico y baja tecnificación. A pesar de que dicha región cuenta con las condiciones climáticas necesarias para el cultivo, manejo y aprovechamiento de heliconias, no han logrado establecer un sistema de producción tecnificado debido a la falta de: a) falta de información técnica del cultivo desde la producción en campo, manejo postcosecha y comercialización, b) impulso a la organización de productores, que probablemente facilitará a los productores acceder a financiamientos, asesoría, material vegetal, insumos y mercado, c) diversificación organizada de la producción de heliconias dado que las características climáticas y conocimiento básico en el manejo de especies es suficiente y tienen el potencial de obtener buena productividad.

1.6 Literatura citada

- Albuquerque A. W., E. S. Rocha, J. P. V. Costa, A. P. Farias, and A. L. Bastos. 2010. Production of *Heliconia* Golden Torch as influenced by the mineral and organic manure. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14(10): 1052–1058.
- Baltazar-Bernal O. y K. A. Figueroa-Rodríguez. 2009. Flores que atrapan tu mirada: estudio de vida de florero y comercial de flores ornamentales de la Zona Centro del Estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México. 80 p.
- Cantor M., V. Singureanu, D. Horț, and E. Buta. 2014. Heliconias - novelties and applicability in floral art. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 18: 22–27.
- García-Torres R., E. Rios-Leal, A. Martínez-Toledo, R. F. Ramos-Morales, J. S. Cruz-Sanchez y M. C. Cuevas-Díaz. 2011. Uso de cachaza y bagazo de caña de azúcar en la remoción de hidrocarburos en suelo contaminado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27: 31–39.
- Jerez E. 2007. El cultivo de las heliconias. *Cultivos Tropicales* 28: 29–35.
- Linares-Gabriel A., C. J. López-Collado, C. A. Tinoco-Alfaro, J. Velasco-Velasco, and G. López-Romero. 2017. Application of biol, inorganic fertilizer and superabsorbent polymers in the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica). *Revista Chapingo Serie horticultura* 23: 35–48.

- Murguía-González J., H. Lee, I. Landero, and T. Km. 2007. La horticultura ornamental en el estado de Veracruz, México. XI Congreso SECH. Actas de Horticultura. 48: 485-488.
- Orozco M. E. H. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. Convergencia Revista de Ciencias Sociales 45: 111-160.
- Orozco M. E. H., E. M. Campos y A. P. Guerrero. 2009. Hacia la gestión de un nuevo desarrollo rural: el caso de los pequeños productores de flor en Villa Guerrero, México. Quivera 11: 91-102.
- Santos M. R. A., A. L. O. Timbó, A. C. P. P. Carvalho, e J. P. S. Morais. 2006. Estudo de adubos e substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas micropropagadas de helicônia. Horticultura Brasileira 24(3): 273–278.
- Sosa R.F.M. 2013. Cultivo del género *Heliconia*. Cultivos Tropicales 34, 24–32.
- Sushma H. E., B. S. Reddy, B. S. Kulkarni, and C. P. Patil. 2012. Effect of spacing and inorganic nutrients on growth, flowering and nutrient status in heliconia (*Heliconia* spp.). Journal of Agricultural Science 25(4): 485-487.

CAPÍTULO II. USO DE SOLUCIONES PULSO Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO EN HÚMEDO Y SECO DE *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics

2.1 Resumen

Heliconia psittacorum x *H. spathocircinata* cv Tropics es una especie floral tropical con auge en el mercado florícola; sin embargo, su vida postcosecha se encuentra condicionada por la pérdida de turgencia y la baja absorción de agua lo que conduce a una temprana marchitez de las inflorescencias. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron describir los caracteres anatómicos de tallo y brácteas de la inflorescencia mediante un estudio histológico, y evaluar el uso de diferentes soluciones pulso y un almacenamiento refrigerado en húmedo y en seco, sobre su vida de florero. Previo al almacenamiento se aplicó un pulsado por 12 h con diferentes soluciones: T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Al término del almacenamiento los tallos florales se mantuvieron en un cuarto con una temperatura de 21.6 ± 2 °C y 59.2 ± 5 % HR, fotoperiodo de 12 h. y se evaluó el peso fresco, consumo de agua, integridad de la membrana celular y la vida de florero (VF). *H. psittacorum* cv. Tropics presenta brácteas cimboriformes con estomas paracíticos (31.30 µm) no funcionales, haces vasculares y haces de fibra cercanos a la región abaxial; el tallo es de un aerenquima esponjoso, numerosos haces de fibra y grandes haces vasculares (418.02 µm). Los tallos del almacenamiento en seco mostraron un mayor consumo de agua, integridad de la membrana celular y vida de florero que los del almacenamiento húmedo; en cuanto a los tratamientos de pulsado, el ácido salicílico y el testigo (agua) mostraron la mayor vida de florero dando como resultado 2 días después del almacenamiento.

Palabras clave: *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics, absorción, solución pulso, vida de florero.

2.2 Introducción

Heliconia psittacorum x *H. spathocircinata* cv. Tropics es una flor tropical con alto potencial ornamental debido a su belleza, fácil embalaje, ya que a diferencia de otras heliconias, ésta tiene sus brácteas distribuidas en un solo plano y producción durante todo el año (Baltazar-Bernal *et al.*, 2011). Sin embargo, en las flores de corte un factor importante en la comercialización es el tiempo de vida de florero. En las heliconias, las causas más comunes que limitan su vida de florero son la inhibición de la absorción de agua y la pérdida excesiva de agua por mal manejo (Leyva-Ovalle *et al.*, 2011).

La vida postcosecha de las flores ornamentales está ligada a la interacción entre la genética y las características anatómicas y fisiológicas de la especie (Castro *et al.*, 2015). La tasa de absorción de agua y la transpiración determinan la turgencia o peso fresco de los tallos florales y esto dependerá de su capacidad para retener el agua, es decir, la absorción está asociada a la conductancia hídrica de los haces vasculares del tallo (van Meeteren y van Gelder, 1999) y la transpiración depende de la funcionalidad estomática, si los estomas no responden adecuadamente a las señales de estrés hídrico o no se cierran completamente (por ejemplo, cuando la absorción de agua es limitada) esto lleva rápidamente al desarrollo de un balance hídrico negativo (van Doorn, 2012).

Se ha reportado que el uso de algunos productos químicos en la solución de florero ayuda a mantener los procesos fisiológicos, tal es el caso de la sacarosa, pues su aplicación exógena suministra el sustrato necesario para la respiración y ayuda a mantener el equilibrio hídrico, por lo que retrasa la pérdida de turgencia, así como la senescencia floral (Pun y Ichimura, 2003). El Hydraflor® 100 es otro compuesto que baja el pH de la solución de florero y sus agentes acidificantes mejoran el consumo de agua (FloraLife®); además, un pH entre 3 a 4 ayuda a reducir la población microbiana en la solución de florero (Halevy y Mayak, 1981). Lopes *et al.* (2012) demostraron que 16 mL L⁻¹ de Hydraflor® 100 en *Zingiber spectabile* mejoró la vida de florero.

Por otra parte, se ha reportado que el uso de ácido salicílico (AS) en flores de corte de anturio (*Anthurium andraeanum* cv. Sirion) almacenadas a baja temperatura, retrasa el pardeamiento de la espata asociada a una mayor estabilidad de la membrana celular (Aghdam *et al.*, 2016).

Al igual que otros productos hortofrutícolas, las flores de corte son productos altamente perecederos que deben manejarse y almacenarse adecuadamente. Para mantener su valor y calidad, y prolongar su vida postcosecha y retrasar la senescencia, se deben seguir los métodos de almacenamiento apropiados a las necesidades de cada especie (Folha *et al.*, 2016). Sin embargo, se dispone de poca información sobre el manejo postcosecha de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics por lo que el objetivo de este trabajo fue describir los caracteres anatómicos de tallo y brácteas de la inflorescencia mediante un estudio histológico y evaluar el uso de diferentes soluciones pulso y un almacenamiento refrigerado en húmedo y en seco sobre la vida postcosecha a fin de determinar un adecuado tratamiento para aumentar la vida postcosecha de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics.

2.3 Materiales y métodos

2.3.1 Material vegetal

Se utilizaron inflorescencias de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics que se obtuvieron de una plantación comercial localizada en Campo grande, Ixtaczoquitlan, Veracruz (18°52'18.90" LN y 97°01'34.84" LO, altitud de 998 m). Las inflorescencias se trasladaron al laboratorio a temperatura ambiente (18 - 21 ° C). Se seleccionaron 110 inflorescencias cortadas con dos a tres brácteas abiertas, se limpiaron (eliminando las flores del interior de las brácteas), se lavaron y se cortaron a una longitud estandarizada del tallo de 100 ± 1 cm. Un grupo de 10 tallos se mantuvo a temperatura ambiente, con el resto se hicieron grupos de 20 tallos, cada grupo se mantuvo en diferentes soluciones pulso: T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L^{-1}); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L^{-1}) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v) durante 12 h, y al término del pulsado se almacenaron en refrigeración a 11.3 ± 1 °C y 84.8 ± 5 % HR durante 10 d, 10 tallos de cada grupo se almacenaron en húmedo (AH): los tallos se mantuvieron en botes con agua de la llave y las inflorescencias se cubrieron con bolsas de plástico oscuro. El resto de los tallos se almacenaron en seco (AS), las inflorescencias se empacaron en bolsas de plástico oscuro bien selladas. Las variables de temperatura, HR y luz fueron monitoreadas usando registradores de datos y sensores (HOBO, Onset Computers Co., MA, EE.UU.).

2.3.2 Descripción anatómica

Preparaciones histológicas del tejido del tallo y bráctea de la inflorescencia de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics fueron realizadas, se observaron al microscopio electrónico de barrido y se realizaron fotografías para describir el tipo de estoma de la bráctea, cuantificar frecuencia estomática y describir el sistema vascular del tallo. También se realizó un ensayo de transpiración mediante un método gravimétrico, donde basados en la determinación de pérdida de peso de 10 tallos en un ambiente controlado (24 °C, 60 % HR y 12 h de fotoperiodo), se evaluó la transpiración.

2.3.3 Porcentaje de peso fresco (% PF)

Se evaluó diariamente durante su vida en florero y se expresó en porcentaje, considerando como 100 % PF al peso a la salida del almacenamiento siguiendo el método descrito por He *et al.* (2006), para obtener el relativo aumento de peso (%) de la expresión

$$\% PF = \left(\frac{PF_t}{PF_{t=0}} \right) \times 100$$

donde PF_t es el peso (g) del tallo floral proveniente en el tiempo correspondiente al día de evaluación y $PF_{t=0}$ es el peso (g) del mismo tallo proveniente del día 0 de la evaluación.

2.3.4 Consumo de agua (CA)

Se evaluó siguiendo la metodología modificada de Pérez-Arias *et al.* (2014), cada tallo floral se colocó en un frasco con 200 mL de solución y cada dos días se midió el volumen consumido. Adicionalmente se colocó un frasco con 200 mL de agua sin colocar tallo floral para determinar su pérdida debido a la evaporación. La tasa de absorción se expresó como la cantidad de mL de agua por gramo de peso fresco (mL g^{-1}).

2.3.5 Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular (PIA)

La integridad absoluta de la membrana celular se calculó sobre la base de la fuga de electrolitos de las brácteas usando un medidor de conductividad, según el método descrito por Mangave *et al.* (2013), se tomaron muestras de tres discos (10 mm de diámetro) del tejido de la segunda bráctea abierta desde la parte basal. Los discos se mantuvieron en tubos de ensayo sumergidos en 30 mL de agua destilada durante 24 horas antes de la primera medición de conductividad

libre. La segunda medición (conductividad total) se realizó 1 hora más tarde en tubos de ensayo que permanecieron en un baño de agua a 100 ° C. El PIA de la membrana celular se calculó con la fórmula siguiente:

$$PIA = \left(1 - \frac{CL}{CT}\right) \times 100$$

Donde PIA es el porcentaje de integridad absoluta de las membranas celulares (%), CL la conductividad libre (dSm^{-1}) y CT es la conductividad total (dSm^{-1}).

2.3.6 Vida de florero (VF)

El número de días transcurridos desde que salieron del almacenamiento hasta que los tallos florales presentaron síntomas visibles de deterioro se determinó para calcular la VF. Para evaluar la calidad visual de las inflorescencias se diseñó una escala de A - D (Figura 8), donde el grado D fue considerado el término de la vida de florero de los tallos.



Figura 8. Escala de marchitez en inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics.

2.3.7 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial en los tratamientos. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los valores se analizaron con la prueba de comparación de medias (LSD, 0.05). Para el análisis de integridad absoluta de la

membrana celular, se utilizó un modelo lineal generalizado mixto con respuesta beta. Se usaron diez tallos florales por tratamiento para el análisis del peso fresco, consumo de agua, vida en florero; y tres tallos por tratamiento para el análisis de PIA. Los análisis estadísticos se realizaron con SAS® versión 9.4.

2.4 Resultados y discusión

2.4.1 Descripción morfo-anatómica

H. psittacorum x *H. spathocircinata* cv. Tropics es una planta ornamental originaria de Sur América, tiene hábito de crecimiento musoide, es decir, con hojas en posición vertical y peciolo muy largos; su altura puede alcanzar los 2 m (Figura 9A). Presenta una lámina foliar de 37 a 60 cm de largo, la inflorescencia (Figura 9B) es terminal y erecta, con longitud entre 10 a 20 cm. El raquis es flexuoso, glabro a glauco y generalmente con coloración anaranjada. Las brácteas son cimbiformes, dísticas y van en número de 3 a 7 por inflorescencia, con tonalidades que van del rojo al anaranjado, por lo común glaucas, estas brácteas protegen a las flores verdaderas, las cuales están parcialmente expuestas, son de color amarillo y también contienen al fruto, el cual es una drupa subglobosa color amarillo (Figura 9C) (Whistler, 2000).

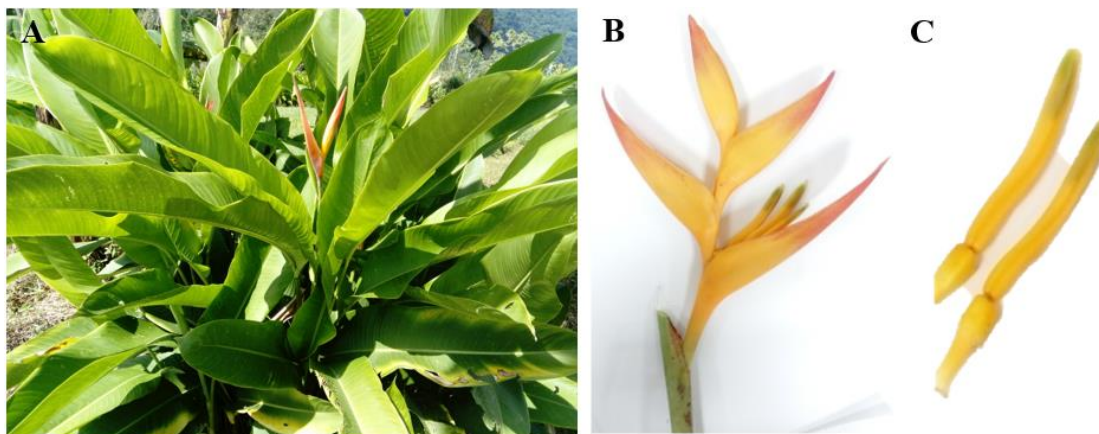


Figura 9. Planta (A), inflorescencia (B) y flor y fruto (C) de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics.

Las hojas se clasifican como hipoestomáticas, es decir, con estomas únicamente en la cara abaxial de la epidermis, tienen una frecuencia estomática (FE) de 115.6 estomas mm^{-2} , los estomas son de tipo paracítico, el cual se caracteriza por presentar dos células anexas al mismo nivel de las epidérmicas, dispuestas paralelamente a los ejes mayores de las células oclusivas. En un estudio sobre la estructura ultradelgada de la epidermis foliar en cinco especies de heliconias, *H. psittacorum* también se identificó como hipostomático, mientras que el resto (*H. bihai* (L.), *H. lathispatha* Bentham, *H. platystachys* Baker y *H. spathocircinata* Aristeg.) se clasificaron como anfiestomáticas (Arriechi y Sanabria, 1995).

