

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

"Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre"

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS DE GENOTIPOS
CULTIVADOS, SEMICULTIVADOS Y SILVESTRE DE
NOCHEBUENA**

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

ERIK RAFAEL NAVARRO LÓPEZ



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México. Agosto de 2004.



**TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS DE GENOTIPOS SILVESTRE,
SEMICULTIVADOS Y CULTIVADOS DE NOCHEBUENA**

Tesis realizada por **ERIK RAFAEL NAVARRO LÓPEZ** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

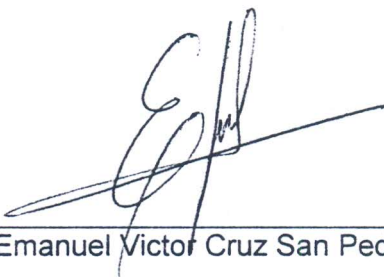
DIRECTOR


Ph.D. María Teresa Colinas León

ASESOR


Ph.D. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR


M.C. Emanuel Víctor Cruz San Pedro

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis, Erik Rafael Navarro López, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola, es originario de Cosautlán de Carvajal Veracruz. Realizó sus estudios de bachillerato en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y la licenciatura en la misma universidad, de la cual egresó en 2000, titulándose con la tesis denominada "Determinación de plagas de importancias cuarentenaria, en esquejes de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), para México". Ha participado como instructor en cursos de capacitación a productores, para el manejo de plagas y enfermedades de cultivos en hidroponía, impartido en la Preparatoria Agrícola. Desde 1997 forma parte del equipo de trabajo para el "Rescate, reproducción y conservación de especies de orquídeas nativas de México". Junto con el equipo de investigación de orquídeas, publicó el manual "Botánica e identificación de orquídeas" y es fundador del orquidario de la Universidad Autónoma Chapingo. Es miembro de la INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE (ISTH), y en el 2003 en la 49ª Reunión Anual presentó el trabajo de investigación "Estrategias de Reproducción, Manejo, Conservación y Reintroducción de Orquídeas Mexicanas" en la ciudad de Fortaleza, Estado de Ceará, Brasil.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto de Horticultura por la oportunidad de brindarme una formación como Maestro en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico brindado durante el desarrollo de mis estudios de maestría y por el financiamiento de esta investigación, la cual forma parte del proyecto "Temperatura y nutrición en pigmentación de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd)" con clave 38340-B dirigido por la Ph.D. María Teresa Colinas León y con la colaboración del Ph.D. Jaime Sahagun Castellanos y el MC. Emanuel Víctor Cruz San Pedro. También por el apoyo brindado para la impresión, copiado y encuadernado del trabajo final.

A la Ph.D. Maria Teresa Colina León por su dirección, consejo, orientación y apoyo en la realización de esta tesis. Al Ph.D. Jaime Sahagún Castellanos por su asesoría y apoyo estadístico en la realización de esta investigación y al M.C. Emmanuel V. Cruz San Pedro por su asesoría, apoyo y amistad para llevar a buen fin esta investigación.

Dra. María Teresa Martínez Damián y al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego por las facilidades para la realizar esta investigación. Al Dr. Irán Alia Tejada por su disponibilidad, consejo y apoyo durante la parte de investigación y escritura de esta tesis.

Muy especialmente a los profesores Isaías Gil Vázquez e Ignacio Miranda Velásquez por sus consejos, apoyo, confianza y amistad para concluir esta etapa de maestría.

A mis compañeros, amigos y a todas aquellas personas que del alguna manera contribuyeron para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Con gran respeto y admiración a mis padres la Sra. Maria Elena López Ruíz de Navarro y al Sr. Leonardo Navarro Pale, por su apoyo, comprensión y cariño que me brindan para que cada día de un paso hacia mis metas y sueños...

A mis hermanos Rocio, Adán, Angel y Semeí quienes siempre me han apoyado y alentado para seguir adelante cada día...

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Flor de Nochebuena	4
2.1.1. Origen y distribución	4
2.1.2. Descripción botánica	4
2.2. Postproducción de nochebuena	5
2.2.1. Manejo durante el transporte	5
2.2.2. Nochebuenas con cierto nivel de tolerancia a bajas temperaturas	6
2.2.3. Concepto de daño por frío	7
2.2.3.1. Mecanismo del daño por frío	8
2.2.3.2. Síntomas de daños por frío en nochebuena	11
2.2.3.3. Efecto del daño por frío en la fisiología de la planta	13
2.2.3.3.1. Apariencia y calidad	13
2.2.3.3.2. Color	15
2.2.3.3.3. Clorofilas	16
2.2.3.3.4. Respiración (emisión de CO ₂)	17
2.2.3.3.5. Etileno	18
2.2.3.3.6. Peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD)	19
2.2.3.3.7. Catalasa (EC. 1.11.1.6.; CAT)	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación del experimento	21
3.2. Material vegetal	21
3.2.1. Sierra Norte de Puebla	21
3.2.2. Estado de México	22
3.2.3. Distrito Federal	23
3.2.4. Estado de Morelos	24
3.2.5. Reproducción del material	25
3.2.6. Sustrato comercial	25
3.2.7. Manejo	26
3.3. Estudio de la tolerancia a bajas temperaturas de genotipos de nochebuena	27
3.3.1. Experimento I: Daños físicos por bajas temperaturas	27