Las brácteas que componen las inflorescencias también presentan estomas paracíticos, con una FE de 56.71 y 13.46 estomas mm^{-2} en la epidermis abaxial (Figura 10 A) y adaxial (Figura 10 B) respectivamente, y la longitud de los estomas es de alrededor de 31.30 μm . paralelo a esto, se realizó una prueba de transpiración durante 60 h, en una cámara con ambiente controlado (24 °C y 12 h de fotoperiodo), donde se encontró un comportamiento diferente al del ritmo circadiano; es decir, la transpiración se mantuvo fluctuando en un mismo rango durante el día y solo hubo un ligero cambio por la noche como respuesta al cambio en la luminosidad, esto sugiere una poca funcionalidad de los estomas (respuesta rápida al cierre estomático tras la deshidratación).

Si los estomas no responden adecuadamente a factores ambientales (temperatura, luz, HR), esto indica señales de estrés hídrico o a una limitada absorción de agua, que conllevan rápidamente al desarrollo de un balance hídrico negativo y consecuentemente el fin de la vida de florero (van Doorn, 2012). Por el contrario, si éstos son funcionales, se mantiene la hidratación de la flor gracias a un equilibrio favorable de agua lo cual contribuye a su conservación durante más tiempo. En *Rosa hybrida* cv. Akito se ha reportado una buena correlación entre la funcionalidad estomática y los parámetros de rendimiento de las flores como la conservación del peso fresco de la flor y vida de florero (Woltering y Paillart, 2018).

A través de la microscopía de barrido se observó la anatomía del tejido de las brácteas y el pseudotallo (Figura 10), encontrando que las brácteas contienen canales de aire, haces de fibra distribuidos muy cercanos unos de otros en la periferia de la región abaxial (Figura 10 C) y haces vasculares de una longitud de alrededor de 234.60 μm , alineados entre los haces de fibra

y los canales de aire (Figura 10 D). En diferentes especies de heliconia (*H. rivularis*, *H. velloziana* y *H. spathocircinata*) se ha observado que las inflorescencias con brácteas cimboriformes generalmente tienen grandes canales de aire y numerosos haces de fibras cerca de la superficie abaxial (Andersson, 1992; Simão y Scatena, 2004).

El tejido del pseudotallo en su primera capa también contiene haces de fibra en gran cantidad en la periferia, un aerénquima esponjoso que abarca una gran parte de la superficie y haces vasculares (Figura 10 E); mientras que la parte central del pseudotallo está integrada principalmente por haces vasculares los cuales difieren en longitud (418.02 μm) de los de las brácteas (Figura 10 F).

Las características anatómicas de los tejidos vegetales juegan un papel importante en las flores de corte, ya que la tasa de absorción de agua de una flor de corte depende también de la conductividad hidráulica de los haces vasculares en el tallo (van Meeteren y van Gelder, 1999). Existe una relación entre el diámetro de los vasos del xilema y la susceptibilidad al embolismo, o también llamado índice de vulnerabilidad (IV) de los vasos, el cual es directamente proporcional al diámetro; mientras que la conductividad relativa y el IV guardan una relación inversa; es decir, los vasos anchos con un mayor potencial de flujo son más vulnerables a la cavitación, en contraste con los vasos estrechos (Arriaga-Frías *et al.*, 2014).

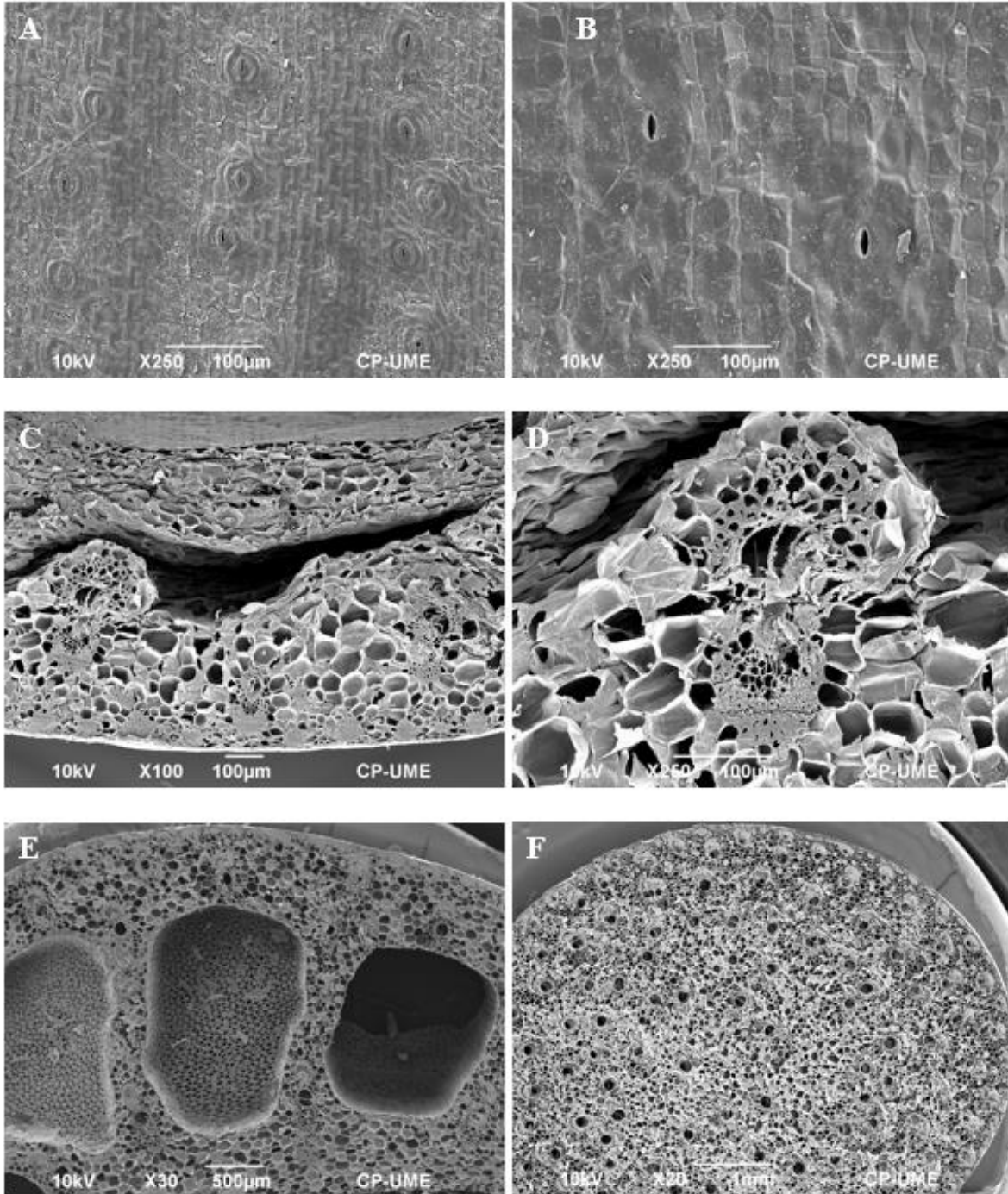


Figura 10. Micrografía A) cara abaxial y B) cara adaxial de la epidermis de las brácteas; C) Haces de fibra, canales de aire y D) haz vascular de un corte transversal de la bráctea, y E) corte transversal del pseudotallo: haces de fibra, haces vasculares y aerénquima y F) haces vasculares del centro del pseudotallo de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics.

2.4.2 Porcentaje de peso fresco (% PF)

La pérdida de peso fresco en los tallos florales afecta los parámetros de calidad física, debido a que reduce la turgencia de los tallos e induce la marchitez de las flores (Bañuelos-Hernández *et al.*, 2016).

El peso fresco a los dos días de vida de florero fue significativamente mayor ($P \leq 0.0001$) en los tallos que se mantuvieron en almacenamiento húmedo que los que estuvieron en seco. El tratamiento que mejor conservó el PF en los tallos almacenados en húmedo fue T3 (Hydraflor® 100 0.5 g L⁻¹ + sacarosa 5 % p/v) con un 98 % del PF, mientras que en los almacenados en seco fue el tratamiento T1 (agua) con 97 % de PF (Figura 11).

Lo anterior indica un comportamiento diferente de los tratamientos dependiendo del tipo de almacenamiento; es decir, en húmedo el Hydraflor en combinación con la sacarosa muestra un mejor efecto, lo cual es entendible ya que el primero, al ser un agente hidratante actúa eficientemente en un ambiente húmedo, mientras que la sacarosa desempeña un papel importante en la mejora del equilibrio hídrico de las flores cortadas, al afectar el potencial osmótico de las flores cortadas y la capacidad de retención de agua de los tejidos, lo que puede explicar la conservación de peso fresco (Halevy *et al.*, 1978).

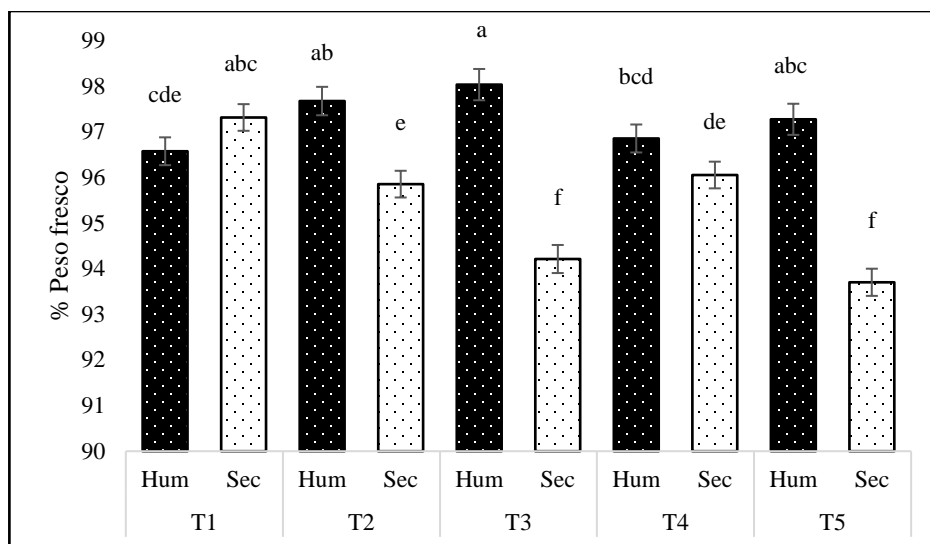


Figura 11. Porcentaje de peso fresco al día 2 de vida de florero después del almacenamiento refrigerado (10 d , $11.3 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ y $84.8 \pm 5\text{ \% HR}$) de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics. Cada barra representa la media de diez observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L^{-1}); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L^{-1}) + sacarosa (5 \% p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 \% p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

2.4.3 Consumo de agua (CA)

El CA después del almacenamiento fue mayor en los tallos que se almacenaron en seco que aquellos que estuvieron en condiciones húmedas (Figura 12). Resultados similares se han reportado en especies como *Eustoma grandiflorum* “ABC Purple” (Ahmad *et al.*, 2012), *Rosa* sp. y *Gerbera jamesonii* (Berlingieri y Mattiuz, 2009; Mosqueda-Lazcares *et al.*, 2012) donde las flores almacenadas en seco tuvieron un mayor consumo de agua durante su vida de florero que las almacenadas en húmedo.

El CA de todos los tratamientos fue de alrededor de 0.08 a 0.11 mL g^{-1} (a los dos días de VF), mientras que en otras especies se reportan un mayor consumo de agua, como, por ejemplo: en rosa (*Rosa hybrida* L. cv. Blac magic) el consumo es de alrededor de 2 mL g^{-1} PF (Juárez *et al.*, 2008) o en lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) es de 0.55 mL g^{-1} PF (Ahmad *et al.*, 2012). El mantenimiento del balance óptimo de agua es un objetivo fundamental del manejo de las flores

de corte (Kumar *et al.*, 2008) ya que está interrelacionado y afecta directamente a los procesos fisiológicos de la flor (Moraes, 2016).

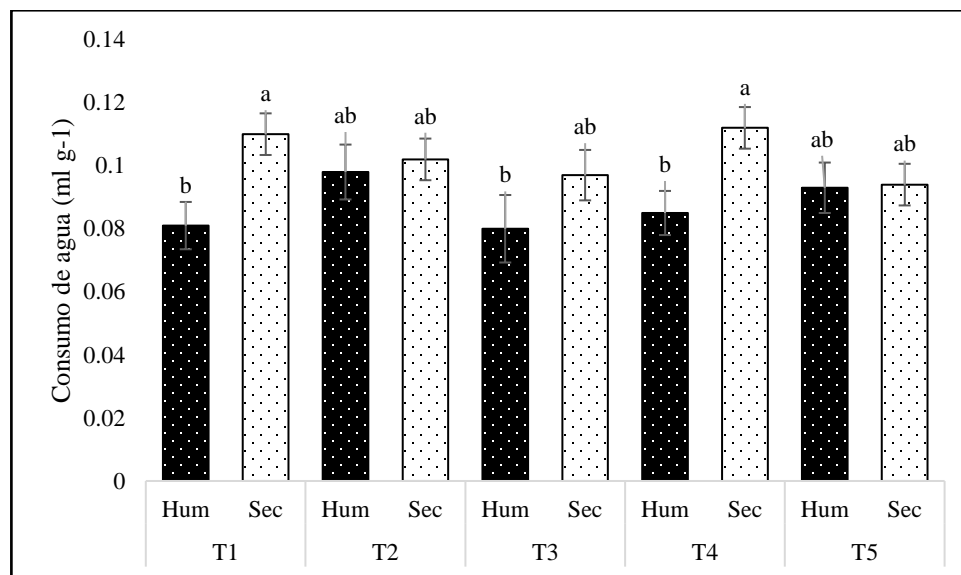


Figura 12. Consumo de solución (ml g⁻¹) al día 2 de vida de florero después de almacenamiento refrigerado (10 d, 11.3 ± 1 °C y 84.8 ± 5 % HR) de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics. Cada barra representa la media de diez observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa (P ≤ 0.05).

2.4.4 Porcentaje de integridad absoluta de la membrana celular (PIA)

El PIA inicial fue de 82.05 %, después de 10 d de almacenamiento a 11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR, el PIA tuvo una disminución, la cual fue significativamente menor (P ≤ 0.0001) en los tallos de los tratamientos que fueron almacenados en seco que en los que se mantuvieron en húmedo (Figura 13).

En cuanto a los tratamientos, el testigo (agua) fue el que mantuvo un porcentaje muy similar (81.20 %) al porcentaje inicial, seguido por T2 (Hydraflor® 100, 0.5 g L⁻¹) y T4 (Ácido

salicílico, 1mM) (78 %), en el almacenamiento en seco; mientras que el T3 (Hydraflor® 100 0.5 g L⁻¹ + sacarosa 5 % p/v) fue el tratamiento que mayor daño presentó la membrana tanto en el almacenamiento húmedo (68.03 %) como en el seco (74.59 %).

La disfunción de la membrana es uno de los impactos adversos del estrés por frío en los cultivos tropicales. Bajo la temperatura de enfriamiento, la transición de la fase de la membrana celular de líquido cristalino a gel rígido conduce a una disminución de la permeabilidad selectiva de la membrana (Aghdam *et al.*, 2013), y finalmente revela síntomas de daño por frío como el manchado de la espata en anturios, lo cual disminuye la comerciabilidad económica en las flores de corte (Aghdam *et al.*, 2016).

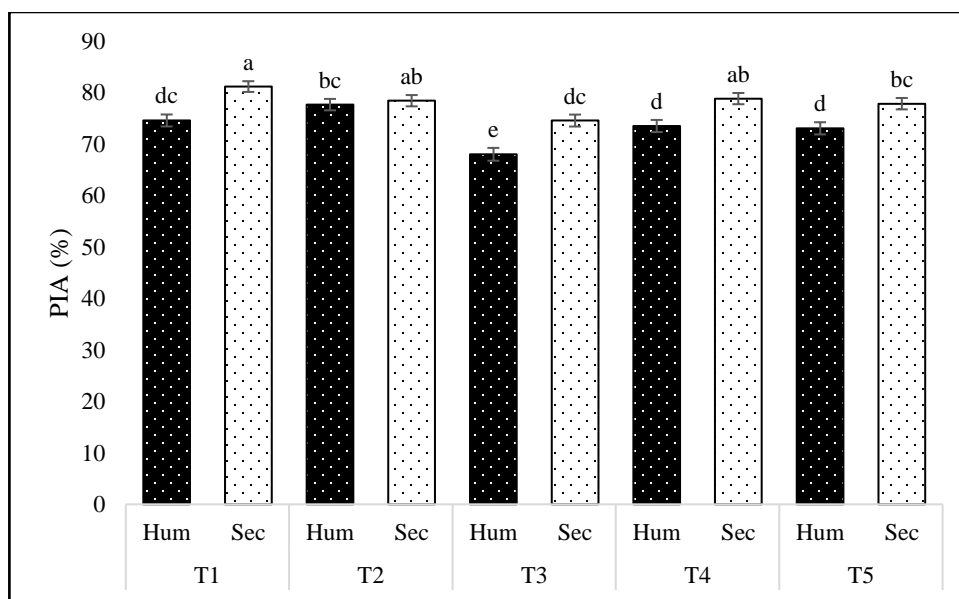


Figura 13. Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular de flores de corte de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics después de 10 d de almacenamiento (11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR). Cada barra representa la media de tres observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L⁻¹) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

2.4.5 Vida en florero (VF)

La VF del tratamiento testigo a temperatura ambiente (21.6 ± 2 °C y 59.2 ± 5 % HR) fue de 7 d, su senescencia se caracterizó por marchitamiento en el ápice de las brácteas que continuó con un necrosamiento a lo largo de la misma. En heliconia se ha reportado que la marchitez de la bráctea y el adelgazamiento del tallo son los síntomas de senescencia que limitan las cualidades del tallo floral para la comercialización (Leyva-Ovalle *et al.*, 2011).

En el caso de los tallos que se almacenaron en refrigeración en húmedo durante 10 d, la VF no fue mayor a 1.5 d, e incluso el tratamiento T3 (Hydraflor® 100 0.5 g L^{-1} + sacarosa 5 %) mostró una nula VF, ya que al término del almacenamiento el 60 % de las inflorescencias mostraba síntomas de senescencia visibles como pardeamiento en las brácteas (Figura 14). Existe otro estudio donde reportan que este mismo cultivar almacenado en húmedo (agua destilada) a 12 °C y 90 % HR por 10 d alcanza una VF de 4.5 d (Bañuelos-Hernández *et al.*, 2016).



Figura 14. Pardeamiento en las inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics (T3: Hydraflor® 100 0.5 g L^{-1} + sacarosa 5 %) después de 10 días de almacenamiento en húmedo a 11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR.

En el caso de los tallos que se almacenaron en seco, todos los tratamientos tuvieron alrededor de dos días de VF (Figura 15) excepto los tallos del tratamiento T3 (Hydraflor® 100 0.5 g L^{-1} + sacarosa 5 %). Estos resultados se pueden asociar a que en este tipo de almacenamiento se tuvo una mejor conservación de la integridad de la membrana celular. En flores de corte de

anturio (*Anthurium andreaeanum*), el retraso del pardeamiento de la espata se asoció a una mayor conservación de la integridad de la membrana influenciada por un tratamiento postcosecha con ácido salicílico (Aghdam *et al.*, 2016).

A pesar de que el almacenamiento en seco dio mejores resultados que la condición húmeda, la VF es realmente insuficiente para recomendarla. Macnish *et al.* (2009) indicaron que, con el manejo en seco de tallos florales, se tienen menos pérdida de la calidad y mantienen buenas relaciones hídricas durante la vida en florero. Sin embargo, como se observó no siempre es recomendable.

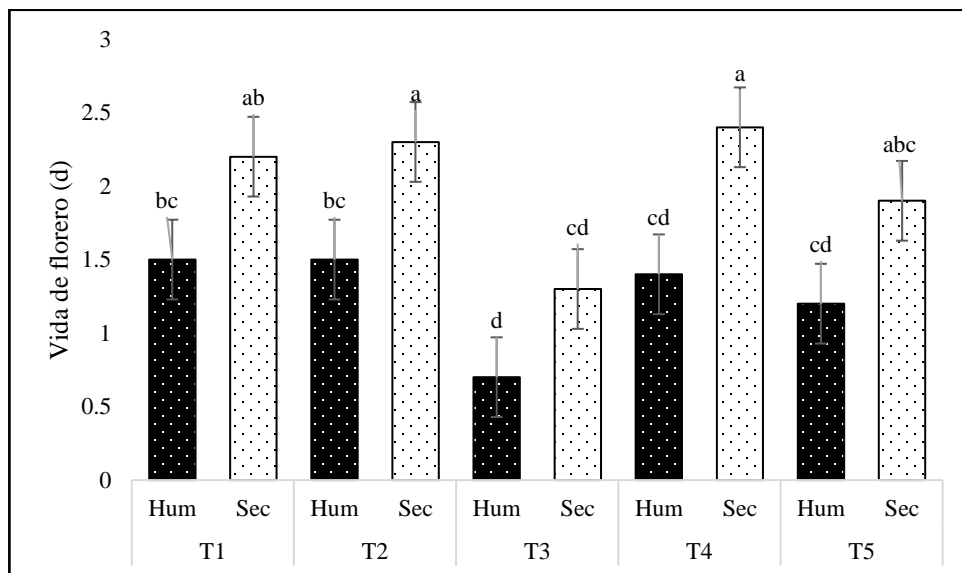


Figura 15. Vida de florero de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics después de 10 d de almacenamiento refrigerado a 11.3 ± 1 °C y 84.80 ± 5 % HR. Cada barra representa la media de diez observaciones + ES. T1 = testigo (agua); T2 = Hydraflor® 100 (0.5 g L^{-1}); T3 = Hydraflor® 100 (0.5 g L^{-1}) + sacarosa (5 % p/v); T4 = Ácido salicílico (1mM) y T5 = Ácido salicílico (1mM) + sacarosa (5 % p/v). Letras iguales entre barras indican que no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

2.5 Conclusión

En *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics el almacenamiento en seco muestra una mejor respuesta sobre la conservación de la integridad de la membrana celular que el almacenamiento en húmedo lo que afectó la vida de florero. En cuanto al uso de los tratamientos de pulsado, las soluciones resultaron poco favorable para la conservación de la calidad postcosecha debido a que la baja tasa de absorción de los tallos florales (asociada a sus características anatómicas) no permite la efectividad de los compuestos químicos de la solución, por lo que la vida de florero de los tallos pulsados con sacarosa, Hydraflor 100 y ácido salicílico fue similar al testigo (agua) resultando en 2 días de vida de florero.

2.6 Literatura citada

- Abri F., M. Ghasemnezhad, R. Hasansajedi, and D. Bakhshi. 2013. Effect of ascorbic acid on vase life and petal senescence in cut rose flowers (*Rosa hybrida*) cv. 'Royal Class'. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences 13: 38–43.
- Aghdam M. S., and S. Bodbodak. 2013. Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. Scientia Horticulturae 156: 73–85.
- Aghdam M. S., A. Jannatizadeh, M. Sheikh-Assadi, and P. Malekzadeh. 2016. Alleviation of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by salicylic acid treatment. Scientia Horticulturae 202: 70–76.
- Aghdam M. S., R. Naderi, M. A. A. Sarcheshmeh, and M. Babalar. 2015. Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. Postharvest Biology and Technology 110: 70–76.
- Aghdam M. S., L. Sevillano, F. B. Flores, and S. Bodbodak. 2013. Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables. 160: 54-64.
- Ahmad I., J. M. Dole, A. Amjad, and S. Ahmad. 2012. Dry storage effects on postharvest performance of selected cut flowers. HortTechnology 22(4): 463–469.
- Alaey M., M. Babalar, R. Naderi, and M. Kafi. 2011. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. Postharvest Biology and Technology 61: 91–94.

- Andersson L. 1992. Revision of *Heliconia* subgen. *Taeniostrobus* and subgen. *Heliconia* (Musaceae-Heliconioideae). Copenhagen: Council for Nordic Publications in Botany. 98 p.
- Arriaga-Frías A., G. H. de-la-Cruz-Guzmán, M. Mandujano-Piña. 2016. Conductividad hidráulica en tallos florales de rosa cv. Polo con diferente longitud. *Revista fitotecnia mexicana* 39(3): 233–239.
- Arriechi D., and M. E. Sanabria. 1995. Ultrastructure of the epiderm of five species of *Heliconia* L. *Revista del Decanato de Agronomía, UCLA* 7(3): 63–69.
- Baltazar-Bernal O., J. Zavala-Ruiz y S. J. Hernández-Nataren. 2011. Producción comercial de heliconias. Colegio de Postgraduados, Edo. de México. 66 p.
- Bañuelos-Hernández K. P., J. R. García-Nava, O. R. Leyva-Ovalle, C. B. Peña-Valdivia, C. B. Trejo and M. C. Ybarra-Moncada. 2017. Chitosan coating effect on vase life of flowering stems of *Heliconia bihai* (L.) L. cv. Halloween. *Postharvest Biology and Technology*, 132, 179–187.
- Bañuelos-Hernández K. P., J. R. García-Nava, O. R. Leyva-Ovalle, C. B. Peña-Valdivia, and M. C. Ybarra-Moncada. 2016. Flowering stem storage of *Heliconia psittacorum* L. f. cv. Trópica. *Postharvest Biology and Technology* 112: 159–169.
- Berlingieri-Durigan M. F., and B. H. Mattiuz. 2009. Effects of temperature on some senescence parameters during dry storage of cut flowers of gerbera “Suzanne”. *Acta Horticulturae* 847: 399–407.
- Castro A. C. R., L. G. Willadino, V. Loges, M. F. A. Castro, and F. A. S. Aragão, F. A. 2015. Macronutrients deficiency in *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* “Golden Torch”. *Revista Ciência Agronômica* 46(2): 258–265.
- Folha W. R., R. R. Souza, G. C. Amaral, A. A. Silva, J. N. Carvalho, and M. Z. B. Cavalcante. 2016. *Heliconia* ‘Golden Torch’ postharvest: stem ends cutting and renewing vase water benefits. *Ornamental Horticulture* 22(2): 180–185.
- Halevy A. H. and S. Mayak. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. *Horticultural Reviews* 3:59-143
- Halevy A. H., T. Byrne G., A. Kofranek M., D. Farnham S., J. Thompson F., and R. Hardenburg E. 1978. Evaluation of postharvest handling methods for transcontinental truck

- shipments of cut carnations, chrysanthemums, and roses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103(2): 151–155.
- He S., D. C. Joyce, D. E. Irving, J. D. Faragher. 2006. Stem end blockage in cut *Grevillea* ‘Crimson Yul-lo’ inflorescences. *Postharvest Biology and Technology* 41:78–84.
- Kumar N., G. C. Srivastava, and K. Dixit. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regulation* 55(2): 81-99.
- Leyva-Ovalle O. R., A. Y. Rodríguez-Goya, J. A. Herrera-Corredor, M. E. Galindo-Tovar y J. Murguía-González. 2011. Polímero hidrofílico combinado con soluciones preservadoras en la vida de florero de tallos florales de rosa y heliconia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3): 551–559.
- Lopes C. L., D. N. C. Moraes, P. P. Duarte de Oliveira e L. C. Flávio. 2012. Soluções conservantes e pulsing na pós-colheita de *Zingiber spectabile*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 42: 482-485
- Macnish A. J., D. de Theije, M. S. Reid, and C. Z. Jian. 2009. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers - dry handling after harvest. *Acta Horticulturae* 847: 215–222.
- Mangave B., A. Singh, and M. Mahatma. 2013. Effects of different plant growth regulators and chemicals spray on post-harvest physiology and vase life of heliconia inflorescence cv. Golden Torch. *Plant Growth Regulation* 69: 259–264.
- Moraes D. G. 2016. Quality maintenance tropical plants. *Ornamental Horticulture* 22: 256.
- Mosqueda-Lazcares G., L. Arévalo-Galarza, G. Valdovinos-Ponce, J. E. Rodríguez-Pérez y M. T. Colinas-León. 2012. Manejo y almacenamiento en seco y húmedo de cuatro cultivares de rosa de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3): 317–323.
- Pun U. K. and K. Ichimura. 2003. Role of sugars in senescence and biosynthesis of ethylene in cut flowers. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 37:219-224
- Simão D. G. e V. L. Scatena. 2004. Morfoanatomia das brácteas em *Heliconia* (*Heliconiaceae*) ocorrentes no Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18 (2):261–270.
- van Doorn W. G. 2012. Water relations of cut flowers: an update. *Horticultural Reviews*. 40: 55-106.

- van Meeteren U., and H. van Gelder. 1999. Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology* 16(2): 169–177.
- Whistler, W. 2000. *Tropical ornamentals: a guide*. Inc. Portland, Oregon, USA: Timber Press. 542 p.
- Woltering E. J., and M. J. M. Paillart. 2018. Effect of cold storage on stomatal functionality, water relations and flower performance in cut roses. *Postharvest Biology and Technology* 136: 66–73.

CAPITULO III. ENCERADO Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO EN *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics

3.1 Resumen

El uso de técnicas de postcosecha que mejoren la calidad de las flores de corte es esencial para un comercio exitoso. Por lo que este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad postcosecha de tallos florales de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics tratadas con y sin cera (Lustr 227 F®, Decco) y almacenadas en seco a 13 ° C y 84 % HR durante 5 y 10 d, además se probó la efectividad del ácido salicílico (1 mM) como solución preservativa. Se evaluó la pérdida de peso fresco, el consumo de solución, la vida de florero y vida postcosecha total, actividad enzimática de polifenol oxidasa y peroxidasa y la integridad de la membrana celular. El encerado mantuvo el peso fresco y extendió la vida de florero de los tallos que estuvieron en condiciones ambientales hasta cuatro días más. La vida postcosecha total de los tallos que fueron almacenados en refrigeración por 5 y 10 d se extendió 5 d. No se observó un efecto significativo con el uso de ácido salicílico (1 Mm) como solución preservativa, debido a la falta de capacidad de absorción de agua de los tallos florales. Los tallos encerados, mostraron menor actividad enzimática, en comparación con el tratamiento testigo, lo cual destaca en este último, el estrés oxidativo característico de la senescencia. Por lo que el encerado además de asegurar la turgencia, redujo el estrés oxidativo de las inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics, mejorando así la vida de florero.

Palabras clave: *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics, absorción, actividad enzimática, encerado, daño por frío.

3.2 Introducción

El proceso de senescencia en las flores de corte está influenciado por cambios fisiológicos tales como la absorción de agua, respiración, y la transpiración y cambios bioquímicos como la actividad enzimática, peroxidación lipídica, permeabilidad de la membrana celular, oxidación de fenoles; estos últimos están asociados al estrés oxidativo (Abri *et al.*, 2013).

En cuanto a nivel metabólico, la senescencia es un proceso oxidativo, y la mayoría de los procesos catabólicos involucrados en la senescencia se propagan irreversiblemente una vez iniciada (Buchanan-Wollaston, 1997). El proceso oxidativo surge de un desequilibrio entre la generación y el metabolismo de las especies reactivas al oxígeno (ERO's). Sin embargo, las plantas poseen un sistema de defensa antioxidante bien definido para protegerse contra estos efectos de las ERO's (Hatamzadeh *et al.*, 2012) integrado por enzimas antioxidantes, como la superóxido dismutasa, peroxidasa, catalasa (Morais *et al.*, 2015). En tanto que una mayor actividad enzimática durante postcosecha, indica que intervienen como defensa para resistir el daño oxidativo durante la senescencia (Kumar *et al.*, 2008), que al final se traduce en mayor o menor vida postcosecha.