3.3.1.1. Diseño del experimento para evaluar: apariencia, color y clorofila	27
3.3.1.2. Descripción de Tratamientos	27
3.3.1.3. Apariencia y calidad (hojas y brácteas)	28
3.3.1.4. Color	29
3.3.1.5 Concentración de clorofilas (SPAD)	29
3.3.2. Experimento II: Respiración y producción de etileno (<i>in vitro</i>)	30
3.3.2.1. Diseño del experimento para evaluar: respiración (CO ₂) y emisión de etileno	30
3.3.2.2. Descripción de Tratamientos	30
3.3.2.3. Respiración (CO ₂) y producción de etileno	32
3.3.3. Experimento III: Actividad enzimática específica	33
3.3.3.1. Diseño del experimento para evaluar: la actividad enzimática específica de peroxidasa y catalasa en hojas y brácteas	33
3.3.3.2. Descripción de Tratamientos	33
3.3.3.3. Enzimas	35
3.3.3.3.1. Proteína soluble	35
3.3.3.3.2. Peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD)	35
3.3.3.3.3. Catalasa (EC. 1.11.1.6; CAT)	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Estudio de la tolerancia a bajas temperaturas de genotipos de nochebuena	37
4.1.1. Experimento I: Daños físicos por bajas temperaturas	37
4.1.1.1. Apariencia en hoja	38
4.1.1.2. Apariencia bráctea	44
4.1.1.3. Color	51
4.1.1.3.1. Cromaticidad	51
4.1.1.3.2. Luminosidad	54
4.1.1.3.3. Ángulo hue	57
4.1.1.4. Contenido de clorofila	62
4.1.2. Experimento II: Respiración y producción de etileno (<i>in vitro</i>)	66
4.1.2.1. Emisión de dióxido de carbono (CO ₂)	66
4.1.2.2. Emisión de etileno	71
4.1.3. Experimento III: Actividad enzimática específica	75
4.1.3.1. Peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD)	75
4.1.3.1.1 Peroxidasa en hoja	75
4.1.3.1.2. Peroxidasa en bráctea	79
4.1.3.2. Catalasa (EC. 1.11.1.6; CAT)	82
4.1.3.2.1. Catalasa en hoja	82
4.1.3.2.2. Catalasa en bráctea	87
V. CONCLUSIONES	91
VI. LITERATURA CITADA	93
VII. ANEXOS	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
Cuadro 1	Descripción de tratamientos en plantas de nochebuena en etapa de floración almacenadas a 2, 7 y 18 °C para evaluar apariencia, color y clorofila.	28
Cuadro 2	Descripción de tratamientos en hojas separadas (<i>in vitro</i>) de nochebuena para evaluar la respiración y producción de etileno.	31
Cuadro 3	Descripción de tratamientos en hojas y brácteas de nochebuena para evaluar la actividad enzimática específica de peroxidasa y catalasa.	34
Cuadro 4	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable apariencia en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	39
Cuadro 5	Comparación de medias en la variable apariencia en hojas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	42
Cuadro 6	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable apariencia en brácteas de genotipos de nochebuena.	45
Cuadro 7	Comparación de medias de la apariencia en brácteas de genotipos de nochebuena silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	48
Cuadro 8	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición para cromaticidad en brácteas en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.	51
Cuadro 9	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición para luminosidad en brácteas en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.	54
Cuadro 10	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición para el ángulo de tono hue en brácteas en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.	57
Cuadro 11	Comparación de medias de los componentes del color cromaticidad (C), luminosidad (L) y hue (H) en brácteas de genotipos de nochebuena silvestre, semicultivados y cultivados en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.	60
Cuadro 12	Comportamiento del contenido de clorofila (Unidades SPAD) en hojas entre genotipos cultivados, semicultivados y silvestre de nochebuena.	62

Cuadro 13	Comportamiento del contenido de clorofila (Unidades SPAD) en hojas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	64
Cuadro 14	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable respiración (<i>in vitro</i>) en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	66
Cuadro 15	Comportamiento de la respiración en hojas (<i>in vitro</i>) entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	69
Cuadro 16	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable producción de etileno (<i>in vitro</i>) en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	71
Cuadro 17	Comportamiento de la producción de etileno en hojas (<i>in vitro</i>) entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	73
Cuadro 18	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable peroxidasa en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	75
Cuadro 19	Actividad enzimática específica de peroxidasa en hojas en genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	77
Cuadro 20	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable peroxidasa en brácteas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	79
Cuadro 21	Actividad enzimática específica de peroxidasa en brácteas en genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	81
Cuadro 22	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable catalasa en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	83
Cuadro 23	Actividad enzimática específica de catalasa en hojas en genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	85
Cuadro 24	Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable catalasa en brácteas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	87
Cuadro 25	Actividad enzimática específica de catalasa en brácteas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1	Esquema del mecanismo de daño por frío en plantas sensibles a bajas temperaturas (Wang, 1982).	10
Figura 2	Plantas (A) y flor (B) de nochebuena Puebla silvestres.	22
Figura 3	Plantas (A) y flor (B) de nochebuena Chapingo simicultivada.	23
Figura 4	Plantas (A) y flor (B) de nochebuena de Xochimilco semicultivada.	23
Figura 5	Plantas (A) y flor (B) de nochebuena cultivadas 'Freedom'.	24
Figura 6	Plantas (A) y flor (B) de nochebuena cultivada 'Subjibi'.	24
Figura 7	Comportamiento de la apariencia en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	43
Figura 8	Comportamiento de la apariencia en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7(B) y 18 °C (C).	49
Figura 9.	Necrosamiento de brácteas jóvenes en los genotipos cultivados 'Freedom' (A) y 'Subjibi' (B), almacenados a 2 °C, durante 24 y 48 h de exposición.	50
Figura 10	Manchas blancas en brácteas del genotipo semicultivado Chapingo almacenado a 2, 7 y 18 °C durante 24 y 48 h de exposición.	50
Figura 11	Manchado de brácteas en el genotipo semicultivado Xochimilco (A) y el genotipo silvestre Puebla (B) almacenados a 2 °C durante 24 y 48 h de exposición.	50
Figura 12	Comportamiento de la cromaticidad en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	53
Figura 13	Comportamiento de luminosidad en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	56
Figura 14	Comportamiento del ángulo de tono hue en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	59
Figura 15	Comportamiento del contenido de clorofila en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	65
Figura 16	Comportamiento de la respiración en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	70
Figura 17	Comportamiento de la producción de etileno en hojas (<i>in vitro</i>) de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	74