El estrés hídrico en las flores también se puede atribuir a una mayor transpiración en comparación con la absorción, sin embargo, método como el recubrimiento con cera o quitosano han resultado eficaces en reducir la pérdida de agua y aumentar la vida de florero de anturios (Sankat y Mujaffar, 2003); en *Heliconia bihai* cv. Halloween el recubrimiento con quitosano (1.0 y 1.5 %) además de reducir la transpiración, confirió estabilidad a la membrana celular y evitó la fuga de electrolitos de los tallos florales (Bañuelos-Hernández *et al.*, 2017). La aplicación de un tratamiento de AS y quitosano en frutos de pomelo (*Citrus Paradise* Macf.) proporcionó una vida de almacenamiento mayor debido a una mejora en la actividad enzimática de peroxidasa, polifenol oxidasa y estimuló la síntesis de compuestos fenólicos (Shi *et al.*, 2018).

En *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics existen pocos reportes sobre técnicas de manejo posterior a la cosecha efectivas en prolongar su vida postcosecha, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar un encerado y un almacenamiento refrigerado, así como la efectividad del ácido salicílico (1 mM) en solución preservativa para reducir daños por frío y prolongar vida postcosecha.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Material vegetal

Los tallos florales de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics se cosecharon en una plantación comercial localizada en Ixtaczoquitlan, Veracruz, y se trasladaron al laboratorio de fisiología postcosecha del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. Se seleccionaron 120 tallos, se limpiaron (eliminando las flores del interior de las brácteas), y se dividieron en dos grupos: 1) testigo (60 tallos) y 2) encerado (60 tallos). Las brácteas se enceraron con cera (Lustr 227 F[®], Decco) a base de carnauba-shellac, se secaron durante 3 h, y todos los tallos (testigo y cera) se recortaron a una longitud promedio de 120 ± 1 cm. Los tratamientos fueron: Testigo = tallos sin cera, mantenidos en agua y almacenados 22 °C, 68% HR; A_C = tallos con cera mantenidos en agua y almacenados 22 °C, 68% HR; R_{5A} = tallos sin cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{5AS} = tallos tallos sin cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF; R_{5CA} = tallos con cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{5CAS} = tallos con cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF; R_{10A} = tallos sin cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{10AS} = tallos tallos sin cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF; R_{10CA} = tallos con cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{10CAS} = tallos con cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF. Cada tratamiento tuvo 12 repeticiones, cada tallo floral representa una unidad de repetición. Durante la VF, la solución se renovó cada 5 d y se hizo un recorte de la base del tallo de 2-3 cm. El experimento se realizó dos veces durante los meses de abril y mayo del 2018.

3.3.2 Pérdida de peso fresco (PPF)

Este parámetro se evaluó diariamente durante su vida en florero y se expresó en porcentaje, considerando como 100 % PF al peso a la salida del almacenamiento siguiendo el método descrito por He *et al.* (2006), para obtener la disminución de peso (%) de la expresión

$$PPF = 100 - \left(\frac{PF_t}{PF_{t=0}} \times 100 \right)$$

donde PF_t es el peso (g) del tallo floral proveniente en el tiempo correspondiente al día de evaluación y $PF_{t=0}$ es el peso (g) del mismo tallo proveniente del día 0 de la evaluación.

3.3.3 Consumo de agua (CA)

Se evaluó siguiendo la metodología modificada de Pérez-Arias *et al.* (2014), cada tallo floral se colocó en un frasco con 200 mL de solución y cada dos días se midió el volumen consumido. Adicionalmente se colocó un frasco con 200 mL de agua sin colocar tallo floral para determinar su pérdida debido a la evaporación. La tasa de absorción se expresó como la cantidad de mL de agua por gramo de peso fresco (mL g^{-1}).

3.3.4 Vida en florero (VF) y Vida postcosecha total (VPT)

Se determinó la VF como el número de días transcurridos desde la colocación del tallo en la solución de florero hasta que los tallos florales perdieron su valor ornamental, definido principalmente por marchitez en la punta de las brácteas, manchas necróticas u hongos. La VPT se determinó como la suma de la VF más el número de días de almacenamiento.

3.3.5 Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular (PIA)

La integridad absoluta de la membrana celular se calculó sobre la base de la fuga de electrolitos de las brácteas usando un medidor de conductividad, según el método descrito por Mangave *et al.* (2013), se tomaron muestras de tres discos (10 mm de diámetro) del tejido de la segunda bráctea abierta desde la parte basal. Los discos se mantuvieron en tubos de ensayo sumergidos en 30 mL de agua destilada durante 24 horas antes de la primera medición de conductividad libre. La segunda medición (conductividad total) se realizó 1 hora más tarde en tubos de ensayo que permanecieron en un baño de agua a 100 ° C. El PIA de la membrana celular se calculó usando la fórmula dada a continuación:

$$PIA = \left(1 - \frac{CL}{CT}\right) \times 100$$

Donde PIA es el porcentaje de integridad absoluta de las membranas celulares (%), CL la conductividad libre (dSm^{-1}) y CT es la conductividad total (dSm^{-1}).

3.3.6 Actividad enzimática

La actividad enzimática se evaluó a partir de polvo de acetona. Éste se preparó con 10 g de tejido (bráctea) macerado en nitrógeno líquido y 5 mL de acetona fría (-15 °C), posteriormente el macerado se filtró al vacío, se adicionaron otros 7 mL de acetona y se filtró. Este procedimiento se repitió hasta obtener el polvo, el cual se dejó secar a temperatura ambiente (18-22 °C). El peso del polvo obtenido fue determinado en función de la relación peso fresco/peso seco.

Proteína soluble. Se determinó por el método de Bradford (1976). Para ello se mezclaron en frío, 0.1 g de polvo de acetona con 5 mL de buffer Tris-HCl (0.1 M; pH 7.1). La mezcla se centrifugó a 10,000 xg por 20 min a 4 °C. Una alícuota de 0.1 mL del sobrenadante se tomó y se adicionó 4.9 mL de la solución Coomassie Blue, se agitó y registró la absorbancia a 595 nm en el espectrofotómetro a los 12 min de reacción. La cuantificación se hizo mediante una curva de calibración con albúmina de bovino.

Polifenol Oxidasa (PFO). La actividad enzimática se determinó a partir de polvo de acetona, mediante el método modificado propuesto por Lamikanra (1995). Se tomó 0.1 g de polvo de acetona y se agregaron 5 mL de Tris-HCl frío (0.1 M; pH 7.1) con polivinil pirrolidona (PVP, 1 %). La mezcla se maceró en frío y se centrifugó por 20 min a 10,000 xg a 4 °C. El sobrenadante se utilizó para evaluar el cambio de absorbancia a 420 nm en el espectrofotómetro. Para el ensayo de la actividad enzimática se emplearon 2.7 mL de catechol (60 Mm) homogeneizado con una disolución Tris-HCl (0.1 M; pH 7.1) y 0.3 mL del sobrenadante. Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente (22-24 °C). La actividad enzimática se reportó como U g⁻¹ de peso fresco, donde una unidad de actividad enzimática es igual a la formación de 1 μmol de *o*-benzoquinona min⁻¹.

Peroxidasa (POX). La actividad enzimática se determinó según el método con modificaciones establecido por Flurkey y Jen (1978). La enzima se extrajo de 0.1 g de polvo de acetona con 5 mL de Tris-HCl frío (0.1 M; pH 7.1) que contenía polivinil pirrolidona (PVP; 1 %). La mezcla se maceró en frío y posteriormente se centrifugó por 20 min a 10,000 xg a 4 °C. El sobrenadante se utilizó para evaluar el cambio de absorbancia a 470 nm en el espectrofotómetro.

Para el ensayo se tomaron 2.6 mL del amortiguador Tris-HCl (0.1 M; pH 7.1), 0.1 mL de peróxido de hidrógeno (0.25 %), 0.25 mL de guayacol (0.1 M) y 0.05 mL del sobrenadante; evaluando el cambio de absorbancia a 470 nm por 3 min. La actividad enzimática se reporta como $U\ g^{-1}$ de peso fresco, donde una unidad de actividad enzimática es igual a la formación de $1\ \mu\text{mol}$ de tetraguaicol min^{-1} . Los ensayos se hicieron a temperatura ambiente, entre 22 y 24 °C.

3.3.7 Análisis estadístico

Para el análisis de las respuestas fisiológicas se utilizó un diseño de bloques al azar. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los valores se analizaron con la prueba de comparación de medias (LSD, 0.05). Se evaluó cada periodo de almacenamiento de manera independiente, se usaron 12 repeticiones por tratamiento en las variables de % PPF, CS, VPT. En el caso de las variables: PIA, POX Y PFO se utilizó un diseño completamente al azar y se utilizaron tres repeticiones por tratamiento. Los análisis estadísticos se realizaron con SAS® versión 9.4.

3.4 Resultados y discusión

3.4.1 Evaluación de tallos florales almacenados en refrigeración por 5 d

3.4.1.1 Pérdida de peso fresco (PPF)

Los tallos florales de *Heliconia* cv Tropics almacenados en refrigeración (13°C y 84% HR; 5d) mantuvieron de 3 a 4 brácteas abiertas y un peso promedio de 131.80 ± 68.50 g. La pérdida de peso fresco en los tallos afecta su estética, ya que reduce la turgencia provocando la marchitez en las brácteas y contracción de las puntas del tallo.

Las PPF fueron significativamente ($p \leq 0.0006$) diferentes, los tallos de los tratamientos R_5C_A , R_5C_{AS} y R_5A_S tuvieron menor pérdida de peso con un 2 a 2.5 % (Cuadro 5) lo cual probablemente sea consecuencia de 1) la influencia de la cera en el intercambio gaseoso y 2) la influencia del AS sobre la apertura de estomas, pues se ha reportado que la aplicación de AS reduce la transpiración al promover el cierre de estomas (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009); mientras que los tallos mantenidos a temperatura ambiente: testigo y A_C tuvieron pérdidas de alrededor del 3 %.

3.4.1.2 Consumo de solución (CS)

El CS fue significativamente mayor en los tallos del tratamiento testigo (0.150 ml g^{-1}) reduciéndose aproximadamente un 18 % para los tratamientos refrigerados sin cera (R_{5A} y R_{5AS}) y alrededor del 50 % para los tratamientos refrigerados con cera (R_{5CA} y R_{5CAS}). Respecto a las soluciones de florero, se observó un consumo ligeramente mayor con el agua (4.7 % más) que con el AS (Cuadro 5). Leyva-Ovalle *et al.* (2011) mencionan que en tallos florales de *Heliconia* y rosas, ambas especies mantienen mejor turgencia cuando son mantenidas en agua que en hidrogel; además que los tallos de *heliconia* conducen el agua y nutrientes a una velocidad menor al de las rosas, debido a que son tallos más gruesos y mayoritariamente de tejido esponjoso.

3.4.1.3 Vida de florero y vida postcosecha total

La VF de los tallos del tratamiento testigo fue de 9.9 d y aumentó 4 d en los tallos encerados y mantenidos en condiciones ambientales (A_C), mientras que en los tallos encerados y refrigerados la VF fue comparable con los tallos testigo, y los tallos que fueron almacenados en frío sin tratamiento céreo fueron los que menor VF tuvieron (6 d). Por lo que los tratamientos que mayor VPT obtuvieron fueron R_{5CA} , R_{5CAS} y A_C con 14 d y el menor fue el tratamiento testigo (Cuadro 5). Esto indica que una pobre respuesta del almacenamiento refrigerado sobre la vida postcosecha de *Heliconia* cv. Tropics, pero sí el uso de recubrimientos céreos.

Cuadro 5. Variables evaluadas en tallos de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics mantenidos a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 5 d) dos días después de terminar el tratamiento.

Tratamiento	PPF (%)	CS (ml g ⁻¹)	VF (d)	VPT (d)
Testigo	2.97 a	0.150 a	9.93	9.93 d
A_c	2.86 a	0.119 a	13.81	13.81 ab
R_{5A}	2.85 a	0.125 a	6.03	11.03 cd
R_{5AS}	2.20 b	0.122 a	6.73	11.73 c
R_{5CA}	2.03 b	0.073 b	9.50	14.50 a
R_{5CAS}	2.50 ab	0.068 b	8.33	13.33 ab
CV (%)	32.80	28.75		17.89

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.05$). Testigo = 22 °C, 68% HR; agua; A_c = cera + agua a 22 °C, 68% HR; R_{5A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{5CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico.

3.4.2 Evaluación de tallos florales almacenados en refrigeración por 10 d

3.4.2.1 Pérdida de peso fresco (PPF)

La PPF fue significativamente mayor ($p \leq 0.006$) para los tratamientos sometidos a refrigeración sin cera (4.40 y 3.78 %), seguidos de aquellos con cera con 25 % menos de pérdida, y los tallos de los tratamientos que se mantuvieron a temperatura ambiente: A_c y testigo fueron los que mejor conservaron su peso fresco (2.5 y 2.9 %) (Cuadro 6). Este comportamiento en la PPF es contrario al del almacenamiento por 5 d, lo cual indica que probablemente la pérdida de peso fresco no solo es debida al cambio de temperatura sino también está influenciada por el periodo de almacenamiento.

3.4.2.2 Consumo de solución (CS)

El CS fue mayor (0.156 ml g⁻¹) para los tallos testigo y se redujo en un 50 % para los tallos almacenados en refrigeración (R_{10A}, R_{10AS} y R_{5CA}) y hasta un 60 % para los tallos del

tratamiento R₅C_{AS} (Cuadro 6). La tendencia de los tratamientos es semejante a los almacenados por 5 d; es decir, el tratamiento céreo tiene influencia en la tasa de absorción de los tallos.

En ambos periodos almacenamiento (5 y 10 d), el CS fue menor en los tallos que fueron refrigerados. Woltering y Paillart (2018) mencionan que el almacenamiento en frío puede afectar negativamente las propiedades de conducción del agua del xilema a través de procesos diferentes a la contaminación bacteriana. Sin embargo, en esta investigación no se abarcó el estudio del bloqueo vascular por lo que se recomiendan análisis más detallados en futuras investigaciones.

3.4.2.3 Vida de florero (VF)

El síntoma que caracterizó el fin de la vida de florero fue el marchitamiento de los ápices de las brácteas que avanza hacia la base, además de necrosis del pedúnculo e inclinación de la bráctea (Figura 16). Van Doorn (2012) menciona que la pérdida de turgencia es consecuencia de estrés hídrico, por lo que en heliconias es fundamental evitar la pérdida de agua de los tejidos.

Los tallos testigo tuvieron una VF de 9.9 d, mientras que los tallos del tratamiento A_C tuvieron 4 d más; en el caso de los tallos que fueron almacenados en frío, la vida de florero se redujo 5.5 d para los tratamientos R_{10A} y R_{10AS} y 4 d para los tratamientos R_{10CA} y R_{10CAS}. Esto indica que, la combinación temperatura-tiempo (13 °C por 10 d) reduce significativamente la VF de *Heliconia* cv. Tropics. En cuanto a la VPT, los tratamientos con mayor VF son los encerados tanto mantenidos en refrigeración como en condiciones ambientales, con alrededor de 15 d de vida postcosecha (Cuadro 6).

Sonego y Brackmann (1995) recomendaron temperaturas de almacenamiento para flores tropicales entre 7 y 15 °C. Bañuelos-Hernández *et al.* (2016) evaluaron el almacenamiento de *Heliconia* cv. Tropics con temperaturas en un rango de 12 a 26 °C y HR entre 37 y 90 %, la mejor temperatura fue de 15 °C con 63 % HR, dando una VF de 6.6 d y una VPT de 16.6 d. En el presente estudio se obtuvo una VF de 7.7 d con aplicación de cera y con el almacenamiento refrigerado (10 d a 13 °C y 84 % HR) una VPT de 17.7 d.



Figura 16. *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics al día 5 de vida de florero (VF) (después de cada periodo de almacenamiento). Test = 22 °C, 68% HR; agua; AC = cera + agua; R_{5A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{5CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{10A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico y R_{10CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico.

Cuadro 6. Variables evaluadas en tallos de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics mantenidos a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 10 d) dos días después de terminar el tratamiento.

Tratamiento	% PPF	CS (ml g⁻¹)	VF (d)	VPT (d)
Testigo	2.90 c	0.150 a	9.93	9.93 c
A_c	2.86 c	0.119 b	13.81	13.81 b
R_{10A}	3.73 ab	0.077 cd	4.40	14.40 b
R_{10AS}	4.40 a	0.079 c	4.30	14.30 b
R_{10CA}	3.35 bc	0.075 cd	5.87	15.87 a
R_{10CAS}	3.21 bc	0.062 d	5.47	15.47 a
CV (%)	36.57	29.44		11.35

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.05$). testigo = 22 °C, 68% HR; agua; A_c = cera + agua a 22 °C, 68% HR; R_{10A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{10CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico.

3.4.3 Evaluación de la actividad enzimática de Polifenol oxidasa (PFO) y Peroxidasa (POX), y de la integridad absoluta de las membranas celulares (PIA).

En los tallos almacenados por 5 d, la mayor actividad de PFO se observó en los tratamientos T_A y T_R, esta mayor actividad de PFO en los tallos sin cera se relaciona con un mayor pardeamiento en las brácteas de las inflorescencias comparado con las inflorescencias enceradas (Figura 17), a lo largo de la vida de florero. A diferencia de PFO, en la actividad de POX no se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, es decir no hubo influencia del encerado o la temperatura.

El PIA al día uno fue de 87.69 y a la salida del almacenamiento por 5 d tuvo una ligera disminución, sin embargo, el tratamiento que mejor lo conservó fue C_T con 86.18 %, seguido de C_A con 84.41 % (Cuadro 7), esto indica que el encerado también influyó en el PIA de los tratamientos almacenados por 5 d; mientras que los no encerados tuvieron una disminución significativa ($P \leq 0.0001$).

La disminución de la integridad de la membrana también puede deberse al estrés oxidativo, ya que el estrés por enfriamiento aumenta la acumulación de ERO's (Aghdam y Bodbodak, 2013). La acumulación de ERO's interrumpe la compartimentación celular, lo que provocaría el contacto de la polifenol oxidasa del citoplasma con los fenoles acumulados en la vacuola y esto contribuye a la incidencia de pardeamiento, lo que a su vez puede reducir la calidad de almacenamiento y la comercialización de las flores de corte (Aghdam *et al.*, 2015).



Figura 17. *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics sin cera (A) y con cera (B) a los cinco días de vida de florero.

En los tallos que fueron almacenados por 10 d no se encontró diferencia significativa entre tratamientos en las actividades de PFO y POX y en el PIA. Sin embargo, se observa un aumento de la actividad de POX del día 5 al 10, lo cual sugiere la influencia del tiempo de almacenamiento sobre su actividad enzimática (Cuadro 7). El tratamiento **C_R** es el que muestra una menor actividad enzimática y un mayor PIA que se puede asociar a un estado oxidativo menor que el de aquellos tallos que no fueron encerados (**T_R**). Por lo tanto, se puede sugerir que el tratamiento céreo debido a la disminución sobre PFO y POX y a la conservación del PIA puede ser una estrategia prometedora para minimizar el estrés oxidativo debido al almacenamiento refrigerado o a la senescencia y extender la vida de florero de *H. Tropics*.

Cuadro 7. Actividad enzimática de la enzima Polifenol oxidasa (PFO), Peroxidasa (POX) y Porcentaje de Integridad absoluta de la membrana celular (PIA) evaluados en inflorescencias de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics tratados bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

Tratamiento	PFO (UAE g _{proteína} ⁻¹)		POX (UAE g _{proteína} ⁻¹)		PIA (%)	
	5 d	10 d	5 d	10 d	5 d	10 d
T_A	1.52 a	*	16.29 a	*	83.00 b	*
C_A	0.99 c	*	14.90 a	*	84.41 ab	*
T_R	1.44 ab	1.47 a	14.72 a	23.71 a	82.93 b	84.81 a
C_R	1.11 bc	1.16 a	14.75 a	17.58 a	86.18 a	87.91 a
CV (%)	14.50	11.26	10.40	20.11	1.92	2.27

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). **T_A** = tallos testigo a 22 °C y 68% HR; **C_A** = tallos con cera a 22 °C y 68% HR; **T_R** = tallos testigo a 13°C y 84% HR; **C_R** = tallos con cera a 13°C y 84% HR. *No se realizó.

3.5 Conclusión

El tratamiento céreo mantuvo la calidad postcosecha de *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics debido a una mejor conservación de la turgencia de los tallos florales, una actividad enzimática de PFO y POX estable y a la conservación de la integridad de la membrana celular; es decir, mitigó el estrés oxidativo originado por la senescencia o por condiciones de estrés por el almacenamiento en refrigeración. El tiempo de almacenamiento (13 °C y 84 % HR) influyó en la vida de florero, el almacenamiento por 10 días aumentó la actividad enzimática de POX y redujo hasta un 60 % la vida de florero de los tallos. Por lo que el mejor tratamiento fue el de los tallos encerados, almacenados por 5 días y mantenidos en agua durante su vida de florero (**R₅C_A**) dando como resultado 5 días mas de vida postcosecha que el testigo.

3.6 Literatura citada

- Abri F., M. Ghasemnezhad, R. Hasansajedi, and D. Bakhshi. 2013. Effect of ascorbic acid on vase life and petal senescence in cut rose flowers (*Rosa hybrida*) cv. 'Royal Class'. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences 13:38–43.
- Aghdam M. S., and S. Bodbodak. 2013. Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. Scientia Horticulturae 156: 73–85.
- Aghdam M. S., R. Naderi, M. A. A. Sarcheshmeh, and M. Babalar. 2015. Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. Postharvest Biology and Technology 110: 70–76.
- Bañuelos-Hernández K. P., J. R. García-Nava, O. R. Leyva-Ovalle, C. B. Peña-Valdivia, C. B. Trejo and M. C. Ybarra-Moncada. 2017. Chitosan coating effect on vase life of flowering stems of *Heliconia bihai* (L.) L. cv. Halloween. Postharvest Biology and Technology, 132:179–187.
- Bañuelos-Hernández K. P., J. R. García-Nava, O. R. Leyva-Ovalle, C. B. Peña-Valdivia, and M. C. Ybarra-Moncada. 2016. Flowering stem storage of *Heliconia psittacorum* L. f. cv. Trópica. Postharvest Biology and Technology 112:159–169.
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72(1-2):248-254.
- Buchanan-Wollaston V. 1997. The molecular biology of leaf senescence. Journal of Experimental Botany 48(2): 181–199.
- Flurkey W.H., and J. J. Jen. 1978. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. Journal of Food Science 43:1826–1828.
- Hatamzadeh A., M. Hatami, and M. Ghasemnezhad. 2012. Efficiency of salicylic acid delay petal senescence and extended quality of cut spikes of *Gladiolus grandiflora* cv. wings sensation. African Journal of Agricultural Research 7(4): 540–545.
- He S., D. C. Joyce, D. E Irving, J. D. Faragher. 2006. Stem end blockage in cut *Grevillea* 'Crimson Yul-lo' inflorescences. Postharvest Biology and Technology 41:78–84.
- Kumar N., G. C. Srivastava, and K. Dixit. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). Plant Growth Regulation 55(2):81-99.

- Lamikanra O. 1995. Enzymatic browning of muscadine grape products, in: Enzymatic browning and its prevention, ACS Symposium Series. American Chemical Society pp. 166–177.
- Leyva-Ovalle O. R., A. Y. Rodríguez-Goya, J. A. Herrera-Corredor, M. E. Galindo-Tovar y J. Murguía-González. 2011. Polímero hidrofílico combinado con soluciones preservadoras en la vida de florero de tallos florales de rosa y heliconia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3):551–559.
- Mangave B., A. Singh, and M. Mahatma. 2013. Effects of different plant growth regulators and chemicals spray on post-harvest physiology and vase life of heliconia inflorescence cv. Golden Torch. *Plant Growth Regulation* 69:259–264.
- Morais M. B., M. M. A. Silva, L. Herculano, T. R. Camara, and L. Willadino. 2015. Postharvest senescence of alpinia floral stems: antioxidative effect of pulsing. *Acta Horticulturae* 1060:289–294.
- Sankat C. K., and S. Mujaffar. 2003. Water balance in cut Anthurium flowers in storage and its effect on quality. *Acta Horticulturae* 368:723–732.
- Shi Z., F. Wang, Y. Lu, and J. Deng. 2018. Combination of chitosan and salicylic acid to control postharvest green mold caused by *Penicillium digitatum* in grapefruit fruit. *Scientia Horticulturae* 233:54–60.
- Sonego G., and A. Brackmann. 1995. Conservação pós-colheita de flores. *Ciência Rural*, 25(3):473–479.
- van Doorn W. G. 2012. Water relations of cut flowers: an update. *Horticultural Reviews*. 40:55-106.
- Villanueva-Couoh E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria-Fregoso, and A. Larque-Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium*(Ramat) Kitamura] en Yucatán. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 15:25–31.
- Woltering E. J., and M. J. M. Paillart. 2018. Effect of cold storage on stomatal functionality, water relations and flower performance in cut roses. *Postharvest Biology and Technology* 136: 66–73.

CAPÍTULO IV. CALIDAD Y MANEJO POSTCOSECHA DE *Heliconia wagneriana*

4.1 Resumen

Las especies de *Heliconia* de mayor importancia comercial son *H. stricta*, *H. bihai*, *H. caribea*, *H. psittacorum*, *H. wagneriana*, entre otras. Su belleza radica en la altura de sus tallos, formas (erectas o colgantes), así como el color de sus brácteas. Sin embargo, debido a su origen tropical el almacenamiento refrigerado tiene limitantes, por lo que representa un reto prolongar su vida de florero. Por lo cual este estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad del uso de cera en tallos florales de *Heliconia wagneriana*. Los tallos se cosecharon en una plantación comercial en Ixtaczoquitlan, Veracruz y se almacenaron en seco (13 °C y 84 % HR) durante 5 y 10 d, además se probó la efectividad del ácido salicílico (1 mM) en solución, para reducir los daños por frío y prolongar la vida de florero. Las variables evaluadas fueron características anatómicas de los tallos, pérdida de peso fresco, consumo de solución, vida de florero, actividad enzimática de polifenol oxidasa y peroxidasa y la integridad de membrana. Los resultados mostraron que el encerado mantuvo el peso fresco y extendió la vida de florero de los tallos almacenados bajo condiciones ambientales hasta tres días más. La vida de florero de los tallos refrigerados por 5 y 10 d se extendió 4 y 2 d más respectivamente, con relación a los tallos testigo. No se observó un efecto significativo en el uso de ácido salicílico (1 Mm) como solución preservativa, debido a la falta de capacidad de absorción de agua de los tallos de esta especie tropical. El tejido de los tallos encerados mostró menor actividad enzimática, reflejado en menor estrés oxidativo que los tallos sin cera. El efecto positivo del tratamiento céreo consistió en asegurar la turgencia y reducir el estrés oxidativo de las inflorescencias de *Heliconia wagneriana*, mejorando así la vida de florero.

Palabras clave: *Heliconia wagneriana*, absorción, actividad enzimática, encerado, daño por frío.

4.2 Introducción

En las flores de corte las causas más comunes de senescencia temprana son la inhibición de la absorción de agua, el bajo abastecimiento de carbohidratos para sostener la respiración y cambios en el color debido al marchitamiento (Mayak y Halevy, 1974). Por otro parte, también se presentan cambios enzimáticos que están asociados con el incremento en los radicales libres y las enzimas antioxidantes (Torre *et al.*, 1999). Por lo tanto, para extender la vida postcosecha de las flores y retrasar la senescencia, se deben seguir los métodos de almacenamiento adecuados a la especie (Folha *et al.*, 2016).

Técnicas postcosecha como la refrigeración y las soluciones de florero son comúnmente utilizadas para evitar la pérdida de calidad de ornamentales durante el almacenamiento. Las bajas temperaturas reducen los procesos metabólicos como la respiración y la transpiración y en consecuencia la pérdida de agua (Pereira *et al.*, 2016). Sin embargo, en flores tropicales como las heliconias las temperaturas bajas pueden provocar daños por frío que se manifiestan como obscurecimiento, depresiones y marchitez de tejidos, resultando en una reducción significativa de la vida de florero (Costa *et al.*, 2011b).

Las soluciones de florero son tratamientos químicos por medio de soluciones pulso o preservativas, formuladas especialmente para proveer sustratos, agentes hidratantes, biocidas y/o antioxidantes para prolongar la vida en florero, usándose antes, durante o después del almacenamiento de las flores de corte (Goszczyńska y Rudnicki, 1988). Existen reportes de productos como sacarosa, tiosulfato de plata (STS), benciladenina (BA), ácido giberélico, ácido salicílico (AS), entre otros, los cuales mejoran la calidad postcosecha de las ornamentales. Se ha reportado que la aplicación de AS reduce la transpiración e incrementa la actividad de las enzimas peroxidasa y AIA-oxidasa, además promueve el cierre de estomas trayendo con ello un mejor balance hídrico y conservación de la vida de florero (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009).

La aplicación de ceras y/o recubrimientos también es una técnica postcosecha usada comúnmente para mejorar la apariencia, reducir la pérdida de peso (Grant y Burns, 1994) y proporcionar seguridad y estabilidad al producto debido a que mantiene su integridad celular (Hu *et al.*, 2012). Su uso ha sido reportado frecuentemente en frutas como: manzana (Bai *et al.*, 2003), piña (Li *et al.*, 2018), cítricos (Pereira *et al.*, 2016); y en ornamentales se ha reportado

que el encerado del espádice en anturios (*Anthurium andreanum*) aumenta su vida de florero (Sankat y Mujaffar, 2003); mientras que en antorcha (*Etilingera elatior*) la aplicación de cera de carnauba a 0.75, 1.5 y 3.0 % (p/v) no tuvo efecto alguno sobre la calidad fisiológica de las inflorescencias por lo que no aumentó la vida de florero (Mattos *et al.*, 2017).

En *Heliconia wagneriana* existen pocos reportes sobre el uso de técnicas de recubrimiento con cera y soluciones de florero, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del encerado y AS en solución preservativa (1mM) en el tiempo de almacenamiento y vida de florero de tallos florales de *H. wagneriana*.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1. Material vegetal

Los tallos florales de *H. wagneriana* se cosecharon en una plantación comercial localizada en Ixtaczoquitlan, Veracruz, y se trasladaron al laboratorio de fisiología postcosecha del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Se seleccionaron 120 tallos, se limpiaron (eliminando las flores del interior de las brácteas), y se dividieron en dos grupos: 1) testigo (60 tallos) y 2) encerado (60 tallos). Las brácteas se enceraron con cera (Lustr 227 F[®], Decco) a base de carnauba-shellac, se secaron durante 3 h. Todos los tallos (testigo y cera) se recortaron a una longitud promedio de 120 ± 1 cm. Los tratamientos fueron: Testigo = tallos sin cera, mantenidos en agua y almacenados 22 °C, 68% HR; A_C = tallos con cera mantenidos en agua y almacenados 22 °C, 68% HR; R_{5A} = tallos sin cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{5AS} = tallos tallos sin cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF; R_{5C_A} = tallos con cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{5C_{AS}} = tallos con cera almacenados por 5 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF; R_{10A} = tallos sin cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{10AS} = tallos tallos sin cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF; R_{10C_A} = tallos con cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en agua durante su VF; R_{10C_{AS}} = tallos con cera almacenados por 10 d a 13°C y 84% HR y mantenidos en ácido salicílico durante su VF. Cada tratamiento tuvo 12 repeticiones, cada tallo floral

representa una unidad de repetición. Durante la VF, la solución se renovó cada 5 d y se hizo un recorte de la base del tallo de 2-3 cm. El experimento se realizó dos veces durante los meses de abril y mayo del 2018.