Figura 18	Comportamiento de la actividad enzimática de peroxidasa en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	78
Figura 19	Comportamiento de la actividad enzimática de peroxidasa en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18°C (C).	82
Figura 20	Comportamiento de la actividad enzimática de catalasa en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	86
Figura 21	Comportamiento de la actividad enzimática de catalasa en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).	90

TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS DE GENOTIPOS CULTIVADOS, SEMICULTIVADOS Y SILVESTRE DE NOCHEBUENA

TOLERANCE AT LOW TEMPERATURES OF CULTIVATED, SEMICULTIVATED AND WILD POINSETTIA GENOTYPES

Erik R. Navarro-López¹; María Teresa Colinas-León².

RESUMEN

Plantas de nochebuena de genotipos color rojo cultivados ('Freedom' y 'Supjibi'), semicultivados (Xochimilco y Chapingo) y silvestre (Puebla) fueron almacenados a 2, 7 (96 % HR) y 18 °C (50 % HR) por 24 y 48 horas. Las variables evaluadas fueron: apariencia, color y contenido de clorofila (Experimento I); producción de CO₂ y etileno en hojas separadas (Experimento II *in vitro*) y la actividad enzimática específica de peroxidasa y catalasa en hojas y brácteas (Experimento III). Las hojas almacenadas a 2 y 7 °C mostraron un marchitamiento, pero se recuperaron después de ser llevadas a temperatura ambiente de 18 °C. En brácteas la temperatura de 2 °C produjo lesiones necróticas en brácteas jóvenes de los genotipo cultivados ('Freedom' y 'Supjibi'). Los genotipos Xochimilco (semicultivado) y silvestre Puebla, mostraron lesiones blancas. Chapingo mostró ligeras lesiones blancas. Únicamente el genotipo silvestre originario de Puebla mostró cambios en los componentes del color (croma, luminosidad y hue) en el almacenamiento a 2 °C durante 48 horas. No hubo diferencias en el contenido de clorofila a 2, 7 y 18 °C, solo hubo diferencias entre genotipos. La temperatura de 2 °C tuvo influencia en la producción de CO₂, las producciones más altas fueron en los genotipos semicultivados y silvestres que en los cultivados. La producción de etileno no fue afectada por las temperaturas de 2 y 7 °C. La temperatura de 2 °C no tuvo influencia en la actividad enzimática específica de peroxidasa en hojas y brácteas y catalasa en hojas, no fue afectada por las bajas temperaturas, sin embargo la catalasa en brácteas cambió después de 48 horas de almacenamiento a 2 y 7 °C.

Palabras-clave: Daño por frío, *Euphorbia pulcherrima*, CO₂, etileno, contenido de clorofila, actividad enzimática específica.

ABSTRACT

Poinsettia plants with red cultivated genotypes ('Freedom' and 'Supjibi'), red semicultivated genotypes (Xochimilco and Chapingo) and a red wild genotype (Puebla) were stored at 2 °, 7 °C (96 % RH) and 18 °C (50 % RH) for 24 and 48 hours. The variables considered were: appearance, color and chlorophyll content (Experiment I); CO₂ and ethylene production in cut leaves (Experiment II *in vitro*); and the specific peroxidase and catalase enzymatic activity in leaves and bracts (Experiment III). Leaves stored at 2 ° and 7 °C showed a wilted appearance, but recovered afterwards at ambient temperature of 18 °C. In bracts, the temperature of 2 °C produced necrotic lesions on young bracts in cultivated genotypes ('Freedom' and 'Supjibi'). Xochimilco (semicultivated) and Puebla (wild) genotypes showed white lesions, while Chapingo (semicultivated) showed slightly white lesions. Only the wild genotype from Puebla showed changes in color components (chroma, brightness and hue) stored at 2 °C for 48 hours. There were no differences in leaf chlorophyll (Spad) at 2 °, 7 ° and 18 °C; there were only differences amongst genotypes. The 2 °C temperature had an influence in CO₂ production, while higher production was in semicultivated and wild genotypes than in cultivated genotypes. Ethylene production was not affected by 2 ° and 7 °C. Peroxidase in leaves and bracts, and catalase in leaves was not affected by low temperatures, however catalase in bracts changed after 48 hours of storage at 2 °C and 7 °C.

Key words: Chilling injury, *Euphorbia pulcherrima*, CO₂, ethylene, chlorophyll content, specific enzymatic activity.

¹Tesista.

Thesis author

²Director de tesis. Thesis director

I. INTRODUCCIÓN

Una de las ornamentales de mayor importancia en la época de decembrina es la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Los principales centros productores de esquejes y plantas en maceta de esta especie se encuentran en el estado de México, Jalisco, Morelos (Amacuzac viveros PLANTEC, Cuernavaca; Viveros Internacionales) y Xochimilco en el D.F. (Camacho *et al.*, 1989).

La venta en los mercados de las ciudades importantes es por transporte terrestre durante uno o varios días a temperaturas de 12.8 °C y protegidas con una cubierta de papel alrededor de la maceta (Tantau y Dorfflin, 1991). El mercado de plantas de nochebuena comercializa en su mayoría variedades comerciales mejoradas, algunas de las cuales presentan daños como marchitamiento de hojas, brácteas y ciatios, manchado y necrosamiento de brácteas jóvenes ocasionados por temperaturas de transporte inferiores a 12.8 °C (Scott *et al.*, 1983; Tantau y Dorfflin, 1991).

En México se comercializa otro tipo de presentación de nochebuena que se denomina "nochebuena de sol" o "nochebuena de jardín". Éstas son macetas con seis a diez estacas sembradas en bolsas de polietileno negro donde desarrollan entre 1 y 1.5 m de altura, estas macetas son compradas para ser replantadas en los jardines donde florecerán en la época de navidad. México como centro de origen de la nochebuena cuenta con genotipos silvestres que

como centro de origen de la nochebuena cuenta con genotipos silvestres que crecen en las zonas subtropicales y de transición a una altitud de 1400 msnm (Conzatti, 1988). La mayoría de los genotipos de nochebuena semicultivados están expuestos a condiciones de temperaturas más bajas, en relación a las temperaturas mínimas donde crecen los genotipos comerciales y los lugares donde se desarrollan los genotipos silvestres. Considerando esta condición es probable que existan genotipos de nochebuena con tolerancia a bajas temperaturas que se desarrollan, en zonas templadas. De acuerdo a lo planteado anteriormente el objetivo de este trabajo fue, evaluar la tolerancia a bajas temperaturas de genotipos de nochebuena silvestre, semicultivados y comerciales durante la etapa de floración. Así mismo, caracterizar el material silvestre o semicultivado de acuerdo a su tolerancia a bajas temperaturas. Es importante buscar materiales resistentes a bajas temperaturas, que pudieran constituir una fuente de resistencia para los problemas de daños por frío durante el almacenamiento y transporte de cultivares comerciales de nochebuena.

1.1 Objetivos

1. Evaluar la tolerancia a bajas temperaturas de genotipos de nochebuena silvestre, semicultivados y cultivados durante la etapa de floración.
2. Evaluar algunos cambios bioquímicos, fisiológicos y físicos de nochebuena silvestre, semicultivada y cultivada, durante el almacenamiento a bajas temperaturas y después de su transferencia a temperatura ambiente.
3. Caracterizar el material silvestre y/o semicultivado de acuerdo con su tolerancia a bajas temperaturas.

1.2. Hipótesis

1. Existen genotipos de nochebuena con tolerancia a bajas temperaturas.
2. El mejor genotipo silvestre o semicultivado con tolerancia a bajas temperaturas proviene de zonas templadas.
3. La tolerancia a bajas temperaturas está en función del tiempo de exposición a esta condición.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Flor de Nochebuena

2.1.1. Origen y distribución

Vidalei (1992) señala que esta planta es originaria de las regiones montañosas y húmedas de México y América Central; crece en estas regiones donde la temperatura media es de 18 °C, variando durante el día y noche de 33 °C a 2 °C y la precipitación anual sobrepasa los 900 mm. En México se reportan plantas silvestres en los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca (Martínez, 1978).

2.1.2. Descripción botánica

La nochebuena es un arbusto de 1 a 8 m de altura, con ramas lampiñas y hojas grandes, ovaladas o panduriformes, acuminadas, a veces pubescentes en el envés y largamente pecioladas; hojas florales lampiñas, generalmente de color rojo brillante pero a veces amarillas; involucros amarillos en cima corimbosa y con una sola glándula transversalmente hendida (Conzatti, 1988).

a). Raíz Cuando las plantas son propagadas a partir de esquejes son de tipo adventicias, no tienen una raíz pivotante; ya que al enraizarlas las raíces salen de los costados del esqueje.

b). Tallo Son inicialmente herbáceos para luego cambiar a una consistencia leñosa, a medida en que van creciendo las plantas; en su parte central son

huecos con unas membranas que los dividen en cada entrenudo (Rodríguez, 1985).

c). Hoja Presenta hojas alternas, simples y pediceladas (Rodríguez, 1985).

d). Bráctea Son hojas modificadas, generalmente cinco formando una especie de copa (ciato), normalmente de color rojo, amarillo y otras tonalidades dependiendo de la variedad (Romero, 1996).

e). Flor Se condensa en una inflorescencia, aparentando una sola flor; presenta flores de dos tipos: a) Flores masculinas que se reducen a un estambre inserto en el ápice de un pequeño pedúnculo; carecen de corola y cáliz; b) Flores femeninas que constan de una ovario tricarpelar sostenido por un pedúnculo largo (Romero, 1996).

f). Fruto Es una cápsula tricarpelar (Rodríguez, 1985).

g). Sernilla Consta de un endospermo grasoso y carnososo con carúncula sobre el micrópilo (Rodríguez, 1985).