4.3.2 Descripción anatómica

Se utilizaron cinco tallos de *H. wagneriana* y se les realizaron impresiones de estomas de la bráctea, hoja y tallo de las inflorescencias, se observaron al microscopio óptico y mediante el programa ImageJ (procesador de imagen digital) se cuantificó la frecuencia estomática. La transpiración se evaluó mediante un método gravimétrico, basado en la determinación de pérdida de peso de 10 tallos en un ambiente controlado (24 °C, 60 % HR y 12 h de fotoperiodo).

4.3.3 Pérdida peso fresco (PPF)

La PPF se evaluó diariamente durante su vida en florero y se expresó en porcentaje, considerando como 100 % PF al peso a la salida del almacenamiento siguiendo el método descrito por He *et al.* (2006), para obtener el relativo aumento de peso (%) de la expresión

$$PPF = 100 - \left(\frac{PF_t}{PF_{t=0}} \times 100 \right)$$

donde PF_t es el peso (g) del tallo floral proveniente en el tiempo correspondiente al día de evaluación y $PF_{t=0}$ es el peso (g) del mismo tallo proveniente del día 0 de la evaluación.

4.3.4 Consumo de agua (CA)

El CS se evaluó siguiendo la metodología modificada de Pérez-Arias *et al.* (2014), cada tallo floral se colocó en un frasco con 400 mL de solución y cada dos días se midió el volumen consumido. Adicionalmente se colocó un frasco con 400 mL de agua sin colocar tallo floral para determinar su pérdida debido a la evaporación. La tasa de absorción se expresó como la cantidad de mL de agua por gramo de peso fresco (mL g^{-1}).

4.3.5 Vida en florero (VF) y Vida postcosecha total (VPT)

La VF se determinó como el número de días transcurridos desde la colocación del tallo en la solución de florero hasta que los tallos florales perdieron su valor ornamental, definido principalmente por marchitez en la punta de las brácteas, manchas necróticas u hongos. La VPT se determinó como la suma de la VF más el número de días de almacenamiento.

4.3.6 Integridad absoluta de la membrana celular (PIA)

La integridad absoluta de la membrana celular se calculó sobre la base de la fuga de electrolitos de las brácteas usando un medidor de conductividad, según el método descrito por Mangave *et al.* (2013), se tomaron muestras de tres discos (10 mm de diámetro) del tejido de la segunda bráctea abierta desde la parte basal. Los discos se mantuvieron en tubos de ensayo sumergidos en 30 mL de agua destilada durante 24 h antes de la primera medición de conductividad libre. La segunda medición (conductividad total) se realizó 1 hora más tarde en tubos de ensayo que permanecieron en un baño de agua a 100 ° C. El PIA de la membrana celular se calculó usando la fórmula dada a continuación y los datos se expresaron en porcentaje (%):

$$PIA = \left(1 - \frac{CL}{CT}\right) \times 100$$

Donde PIA es el porcentaje de integridad absoluta de las membranas celulares (%), CL la conductividad libre (dSm⁻¹) y CT es la conductividad total (dSm⁻¹).

4.3.7 Actividad enzimática

La actividad enzimática se evaluó a partir de polvo de acetona. Éste se preparó con 10 g de tejido (bráctea) macerado en nitrógeno líquido y 5 mL de acetona fría (-15 °C). Posteriormente el macerado se filtró al vacío, se adicionó otros 7 mL de acetona y se filtró. Este procedimiento se repitió hasta obtener el polvo, que se dejó secar a temperatura ambiente (18-22 °C). El peso del polvo obtenido se determinó en función de la relación peso fresco/peso seco.

Proteína soluble. La proteína soluble se determinó por el método de Bradford (1976). Para ello se mezclaron en frío, 0.1 g de polvo de acetona con 5 mL de buffer Tris-HCl (0.1 M; pH 7.1). La mezcla se centrifugó a 10,000 xg por 20 min a 4 °C. Se tomó una alícuota de 0.1 mL del sobrenadante y se adicionaron 4.9 mL de la solución Coomassie Blue, se agitó y registró la absorbancia a 595 nm en el espectrofotómetro a los 12 min de reacción. La cuantificación se hizo mediante una curva de calibración con albúmina de bovino.

Polifenol Oxidasa (PFO). La actividad enzimática de la PFO se determinó a partir de polvo de acetona, mediante el método modificado propuesto por Lamikanra (1995). Se tomó 0.1 g de polvo de acetona y se agregaron 5 mL de Tris-HCl frío (0.1 M; pH 7.1) con polivinil pirrolidona (PVP, 1 %). La mezcla se maceró en frío y se centrifugó por 20 min a 10,000 xg a 4 °C. El

sobrenadante se utilizó para evaluar el cambio de absorbancia a 420 nm en el espectrofotómetro. Para el ensayo de la actividad enzimática se emplearon 2.7 mL de catechol (60 Mm) disuelto en un amortiguador Tris-HCl (0.1 M; pH 7.1) y 0.3 mL del sobrenadante. Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente (22-24 °C). La actividad enzimática se reportó como U g⁻¹ de peso fresco, donde una unidad de actividad enzimática es igual a la formación de 1 μmol de *o*-benzoquinona min⁻¹.

Peroxidasa (POX). La actividad enzimática de la POX se determinó mediante el método con modificaciones de Flurkey y Jen (1978). La enzima se extrajo de 0.1 g de polvo de acetona con 5 mL de Tris-HCl frío (0.1 M; pH 7.1) que contenía polivinil pirrolidona (PVP; 1 %). La mezcla se maceró en frío y posteriormente se centrifugó por 20 min a 10,000 xg a 4 °C. El sobrenadante se utilizó para evaluar el cambio de absorbancia a 470 nm en el espectrofotómetro.

Para el ensayo se tomaron 2.6 mL del amortiguador Tris-HCl (0.1 M; pH 7.1), 0.1 mL de peróxido de hidrógeno (0.25 %), 0.25 mL de guayacol (0.1 M) y 0.05 mL del sobrenadante; evaluando el cambio de absorbancia a 470 nm por 3 min. La actividad enzimática se reporta como U g⁻¹ de peso fresco, donde una unidad de actividad enzimática es igual a la formación de 1 μmol de tetraguaicol min⁻¹. Los ensayos se hicieron a temperatura ambiente, entre 22 y 24 °C.

4.3.8 Análisis estadístico

Para el análisis de las respuestas fisiológicas se utilizó un diseño de bloques al azar. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los valores se analizaron con la prueba de comparación de medias (LSD, 0.05). Se evaluó cada periodo de almacenamiento de manera independiente, se usaron 12 repeticiones por tratamiento en las variables de % PPF, CS, VPT. En el caso de las variables: PIA, POX Y PFO se utilizó un diseño completamente al azar utilizaron tres repeticiones por tratamiento. Los análisis estadísticos se realizaron con SAS® versión 9.4.

4.4 Resultados y discusión

4.4.1 Descripción anatómica de *Heliconia wagneriana*

Las *Heliconias* son plantas monocotiledóneas, herbáceas, perennes, con rizoma simpodialmente ramificado (emite brotes) y un pseudotallo aéreo, erecto, formado por un eje recubierto por las bases de hojas alternas que se solapan (posición dística). La inflorescencia de *Heliconia wagneriana* es una cima terminal helicoidal (Jerez, 2007) con una longitud de alrededor de 40 cm y están formadas por brácteas cimbitiformes (en forma de bote o barquita) (Davidse, *et al.*, 1995), distribuidas en un solo plano que van en tonalidades del verde amarela al naranja, las cuales protegen a los botones florales y frutos en desarrollo (Figura 18).

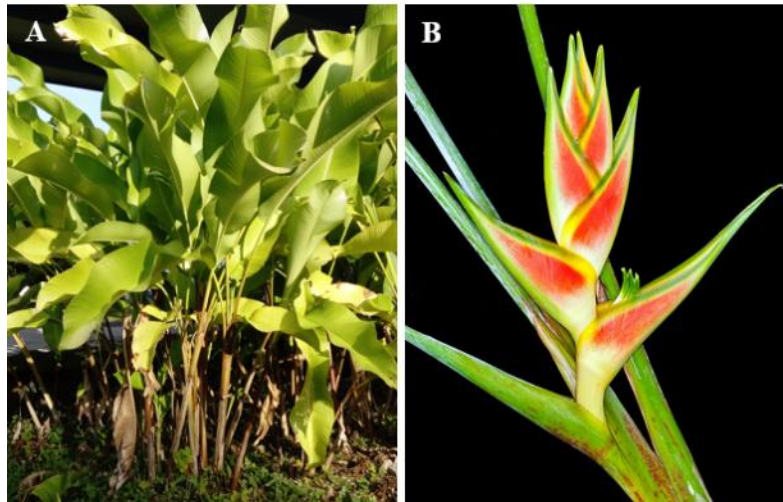


Figura 18. Planta de *Heliconia wagneriana* (A). Acercamiento de brácteas y pseudotallo de *Heliconia wagneriana* (B).

El pseudotallo presenta hojas anfiestomáticas, es decir, estomas en ambas caras de la epidermis, con una frecuencia estomática (FE) de 123.7 y 18.9 estomas mm^{-2} en la cara abaxial y adaxial de las hojas, respectivamente. Los estomas son de tipo paracítico, este tipo de estoma presenta dos células anexas al mismo nivel de las epidérmicas, dispuestas paralelamente a los ejes mayores de las células oclusivas.

Los estomas presentes en las hojas son los canales principales para el intercambio de vapor de agua entre la planta y la atmósfera, y contribuyen a la pérdida de agua de las flores de corte (Huang *et al.*, 2018). En el caso de los tallos florales de heliconias, éstos no conservan las hojas después de la cosecha, aunque también son propensas a déficit hídrico severo, resultado de la pérdida de agua que excede a la absorción y también a la presencia de estomas en las brácteas; estos estomas se encuentran formando hileras más o menos continuas, paralelas a las nervaduras secundarias, con una FE de 34.2 y 32.1 estomas mm^{-2} en la cara abaxial y adaxial respectivamente, rodeados de células epidérmicas de forma cuadrangular (Figura 19). Además, el tallo también presenta estomas, aunque en menor frecuencia (12.9 estomas mm^{-2}).

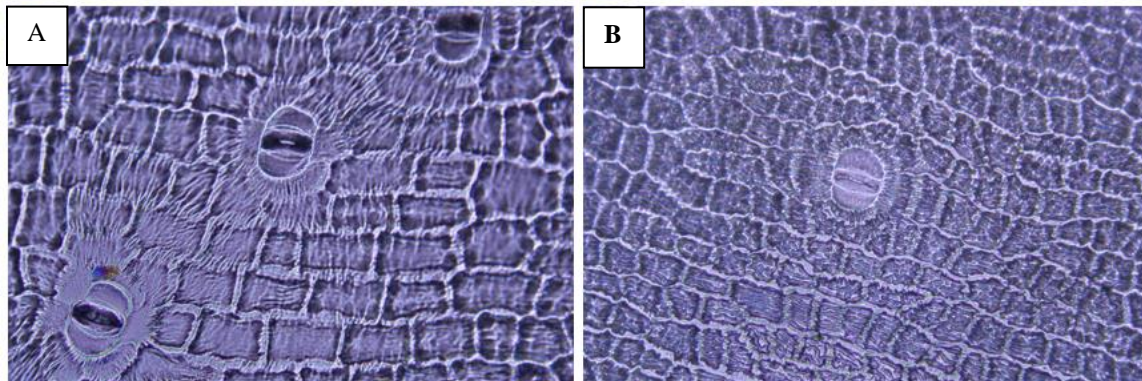


Figura 19. Micrografía de la epidermis de las brácteas de las inflorescencias de *Heliconia wagneriana*, cara abaxial (A) y adaxial (B).

La funcionalidad de los estomas es un punto que también tiene implicaciones importantes en el intercambio de vapor de agua entre la planta y la atmósfera, ya que ello contribuye o no a la pérdida de agua en las flores (Huang *et al.*, 2018). La evaluación de transpiración realizada de *H. wagneriana* se observó un comportamiento no típico del ritmo circadiano lo que sugiere que los estomas de las brácteas no son funcionales, es decir, no responden a los factores ambientales. Elibox y Umaharan (2008) reportan que los estomas de los órganos no foliares como tallo, brácteas y pétalos no siempre son funcionales.

4.4.2 Evaluación de los tallos florales almacenados en refrigeración durante 5 d

4.4.2.1 Pérdida de peso fresco (PPF)

Los tallos florales de *Heliconia wagneriana* son de consistencia carnosa, con inflorescencias de 10 a 12 brácteas cuyo peso fue de 714.4 ± 110 g. Generalmente después de la cosecha, la pérdida de peso se acentúa como marchitamiento y pérdida de turgencia del ápice hacia la base de las brácteas y cambio de color del verde amarela al marrón.

La PPF al segundo día de VF de todos los tratamientos fue significativamente diferente ($p \leq 0.0001$), siendo los tratamientos refrigerados y encerados (R_{5C_A} y $R_{5C_{AS}}$) los que menos peso perdieron: ~ 2.2 %, lo cual equivale un 30 a 45 % menos que los refrigerados sin cera (R_{5A} y R_{5AS}) y un 15 a 30 % menos que los mantenidos a temperatura ambiente (Cuadro 8). Esto indica que los tallos de los tratamientos R_{5C_A} y $R_{5C_{AS}}$ conservaron su turgencia debido a la limitación de la tasa de transpiración que ocasionaron la cera y la baja temperatura. Por otra parte, la diferencia de pérdida de peso entre las soluciones de florero resulta ser significativamente diferente únicamente en los tratamientos refrigerados sin cera (R_{5A} y R_{5AS}).

4.4.2.2 Consumo de Solución (CS)

En cuanto al CS, se observó una mayor absorción en los tallos del tratamiento testigo 0.075 ml g^{-1} , mientras que los tallos de los tratamientos que fueron almacenados en refrigeración el CS disminuyó un 24 % para los no encerados (R_{5A} y R_{5AS}) y un 40 % para los encerados (R_{5C_A} y $R_{5C_{AS}}$) y tampoco se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre las soluciones de florero: agua y ácido salicílico (1 mM) (Cuadro 8).

La aplicación de cera en las inflorescencias mostró un claro efecto sobre el CS. Esta respuesta probablemente se debe a que, para que se pueda llevar a cabo la absorción en las plantas, éstas deben expulsar agua en forma de vapor (transpiración) a través de los estomas y/o cutícula (Robles, 2002) y en este caso, el encerado limita la transpiración, por lo tanto, restringe el CS en los tallos. De la misma manera, Paull y Goo (1985) reportaron que en *Anthurium andraenum* cv. Ozaki, el encerado de la espata y/o espádice con una cera comercial a base de carnauba redujo la absorción de agua en un 10 a 20 % y aumentó la vida de florero de 17.9 a 36 d.

4.4.2.3 Vida de florero (VF) y vida postcosecha total (VPT)

La VF de los tallos del tratamiento testigo fue de 10 d, y aumentó un 20 % para los tallos encerados mantenidos a temperatura ambiente (A_C), mientras que la de los tratamientos refrigerados sin cera (R_{5A} y R_{5AS}) se redujo un 45 % y la de los encerados (R_{5CA} y R_{5CAS}) solo un 15 % (Cuadro 8). El aumento de la VF de los tallos de *H. wagneriana* encerados mantenidos a temperatura ambiente se atribuye a la disminución de la pérdida de turgencia y marchitez temprana de la inflorescencia por parte de la cera; mientras que la reducción de la VF de aquellos que fueron almacenados en frío se deba probablemente al estrés producido por la baja temperatura del almacenamiento.

En cuanto a la VPT, resulta significativamente ($p \leq 0.0001$) mayor para todos los tratamientos que incluyeron el encerado (A_C , R_{5CA} y R_{5CAS}), sobretodo en los tallos del tratamiento que se mantuvo en agua (A_C y R_{5CA}) con un 33 % más de VPT que el tratamiento testigo (Cuadro 8). Fanourakis *et al.* (2015) mencionan que el fin de la vida de florero es consecuencia de la deshidratación y marchitamiento en flores de corte, entonces para reducir el marchitamiento existen dos vías: mantener la absorción de agua o reducir la tasa de transpiración; por lo anterior, puesto que los tallos de *Heliconia wagneriana* tienen una baja absorción de agua ($0.075 \text{ mL g}^{-1} \text{ PF}$) y son de gran tamaño, es fundamental reducir su pérdida de agua, por lo que la aplicación de cera mejora su VF al mantener la turgencia de las brácteas.