2.2. Postproducción de nochebuena

2.2.1. Manejo durante el transporte

El mercado para las plantas de maceta de flores y las plantas de maceta en follaje ha crecido rápidamente. Estas plantas se envían a menudo a largas distancias, para la colocación eventual en almacenes de compras, restaurantes, oficinas y hogares. Durante el transporte, las plantas necesitan la protección contra condiciones extremas de la temperatura, pérdida de humedad, daños mecánicos, insectos, enfermedades y producción de etileno (Anónimo, 2001).

Trabajos realizados sobre manejo en postproducción con *Ficus benjamina* mostraron que cuando se incrementa la duración del almacenamiento en oscuridad, se disminuye la calidad postproducción (Collins y Blessington, 1982).

Para el transporte de nochebuenas hacia los lugares de venta son envueltas y colocadas en cajas por periodos de dos a siete días a temperatura de 13 °C (Nell y Barrett, 1986). La fertilización durante el desarrollo de la plantas, juega un papel importante para mantener más tiempo la calidad de las macetas de nochebuena durante el transporte (Scott *et al.*, 1982). La humedad relativa (HR) es otro factor importante que se debe considerar, Rudnicki *et al.* (1991) señalan que la HR usadas son de 90 %. Otros investigadores señalan una humedad relativa del 80 % a 7 °C y 90 % a 17 °C en nochebuenas sometidas a condiciones de simulación de transporte de siete días en oscuridad (Van Dijk *et al.*, 1991)

2.2.2. Nochebuenas con cierto nivel de tolerancia a bajas temperaturas

A medida que se ha desarrollado el cultivo de nochebuena algunos cultivares presentan daños por frío (Scott *et al.*, 1982). Por otra parte algunos cultivares evaluados en condiciones simuladas de transporte han presentado buenos resultados. Tantau y Dorfflin (1991) reporta que el cultivar Preduza almacenado a una temperatura de 8 °C durante 24 h mostraron menos síntomas de daño por frío que el testigo, estos síntomas se recuperaron después de 24 h. En el cultivar Diamond los daños fueron irreversibles en las mismas condiciones. El cultivar Gutbier V-14 Glory almacenado durante seis días a 12.8 °C en

oscuridad conservó una mayor calidad y resistencia a marchitamiento de hojas, brácteas y ciatio.

Van Dijk y Barendse (1991) estudiaron 14 cultivares de nochebuena y encontraron que 'Lilo' y 'Steffi', fueron los que presentaron una mejor calidad al término del almacenamiento a 15 °C; 80 % HR durante 7 d en oscuridad en condiciones de simulación de transporte. Como resultados de esta revisión se determina que los cultivares de nochebuena no soportan almacenamientos por 7 d a temperaturas menores de 13 °C, además que no existe información sobre los cultivares (utilizados en el experimento), así como los genotipos semicultivados y silvestre.

2.2.3. Concepto de daño por frío

El daño por frío son los cambios físicos y fisiológicos inducidos por la exposición a bajas temperaturas. Los cambios fisiológicos pueden ser considerados como daños primarios o secundarios.

- **Daños primarios:** son una rápida respuesta inicial que se produce por una disfunción en la planta, pero esta disfunción es fácilmente revertida si la temperatura es incrementada hasta condiciones donde no se produzca daño por bajas temperaturas.
- **Daños secundarios:** son disfunciones que ocurren como una consecuencia del daño primario y que no pueden ser reversible. Los

síntomas visuales característicos son la consecuencia del daño secundario por frío (Raison y Lyons, 1986).

Cuando se inician los daños por frío primero se presenta cambios a nivel metabólico (incremento del contenido de etileno), seguido de cambios a nivel celular (un incremento en permeabilidad de la membrana y salida de electrolitos) y finalmente se muestran los síntomas visuales (Paull, 1990).

2.2.3.1. Mecanismo del daño por frío

El mecanismo que sigue el desarrollo de daño por frío propone que existe una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos que están asociados con el daño por frío. Estos cambios originan una alteración en los procesos metabólicos y fisiológicos de la planta. En plantas sensibles a daños por frío este inicia con la exposición a bajas temperaturas pero que no lleguen a punto de congelamiento (entre 10 y 12 °C para especies de origen tropical). Después de esta exposición a bajas temperaturas se presenta la *Respuesta primaria* inducida por temperaturas críticas de daño por frío, donde a nivel de la membrana celular experimenta una fase física de transición de un cristal – líquido flexible a una estructura de gel sólido (Lyons, 1973; Wang, 1982).

Como consecuencia de este primer evento se presenta la *Respuesta secundaria*, donde surgen una serie de cambios en la planta produciéndose una: estimulación en la producción de etileno, incremento en la tasa de respiración, existe una interferencia en la producción de energía, hay una mayor

activación de la energía, disminución del fluido protoplasmático, incremento en la permeabilidad, reducción de la fotosíntesis y una alteración de la estructura celular. Después de estos fenómenos a nivel celular se presenta el *Efecto Directo*, por ejemplo se produce la reducción de la actividad de la PEP carboxilasa (Lyons, 1973; Wang, 1982).

Hasta este momento si la exposición a bajas temperaturas es por un corto tiempo, todos los cambios que se dieron a nivel celular pueden ser reversibles. Si el tiempo de exposición a bajas temperaturas continua los daños son irreversibles y aparecen los síntomas típicos de daño por frío como: decoloración de hojas o brácteas, mancha superficial, rompimiento interno, pérdida de la capacidad de maduración (en frutos), inhibición de crecimiento, decaimiento, etc. (Lyons, 1973; Wang, 1982).

Los eventos de respuesta primaria, secundaria, daño directo y síntomas de daño por frío, que suceden a consecuencia de las bajas temperaturas se presentan en el siguiente esquema (Figura 1).

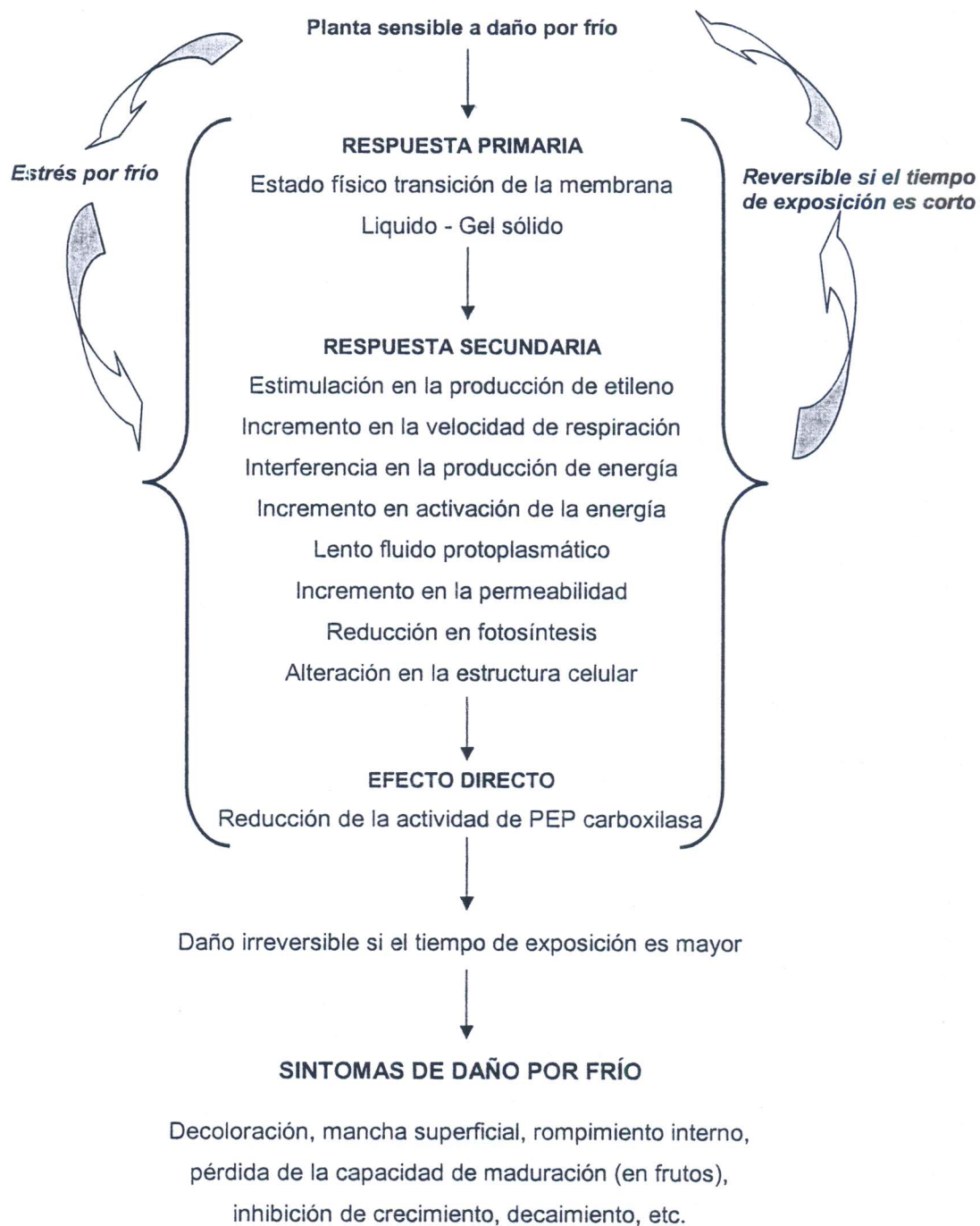


Figura 1. Esquema del mecanismo de daño por frío en plantas sensibles a bajas temperaturas (Wang, 1982).

2.2.3.2. Síntomas de daños por frío en nochebuena

La temperatura óptima para el desarrollo de las nochebuena durante el día es de 21 a 29 °C y la óptima nocturna es de 16 a 21 °C, si la temperatura es superior de 24 °C o inferior a 15 °C, la floración presenta problemas y no hay reacción al fotoperíodo. Durante la floración la temperatura óptima es de 24 °C y debe mantenerse una temperatura de 16 °C después de la coloración de las brácteas, la temperatura máxima en esta etapa es de 29 °C si se presentan temperaturas mayores a estas la planta sufre un estrés (Vidalie, 1992).

Las nochebuenas son plantas sensibles a bajas temperaturas, los brotes son los más susceptibles a sufrir daños por bajas temperaturas cuando se presentan heladas. La temperatura mínima extrema es de 13 °C produciendo un retraso en el crecimiento y se inicia una clorosis (Ecke, 1990; Vidalie, 1992). La temperatura mínima para la planta es de 16 °C permitiéndole desarrollar sus funciones pero su crecimiento es lento. En general las bajas temperaturas retrasan el crecimiento de las plantas, alteran la programación del cultivo, bajan su calidad. Las brácteas crecen pequeñas, si la temperatura es de 16 °C o menor produce un efecto adverso en la actividad radical, ocasionando una pobre absorción de nutrientes (Ecke, 1990).