Cuadro 8. Variables evaluadas en tallos de *Heliconia wagneriana* almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 5 d) dos días después de terminar el tratamiento.

Tratamiento	PPF (%)	CS (ml g⁻¹)	VF (d)	VPT (d)
Testigo	2.74 c	0.075 a	10.33	10.33 d
A_c	2.50 cd	0.056 b	12.09	12.09 bc
R_{5A}	3.86 a	0.058 b	5.47	10.47 d
R_{5AS}	3.26 b	0.057 b	5.66	10.66 dc
R_{5CA}	2.12 d	0.044 c	8.80	13.80 a
R_{5CAS}	2.24 d	0.046 c	8.27	13.27 ab
CV (%)	21.12	21.26		20.18

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.05$). Testigo = 22 °C, 68% HR; agua; A_c = cera + agua; R_{5A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{5CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico. * No se realizó.

4.4.3 Evaluación de los tallos florales almacenados en refrigeración durante 10 d

4.4.3.1 Pérdida de peso fresco (PPF)

El comportamiento de la pérdida de peso fue significativamente ($p \leq 0.0001$) mayor para los tratamientos que fueron refrigerados (R_{5A}, R_{5AS}, R_{5CA} y R_{5CAS}) que para los que se mantuvieron en condiciones ambientales (testigo y A_c) (Cuadro 9). Este resultado se atribuye al cambio en la tasa de respiración originado por el cambio de temperatura después de 10 d de almacenamiento; la temperatura-tiempo son factores determinantes de la tasa de deterioro de los productos frescos y la vida de anaquel (Thompson *et al.*, 2008).

4.4.3.2 Consumo de Solución (CS)

En el CS se observó una tendencia similar al comportamiento de los tratamientos almacenados por 5 d, es decir, significativamente menor en los tallos encerados y refrigerados (Cuadro 9). De acuerdo con los resultados de ambos periodos de almacenamiento, se observa que el CS de *H. wagneriana* es bajo ya que sólo consume el 6 % (p/v) de solución con relación a su peso, lo

mismo ocurre en otras especies tropicales como: *Zingiber spectabile* que consume 5% (Lessa *et al.*, 2015), *Heliconia psittacorum sassy* 5 % (Jaroenkit y Paull, 2003), *Etilingera elatior* 8% (Mattos *et al.*, 2017), *Anthurium* sp. 8% (Elibox y Umaharan, 2010); mientras que en especies de origen templado se observa un mayor consumo: *Eustoma grandiflorum* 13 % (Pérez-Arias *et al.*, 2014), *Rosa hybrida* L. 16 % (Cruz-Guzman *et al.*, 2007) y en *Tulipa* sp. 12.5 % (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011).

Otro factor que influye en la absorción de agua en las plantas son las hojas: la tasa de absorción es proporcional al número de hojas adheridas al tallo floral, sin embargo, en especies florales como las *Heliconias*, no existen conexiones vasculares entre el pedúnculo floral y las hojas como en otras especies florales, lo cual contribuye al bajo consumo de agua después de la cosecha (Jaroenkit y Paull, 2003).

El uso de AS no tuvo un efecto significativo, lo que probablemente se atribuye al bajo CS, esto explica la poca respuesta en prolongar la VF de *Heliconia* u otras especies tropicales tratadas con soluciones pulso o preservativas. En *H. psittacorum* cv. Golden Torch la aplicación postcosecha de ácido giberélico al 1 mM (Souza *et al.*, 2015 a) y citrato hidroxiquinoleína (300 mg L⁻¹) no incrementó la VF (Souza *et al.*, 2015 b); Lessa *et al.*, (2015) reportan que en tallos de *Zingiber spectabile* tratados con: agua de grifo, Hidrosan™ (0.8 g L⁻¹), Aspirina™ (1 tableta L⁻¹), hipoclorito de sodio (50 mg L⁻¹), 5 % agua de coco + Hidrosan™ (0.8 g L⁻¹); no se encontraron diferencias significativas en la tasa de absorción y VF, por lo que sugieren que el agua es suficiente para mantener su calidad.

4.4.3.3 Vida de florero y vida postcosecha total

El comportamiento de la VF tuvo una tendencia muy similar a la de los tratamientos almacenados por 5 d, aunque el almacenamiento por 10 d muestra una VF de 2 a 3 d menor (Cuadro 9) que la del almacenamiento por 5 d. Los síntomas que limitaron la VF se caracterizaron por mostrar manchas y depresiones necróticas generalmente en la parte basal de la bráctea al segundo o tercer día de VF (Figura 20).

En cuanto a la VPT, a pesar de que es mayor en los tallos refrigerados en ambos periodos de almacenamiento, la VF no se prolonga significativamente con el almacenamiento refrigerado,

sobre todo cuando se hace por un periodo mayor a 5 d, lo cual no resulta benéfico para su posterior comercialización. Acorde a estos resultados, Costa *et al.* (2015) reportaron que en *H. wagneriana* los síntomas de daño por frío aparecen al sexto día de almacenamiento (6.5 °C y 81 % HR).

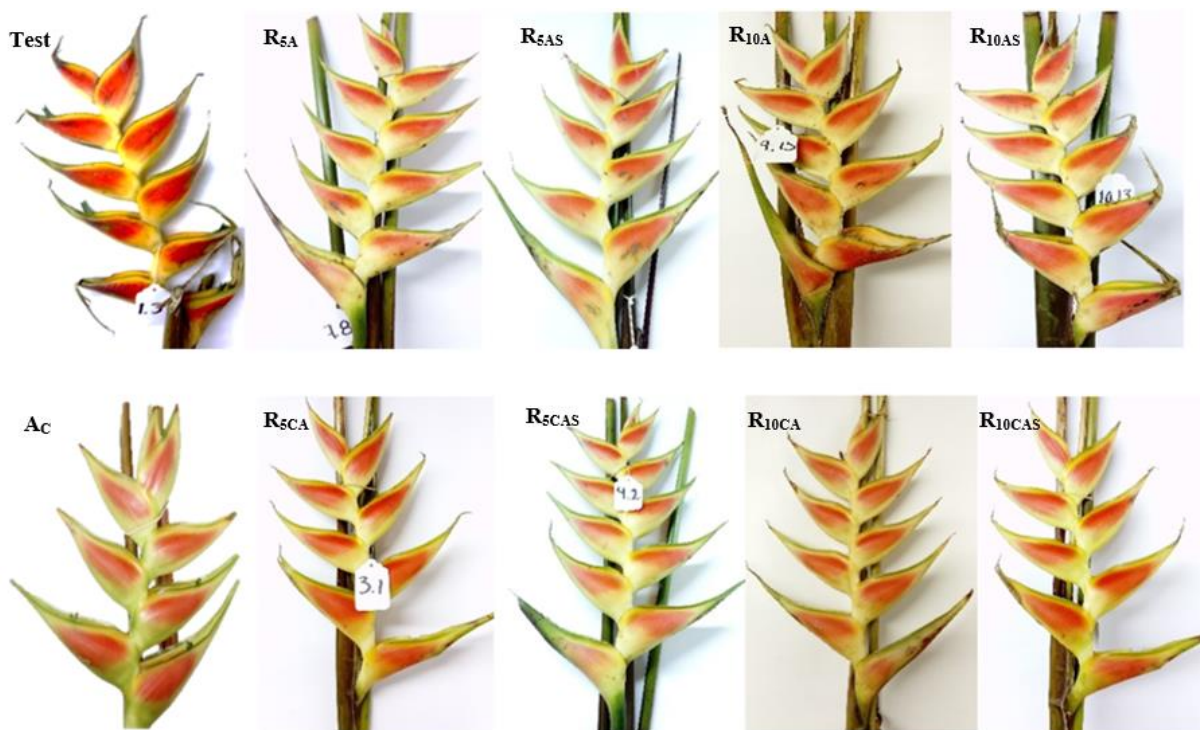


Figura 20. *Heliconia wagneriana* al día 5 de vida de florero (VF) (después de cada almacenamiento). Test = 22 °C, 68% HR; agua; Ac = cera + agua; R_{5A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{5AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{5CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{10A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico y R_{10CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico.

Cuadro 9. Variables evaluadas en tallos de *Heliconia wagneriana* almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 69 % HR) y en refrigeración (13°C y 84% HR; 10 d) dos días después de terminar el tratamiento.

Tratamiento	PPF (%)	CS (ml g ⁻¹)	VF (d)	VPT (d)
Testigo	2.74 d	0.077 a	5.33	10.33 d
A_c	2.94 cd	0.069 a	12.09	12.09 c
R_{10A}	3.76 a	0.056 b	3.97	13.97 b
R_{10AS}	3.40 abc	0.044 c	3.53	13.53 bc
R_{10CA}	3.16 bcd	0.029 d	5.60	15.60 a
R_{10CAS}	3.60 ab	0.032 d	3.90	13.90 b
CV (%)	23.08	28.14		18.00

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.05$). Testigo = 22 °C, 68% HR, agua; A_c = cera + agua a 22 °C, 68% HR; R_{10A} = 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10AS} = 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico; R_{10CA} = cera a 13°C y 84% HR, VF en agua; R_{10CAS} = cera a 13°C y 84% HR, VF en ácido salicílico.

4.4.4 Evaluación de la actividad enzimática de Polifenol oxidasa (PFO) y Peroxidasa (POX) e integridad absoluta de las membranas celulares (PIA)

El uso de cera influyó significativamente en la actividad de PFO y POX de las brácteas de las inflorescencias de *H. wagneriana*, ya que fue significativamente menor ($p \leq 0.05$) que en aquellos tallos sin cera ya sea mantenidos en condiciones de refrigeración o a temperatura ambiente.

La actividad enzimática inicial (d1) de PFO y POX fue de 0.91 y 17.95 UAE g_{proteína}⁻¹, respectivamente, y conforme avanzó el tiempo de almacenamiento también se presentó un incremento en la actividad enzimática (Cuadro 10) especialmente en el tratamiento T_R (testigo refrigerado). Kumar *et al.* (2008) afirman que una mayor actividad enzimática de peroxidasa durante la postcosecha, indica que interviene como defensa para resistir el daño oxidativo. En un estudio realizado con *Alpinia purpurata*, las brácteas y hojas del tratamiento testigo mostraron una alta actividad enzimática, destacando el estrés oxidativo característico de la

senescencia, mientras que los tallos que recibieron un pulsado mostraron menor actividad enzimática (Morais *et al.*, 2015).

En la pérdida de la calidad de los productos hortofrutícolas juegan un papel importante el balance entre las especies reactivas de oxígeno (EROS) y el sistema antioxidante enzimático (Superóxido dismutasa, Catalasa, Peroxidasa) o no enzimático (Fenoles, ascorbato, glutatión, α -tocoferol y β -caroteno); dentro de las EROS se ubican los radicales superóxido ($O_2^{\cdot-}$), el oxígeno singlete (1O_2), el radical hidroxilo (OH) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Aunque la producción de EROS es un proceso normal, ésta puede verse incrementada no sólo durante la maduración y senescencia de los tejidos, sino también por agentes causantes de estrés originados por la modificación de la atmósfera, temperaturas extremas y/o ataque de microorganismos (Castro *et al.*, 2006).

La POX, además de formar parte del sistema antioxidante, ha sido vinculada, junto con la PFO con el pardeamiento enzimático de los tejidos. La PFO cataliza dos reacciones diferentes en presencia de O_2 : la o-hidroxilación de sustratos fenólicos a o-difenoles, y la oxidación de o-difenoles a quinonas; estas quinonas pueden polimerizar espontáneamente a través de rutas no enzimáticas generando pigmentos pardos (Fujita *et al.*, 1995; Castro *et al.*, 2006). En frutos de limón almacenados a 2 y 4.5 °C por 21 d más 7 d a 23 °C, el daño por frío se asoció con la oxidación fenólica activada por la POX y PFO, y se caracterizó por necrosis en el flavedo y manchas en la cáscara (Sibozza *et al.*, 2014).

El porcentaje de integridad absoluta (PIA) inicial (d1) de las membranas celulares en el tejido de las brácteas fue de 87.04 % y para el día 5 los tallos del tratamiento testigo tuvieron una disminución de alrededor de 27 %, mientras que en los tallos que fueron encerados solo disminuyó un 10 % (Cuadro 10). Acorde a estos resultados, Zhang *et al.* (2015) reportaron que en pepino (*Cucumis sativus* L.), un recubrimiento de Quitosano-g-ácido salicílico (0.57 % p/v) mantuvo la permeabilidad de las membranas celulares debido a la reducción de la pérdida de electrolitos.

En el caso del PIA de los tallos que fueron refrigerados por 5 d, a su salida del almacenamiento el PIA se mantuvo muy cercano (~ 83 %) al porcentaje inicial. Los tallos que fueron

almacenados por 10 d también se encontró un comportamiento similar (Cuadro 10). Sin embargo, las brácteas de las inflorescencias no enceradas presentaron depresiones y manchas necróticas a los 2 d después de la salida del almacenamiento (Figura 21), lo cual llevó al fin de la VF. Sibozza *et al.* (2014) afirman que el pardeamiento del tejido debido a condiciones de estrés en las plantas es generado por la actividad de PFO y POX; sin embargo, cuando la acumulación de especies reactivas al oxígeno (ERO's) supera a la actividad enzimática antioxidante, se puede desencadenar la peroxidación de los lípidos de las membranas celulares e interrupción de la compartimentación celular generando así la disminución de la integridad de las membranas celulares (Aghdam *et al.*, 2016).

En *H. bihai* cultivares Lobster Claw y Halloween, el almacenamiento a 6.5 °C de los tallos durante 6 y 8 d indujo una disminución en PIA, que coincidió con un agravamiento de los síntomas de daño por frío y una reducción de la calidad visual debida al pardeamiento o manchas necróticas (Costa *et al.*, 2011a). Aghdam *et al.* (2016) mencionan que en flores de corte de *Anthurium* almacenadas a baja temperatura (4 °C), los daños por frío se caracterizaron por el marchitamiento del espádice y/o pardeamiento de la espata.



Figura 21. Daños por frío en *Heliconia wagneriana* caracterizados por depresiones y manchas necróticas en las brácteas.

Por lo anterior es importante considerar que los factores temperatura-tiempo influyen significativamente en la presencia de daños por frío, pues los cultivos tropicales como las

heliconias debido a su origen, son altamente sensibles a las bajas temperaturas. Esto debido a que la exposición al frío puede cambiar la estructura de las membranas al iniciar la degradación de los ácidos grasos poliinsaturados debido a la peroxidación de lípidos; mientras que induce la rigidez de la membrana y la muerte celular (Imahori *et al.*, 2008). Lo que provoca una disminución de la integridad y permeabilidad selectiva de la membrana celular.

Cuadro 10. Actividad enzimática de Polifenol oxidasa (PFO), Peroxidasa (POX) y Porcentaje de integridad absoluta de las membranas celulares (PIA) evaluados en inflorescencias de *Heliconia wagneriana* tratados bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

Tratamiento	PFO (UAE g _{proteína} ⁻¹)		POX (UAE g _{proteína} ⁻¹)		PIA (%)	
	5 d	10 d	5 d	10 d	5 d	10 d
T_A	1.06 b	*	21.46 b	*	60.37 b	*
C_A	1.04 b	*	19.37 b	*	77.96 a	*
T_R	1.79 a	2.33 a	28.00 a	32.32 a	82.95 a	82.61 a
C_R	1.01 b	1.46 b	23.08 b	25.25 b	85.60 a	82.95 a
CV (%)	12.80	20.00	9.87	10.80	10.16	3.10

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). **T_A** = tallos testigo a 22 °C y 68% HR; **C_A** = tallos con cera a 22 °C y 68% HR; **T_R** = tallos testigo a 13°C y 84% HR; **C_R** = tallos con cera a 13°C y 84% HR. *No se realizó.