Durante el transporte las plantas de nochebuena son susceptibles al manchado de hojas, caída de hojas, epinastia (Van Dijk y De Gelder, 1990), pérdida del vigor, y reducción de la tasa de crecimiento (Mckersie y Leshem, 1994). Muchos de los daños ocurren cuando las plantas son almacenadas a 5 °C y

aumentan al incrementar el tiempo de almacenamiento (Van Dijk y De Gelder, 1990).

Scott *et al.* (1983) mencionan que el cultivar Gutbier V-14 Glory almacenados a 7.2 °C durante seis y nueve días, las brácteas presentan marchitamiento como síntomas de daño por frío. El cultivar Gutbier V-10 Amy sometido a condiciones de 4 °C durante siete días de almacenamiento presentó síntomas de daño por frío, apareciendo lesiones en brácteas, con un mayor daño en brácteas pequeñas menores a 2.5 cm de longitud (Nell y Barrett, 1986). En el cultivar Diamond presentó una reducción en la absorción de agua, marchitamiento, epinastia en hojas jóvenes, reducción en el contenido de citocininas, mayor concentración de prolina, reducción de la actividad fotosintética y reducción de la transpiración como daño por frío (Tantau y Dörffling, 1991). La mayoría de las plantas sometidas a bajas temperaturas detienen su crecimiento, y si estas sufrieron algún daño, estos daños serán permanentes y cuando son transferidas a condiciones más cálidas el grado del daño se incrementa. Si las plantas no sufrieron algún daño ocasionado por bajas temperaturas, al ser transferidas a condiciones más cálidas presentaron una recuperación (Mackersie y Leshem, 1994).

2.2.3.3. Efecto del daño por frío en la fisiología de la planta

2.2.3.3.1. Apariencia y calidad

Las plantas antes de la venta deben tener la mejor apariencia y calidad, algunas plantas durante el transporte y el almacenamiento antes de llegar a los lugares de venta, presentan problemas de disminución de la calidad, causada por daños por frío tales como: decoloración, abscisión, marchitamiento, daños físicos y daños por enfermedades (Rudnicki *et al.*, 1991), reducción del metabolismo, pérdida de agua, disminución de crecimiento y desarrollo (Reid, 1991). *Aglaonema nitidum*, *A. x Fransher* y *A. x Silver Queen* una ornamental de follaje, cuando es sometida a temperaturas de 4.4 °C durante 36 y 72 h, aparecen síntomas de daños por frío en hojas (Hummel y Henny, 1986), *Episcia* spp. pierde calidad cuando es almacenada a 5 °C ya que se presentan manchas acuosas color café en el área intervenal de la hoja, que son más severas en hojas jóvenes. En *Diffenbachia* spp. el daño se inicia como áreas de manchas acuosas cerca del margen y debajo de la hoja (McMahon *et al.*, 1994). En gerbera (*Gerbera jamesonii*) las hojas se amarillan por efecto de bajas temperaturas durante el almacenamiento a 5 °C durante una y tres noches (Savé *et al.*, 1995). En inflorescencias de *Grevillea* spp. almacenadas a 5 °C se reduce la calidad por abscisión de flores y periantos (Joyce *et al.*, 2000). El etileno también disminuye la calidad en rosas y kalanchoe al causar senescencia en hojas, pétalos y flores completas (Serek y Reid 1994, 2000).

En nochebuena también se presenta problemas por disminución en la calidad causados por daño por frío durante el transporte y almacenamiento antes de llegar a su sitio de venta (Staby, 1978 y 1979; Scott *et al.*, 1983, 1984a y 1984b; Nell y Barrett, 1986; Miller y Heins, 1986). Los cultivares Annette Hegg Supreme y Annette Hegg Dark Red en vueltas en papel, mantuvieron su calidad al ser almacenadas a 10 °C. A temperaturas de 2 y 7 °C se presentan daños por frío caracterizado por un cambio de color en las brácteas tornándose a un color azulado acompañado de una epinastia en pecíolos de hojas (Staby, 1978). Investigaciones posteriores en 'Gutbier V-14 Glory' envueltas en papel y almacenadas en oscuridad a 12.8 °C mantuvieron la mejor calidad después de seis días. En comparación con el almacenamiento a 7.2 °C sin cubierta de papel, donde se presentaron daños por frío manifestados como: abscisión en hojas y brácteas, manchas blancas en brácteas, y menor retención de ciatio. A 18.3 °C la calidad fue menor que a 12.8 °C posiblemente debido a la reducción en el índice de senescencia (Scott *et al.*, 1983).

Nell y Barrett (1986) encontraron que en los cultivares Gutbier V-10 Amy y Annette Hegg Dark Red, bajo condiciones simuladas de transporte a temperaturas de 16 y 24 °C durante 30 días, se presentó abscisión del ciatio después de siete días. El cultivar Amy almacenado a 4 °C perdió calidad debido a la aparición de lesiones blancas en brácteas después de siete días de almacenamiento. En 'Annette' también se reportan ligeras lesiones blancas únicamente en brácteas jóvenes. La calidad de la plantas de nochebuena esta relacionada con la fertilización, los cultivares Annette Hegg Dark Red y Gutbier

V-14 Glory fertilizadas con osmocote (14 N, 6.1 P, 11.6 K) a una dosis de 9 g·maceta⁻¹, durante seis días de almacenamiento en oscuridad, a 18 °C y un HR de 60 %. Tuvieron menos pérdida de brácteas, mayor peso fresco y la mejor calidad después de 30 días (Scott *et al.*, 1984a).