4.5 Conclusión

La aplicación de cera en flores de corte de *H. wagneriana* tiene un impacto benéfico sobre la conservación de su calidad postcosecha tanto en condiciones ambientales (22 °C) como en almacenamiento en refrigeración (13 °C). Los resultados sugieren que la reducción de los daños por frío está en función del tiempo de almacenamiento y puede deberse a una disminución de la actividad enzimática PFO y POX, paralelo a una mejor conservación del porcentaje de integridad de la membrana, lo que provocó a una menor pérdida de peso fresco a pesar del bajo consumo de agua que tienen esta especie. Por lo anterior, el mejor tratamiento fue el de los tallos

encerados, almacenados por 5 días y mantenidos en agua durante su vida de florero (R₅C_A) dando como resultado en 3 d más de vida postcosecha que el testigo.

4.6 Literatura citada

- Aghdam M. S., A. Jannatizadeh, M. Sheikh-Assadi, and P. Malekzadeh. 2016. Alleviation of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by salicylic acid treatment. *Scientia Horticulturae* 202:70–76.
- Bai J., R. D. Hagenmaier, E. A. Baldwin. 2003. Coating selection for ‘Delicious’ and other apples. *Postharvest Biology and Technology* 28(3):381–390.
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72(1-2):248-254.
- Castro J. A. R., L. E. D. Baquero, y C. E. C. Narvaéz. 2006. Catalasa, peroxidasa y polifenol oxidasa de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). *Revista Colombiana de Química* 35(1):91–101.
- Costa A. S., L. C. Nogueira, V. F. dos Santos, F. L. Finger, T. R. Camara, V. Loges, and L. Willadino. 2011a. Characterization of symptoms of senescence and chilling injury on inflorescences of *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw and cv. Halloween. *Postharvest Biology and Technology* 59(1):103–109.
- Costa A. S., L. C. Nogueira, V. F. dos Santos, T. R. Camara, V. Loges, and L. Willadino. 2011b. Storage of cut *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw flowers at low temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(9):966–972.
- Costa A.S., K. P. Leite, R. J. Gomes, E. C. Arcelino, C. O. Pessoa, and V. Loges. 2015a. Chilling injury symptoms in species of *Heliconia*. *Acta Horticulturae* 1060:55–62.
- Costa L. C., R. R. Costa, W. S. Ribeiro, G. G. Carneiro, J. A. Barbosa, and F. L. Finger. 2015b. Postharvest longevity of *Heliconia wagneriana*. *Acta Horticulturae* 1060:193–199.
- Cruz-Guzmán G. H. D., A. Arriaga-Frías, M. Mandujano-Piña, y J. B. Elias-Arias. 2007. Efecto de tres preservadores de la longevidad sobre la vida postcosecha de *Rosa* cv. Royalty. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1):109–113.

- Davidse G., M. S. Sánchez, and S. Knapp. 1995. Flora mesoamericana: Psilotaceae a Salviniaceae. UNAM. 470 p.
- Elibox W., and P. Umaharan. 2010. Cultivar differences in the deterioration of vase-life in cut-flowers of *Anthurium andraeanum* is determined by mechanisms that regulate water uptake. *Scientia Horticulturae* 124:102–108.
- Elibox W., and P. Umaharan. 2008. Morphophysiological characteristics associated with vase life of cut flowers of *Anthurium*. *HortScience* 43:825–831.
- Fanourakis D., A. I. Velez-Ramirez, B. C. In, H. Barendse, U. van Meeteren, and E. J. Woltering. 2015. A survey of preharvest conditions affecting the regulation of water loss during vase life. *Acta Horticulturae* 1064:195–204.
- Flurkey W.H., and J. J. Jen. 1978. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. *Journal of Food Science* 43:1826–1828.
- Folha W. R., R. R. Souza, G. C. Amaral, A. A. Silva, J. N. Carvalho, and M. Z. B. Cavalcante. 2016. Heliconia ‘Golden Torch’ postharvest: stem ends cutting and renewing vase water benefits. *Ornamental Horticulture* 22(2): 180–185.
- Fujita S., N. bin-Saari, M. Maegawa, T. Tetsuka, N. Hayashi, and T. Tono. 1995. Purification and properties of polyphenoloxidase from cabbage (*Brassica oleracea* L.). *J. Agric. Food Chem.* 43: 1138-1142.
- Goszczyńska D. M., and R. M. Rudnicki. 1988. Storage of Cut Flowers. *Horticultural Reviews*. John Wiley & Sons, Inc. 10:35–62.
- Grant L.A. and J. Burns. 1994. Application of coatings. In: J.M. Krochta, E.A Baldwin, and M.O. Nisperos-Carriedo (eds.). *Edible coatings and films to improve food quality*. Technomic Publ. Co., Lancaster, Pa. 200 p.
- He S., D. C. Joyce, D. E Irving, J. D. Faragher. 2006. Stem end blockage in cut *Grevillea* ‘Crimson Yul-lo’ inflorescences. *Postharvest Biology and Technology* 41:78–84.
- Huang X., S. Lin, S. He, X. Lin, J. Liu, R. Chen, and H. Li. 2018. Characterization of stomata on floral organs and scapes of cut ‘Real’ gerberas and their involvement in postharvest water loss. *Postharvest Biology and Technology* 142:39–45.
- Hu H., X. Li, C. Dong, and W Chen. 2012. Effects of wax treatment on the physiology and cellular structure of harvested pineapple during cold storage. *J. Agric. Food Chem.* 60:6613–6619.

- Imahori Y., M. Takemura, and J. Bai. 2008. Chilling-induced oxidative stress and antioxidant responses in mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* 49:54–60.
- Jaroenkit T., and R. E. Paull. 2003. Postharvest handling of heliconia, red ginger, and bird-of-paradise. *HortTechnology*, 13(2):259–266.
- Jerez E., 2007. El Cultivo de las heliconias. *Cultivos Tropicales* 28: 29–35.
- Kumar N., G. C. Srivastava, and K. Dixit. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regulation* 55(2):81
- Lamikanra O. 1995. Enzymatic browning of muscadine grape products, in: *Enzymatic browning and its prevention*, ACS Symposium Series. American Chemical Society pp. 166–177.
- Lessa M. A., E. F. A. Almeida, A. M. P. Nascimento, I. C. S. Curvelo, S. N. Reis, D. A. Nogueira, and P. D. O. Paiva. 2015. Postharvest conservation of ornamental ginger (*Zingiber spectabile*). *Acta Horticulturae* 1060:307–313.
- Li X., X. Zhu, H. Wang, X. Lin, H. Lin, and W. Chen. 2018. Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. *Postharvest Biology and Technology* 136:99–110.
- Mangave B., A. Singh, and M. Mahatma. 2013. Effects of different plant growth regulators and chemicals spray on post-harvest physiology and vase life of heliconia inflorescence cv. Golden Torch. *Plant Growth Regulation* 69:259–264.
- Mattos D. G., P. D. O. Paiva, F. C. Nery, R. P. Vale, M. T. Sarto, and I. C. A. Luz. 2017. Water relations in post-harvested torch ginger affected by harvest point and carnauba wax. *Postharvest Biology and Technology* 127:35–43.
- Mayak S., Halevy, A.H., 1974. The action of kinetin in improving the water balance and delaying senescence processes of cut rose flowers. *Physiologia Plantarum* 32:330–336.
- Morais M. B., M. M. A. Silva, L. Herculano, T. R. Camara, and L. Willadino. 2015. Postharvest senescence of *Alpinia* floral stems: antioxidative effect of pulsing. *Proc. Xth IS on Postharvest Quality of Ornamental Plants*. *Acta Horticulturae* 1060:289–294.
- Paull R.E., Goo, T.T.C., 1985. Ethylene and water stress in the senescence of cut flowers *anthurium andraeanum*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110:84–88.

- Pereira G. da S., F. L. de C. Machado, J. M. C. da Costa. 2016. Quality of ‘Valencia delta’ orange after degreening and coating with wax. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20(10):936–940.
- Pérez-Arias G. A., I. Alia-Tejacal, L. A. Valdez-Aguilar, M. T. Colinas-León, V. López-Martínez, and M. de J. Sainz-Aispuro. 2014. La refrigeración en húmedo y seco afecta la vida poscosecha de flores de corte de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* “ABC Blue Rim”. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 5(7):1247–1260.
- Robles R. 2002. *Producción de oleaginosas y textiles (3ra edición)*. Editorial Limusa. México. 675 p.
- Rodríguez-Mendoza M. de las N., B. Osorio-Rosales, L. I. Trejo-Téllez, M. de L. Arévalo-Galarza y A. M. Castillo-González. 2011. Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. *Revista Chapingo Serie horticultura* 17(3):117–127.
- Sankat C. K., and S. Mujaffar. 1994. Water balance in cut anthurium flowers in storage and its effect on quality. *Acta Horticulturae* 368:723–732.
- Siboza X. I., I. Bertling, and A. Odindo O. 2014. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). *Journal of Plant Physiology* 171(18):1722–1731.
- Souza S. O., F. L. Finger, A. Miqueloto, M. A. C. Lima, A. Amariz, and A. H. Oliveira. 2015a. Pulsing treatment with gibberellic acid in cut *Heliconia psittacorum* × *H. spathocircinata* “golden torch” inflorescences. *Acta Horticulturae* 1060:121–126.
- Souza S. O., S. C. C. Sousa, M. A. C. Lima, A. H. Oliveira, J. G. Barbosa, and F. L. Finger. 2015b. Longevity and quality of *Heliconia psittacorum* × *H. spathocircinata* “golden torch” treated with 8-hydroxyquinoline citrate. *Acta Horticulturae* 1060:187–192.
- Thompson J. F., F. G. Mitchell, and T. R. Rumsay. 2008. *Commercial cooling of fruits, vegetables, and flowers*. UCANR Publications. 70 p.
- Villanueva-Couoh E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria-Fregoso, and A. Larque-Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura] en Yucatán. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 15:25–31.

Zhang Y., M. Zhang, and H. Yang. 2015. Postharvest chitosan-g-salicylic acid application alleviates chilling injury and preserves cucumber fruit quality during cold storage. *Food Chemistry* 174:558–563.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Conclusiones

El sistema de producción de heliconias en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz a pesar de ser empírico, es una actividad secundaria económicamente viable para los productores, sin embargo, requiere de material genético de calidad y asesoría en producción primaria para estandarizar el proceso de producción y permitir asegurar la calidad de la flor con manejo postcosecha como el encerado de las flores para poder ofertar un producto con mayor vida de florero y acorde a las exigencias del mercado florícola.

Las soluciones de pulsado y/o preservativas no tienen efecto significativo sobre la vida de florero de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana*. Este efecto se debe principalmente a la baja tasa de absorción de los tallos florales, la cual se asocia a las características anatómicas de dichas especies, como la conductancia hidráulica de los haces vasculares del tallo y la funcionalidad estomática de las inflorescencias.

En *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana* se sugiere un almacenamiento refrigerado en seco a 13°C y 84% HR por un periodo no mayor a 5 días, ya que por periodos prolongados reducen significativamente la vida de florero.

La aplicación de cera Lustr 227 F®, Decco a base de carnauba-shellac mantiene la hidratación de las inflorescencias por lo que contribuye a una mayor vida postcosecha total. En cuanto al estrés oxidativo propio de la senescencia o como consecuencia de la baja temperatura de almacenamiento, el encerado conserva la integridad de la membrana celular y disminuye la actividad enzimática de polifenol oxidasa y peroxidasa, por lo que el encerado tiene un efecto significativo en la conservación de la calidad postcosecha de dichas especies. Por lo que un tratamiento céreo en combinación con un almacenamiento seco en refrigeración (13°C y 84% HR) por 5 días prolonga la vida postcosecha de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Tropics y *Heliconia wagneriana* hasta por 14.5 y 13.8 días, respectivamente.

2. Recomendaciones

El sistema de producción de heliconias de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz tiene áreas de oportunidad en los tres eslabones de la cadena de valor, por lo que se sugiere realizar más investigación desde producción primaria hasta comercialización que aporte información y genere elementos básicos para incrementar su productividad y ayude a la integración de los eslabones de la misma.

Se recomienda realizar análisis más detallados sobre las características anatómicas de los tallos florales de *Heliconia* spp para evaluar conductancia estomática e hídrica y su influencia con la vida de florero.

Se recomienda la conformación de figuras asociativas legales para acceder a nichos de mercado seguros e incremente la rentabilidad del cultivo.

ANEXOS

A1. Guión de entrevista aplicada a productores de los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.

<p>Estudiante: Gisela Carrera Alvarado</p> <p>Proyecto de investigación: Sistemas de producción de Manejo postcosecha de <i>Heliconia</i> spp.</p> <p>Objetivo: describir el sistema de producción de heliconias en los municipios de Amatlán de los Reyes, Fortín de las Flores e Ixtaczoquitlán, Veracruz.</p>	
Características	Ítem
Socioeconómicas	<p>Jefe de la explotación:</p> <p>Formación del jefe de la explotación y/o agricultores:</p> <p>¿Principal actividad económica a la que se dedica?</p> <p>¿Último grado de estudios?</p> <p>¿Años de experiencia en el cultivo de heliconias?</p> <p>¿Ubicación de la parcela?</p> <p>¿Superficie destinada a la producción de heliconias?</p> <p>¿Contrata jornaleros?</p>
Producción	<p>¿Especies de heliconias que produce?</p> <p>¿Produce alguna otra especie/variedad ornamental?</p> <p>¿Procedencia de la plántula/rizoma de heliconia?</p> <p>¿Cuál es el método de siembra?</p> <p>¿Cuál es la densidad de siembra de su cultivo?</p> <p>¿Es cultivo de temporal o riego?</p> <p>¿Realiza poda? ¿Qué tipo de poda y cuando lo hace?</p> <p>¿Realiza deshierbes y cuándo los hace?</p> <p>¿Utiliza fertilizantes? ¿Qué tipo de fertilizantes: orgánicos o minerales?</p> <p>¿Cuáles son los fertilizantes que aplica y dosis de fertilización?</p> <p>¿Conoce la nutrición que requiere su cultivo?</p>

	<p>¿Realiza análisis de nutrientes del suelo, planta y flor? ¿Por qué?</p> <p>¿Realiza una planificación de su modelo de producción?</p> <p>¿Por qué?</p> <p>¿Tiene un manejo de control de plagas y enfermedades?</p> <p>¿Cuál?</p> <p>¿Aplica herbicidas? ¿Qué tipo de herbicidas? ¿Cantidad de herbicidas suministrados por año?</p> <p>¿Cuál es su volumen de producción por Ha*año)?</p> <p>¿Época de producción de cada especie/cultivar?</p>
<p>Comercialización y apoyos sociales</p>	<p>¿Venta en mercado local, regional o nacional?</p> <p>¿Quién vende la cosecha? ¿Interviene una cooperativa?</p> <p>¿Cuál es el precio de venta (unidad, decena, etc.)?</p> <p>¿Usted determina el precio de venta o el comprador?</p> <p>¿su cultivo es rentable? ¿Por qué?</p> <p>¿Existe alguna asociación de floricultores en la región?</p> <p>¿Está asociado a una cooperativa? ¿Por qué? ¿Qué proporciona la cooperativa?</p> <p>¿Cuenta con algún apoyo gubernamental? ¿Por qué?</p> <p>¿Existe algún tipo de seguro agrario?</p> <p>¿Conoce algún tipo de apoyo gubernamental para floricultores en la región?</p>



A2. Traslado de flores de corte de heliconias desde una plantación comercial de Ixtaczoquitlán, Veracruz al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.



A3. Tiempo de secado de tallos florales de heliconias después del tratamiento céreo.



A4. Flores de corte de *Heliconia wagneriana* durante su evaluación de vida de florero en condiciones ambientales (22 °C, 68 % HR y 12 h fotoperiodo).



A5. Flores de corte de *Heliconia psittacorum* x *H. psittacorum* cv. Tropics durante su evaluación de vida de florero en condiciones ambientales (22 °C, 68 % HR y 12 h fotoperiodo).