2.2.3.3.2. Color

El color se puede medir a partir del Sistema de Notación de Color Munssell, este sistema asigna valores numéricos a las tres propiedades del color: matiz, valor y croma. Otro sistema para medir color es el CIE, este sistema usa tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen: CIE XYZ, CIE $L^*a^*b^*$ donde L^* define la claridad, a^* denota el valor de rojo/verde y b^* el valor amarillo/azul, y CIE $L^*C^*h^\circ$ donde L^* define el valor claroscuro: que es trazado verticalmente en el gráfico del espacio del color, con los colores más oscuros hacia abajo y los más claros hacia arriba; C^* especifica el valor de croma: donde un color muy intenso o saturado posee un croma elevado y se aleja más en dirección horizontal del centro del espacio del color y h° denota el ángulo en una medición polar, que es el color básico de un objeto (rojo, amarillo o verde) y se encuentra ubicado en el perímetro del espacio del color (Anónimo, 2002). El daño por frío causado por la exposición a bajas temperaturas en plantas sensibles, disminuye el contenido de clorofilas y carotenoides que dan el color rojo, naranja y amarillo, este daño ocasiona una disminución en la capacidad de sintetizar pigmentos carotenoides (Lyons, 1973; Wise y Naylor, 1987).

En frutas se presenta pérdida de color por daño por frío con una decoloración y oscurecimiento posterior de epidermis o cáscara, en plátano, aguacate, mango, papaya, cítricos (Lyons, 1973; Couey, 1982). El etileno puede causar abscisión y malformación en hojas, pétalos y flores (Rudnicki *et al.*, 1991). Investigaciones realizadas en nochebuena almacenadas a 18 °C y HR 60 % durante 14 días, presentaron disminución de la apariencia de la planta y el cambio de color en brácteas, acompañado de marchitamiento de hojas y ciatio (Scott *et al.*, 1984 b; Rudnicki *et al.*, 1991). Resultados similares se han reportado por Nell *et al.* (1995), quien menciona que si existen temperaturas menores a 13 °C durante el transporte de nochebuena se puede presentar una decoloración de las brácteas.

2.2.3.3.3. Clorofilas

Las clorofilas son los pigmentos fotosintéticos más importantes y son las moléculas cromóforas que interviene más directamente en el proceso de absorción y conversión de la energía luminosa. En las hojas verdes se presenta la clorofila *a* y clorofila *b* (De las Rivas, 2000). Uno de los síntomas por daños por frío es la reducción en el contenido de clorofila (Guy, 1990), esta reducción en el contenido de clorofila, en el caso de *Episcia reptans* y *Diffenbachia maculata* indica la presencia de daños por bajas temperaturas (McMahon *et al.*, 1994). Cuando ocurre una reducción en las tasas fotosintéticas a consecuencia de daños por bajas temperaturas en plantas sensible, se produce también una disminución o se detiene la formación de

clorofila; en casos de daños muy severos por bajas temperaturas se promueve una autólisis celular y senescencia (Wang, 1982).

La pérdida de clorofila se presenta como un amarillamiento en las hojas, ocasionada por un efecto de fotooxidación en presencia de luz y más lentamente en condiciones de oscuridad (Saltveit y Morris, 1990). Para conocer la concentración de clorofila en una muestra vegetal se puede determinar a partir de la extracción de clorofila con acetona al 80 % o con N,N-dimetilformamida (Morari, 1982). Sin embargo, también se puede medir mediante un medidor portátil de clorofila SPAD-502 Chlorophyll Meter (Soil Plant Analysis Development). Éste medidor de clorofila determina la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja a 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm (Sainz y Echeverria, 1998; Rodríguez *et al.*, 1998).

2.2.3.3.4. Respiración (emisión de CO₂)

La respiración en plantas es el conjunto de reacciones mediante las cuales los azúcares sintetizados durante la fotosíntesis son oxidados a CO₂ y H₂O, liberando energía que es transformada principalmente a ATP; la producción de CO₂ proviene de la oxidación de compuestos de carbono y esta emisión de CO₂ al igual que el consumo de O₂ pueden ser utilizados para medir la tasa de respiración de las plantas (Ribas y Gonzáles, 2000). En plantas sensibles a frío se presentan alteraciones en la respiración (Lyons, 1973; Levitt, 1980; Mackerrsie y Leshem, 1994). Trabajos realizados con inflorescencias de

Grevillea 'Sylvia' almacenadas a 0, 5, 10 y 20 °C durante 18 días, presentaron menores tasas de respiración al disminuir la temperatura de almacenamiento (Joyce *et al.*, 2000). Lyons (1973) menciona que cuando hojas de pepino son expuestas a temperaturas bajas la respiración disminuye, pero cuando estas son llevadas a temperaturas más cálidas la respiración se incrementa. Este comportamiento también se presenta en frutos (Mackersie y Leshem, 1994). Cuando se presenta una respiración elevada durante el almacenamiento a bajas temperaturas es seguido de síntomas externos visibles de daño por frío (Lyons, 1973).

2.2.3.3.5. Etileno

El etileno es una de las estructuras químicas más simples con actividad en forma de gas (C_2H_4), esta presente en actividades de germinación, maduración, senescencia. Puede actuar como una señal ante diferentes tipos de estrés en las plantas, activado por distintas causas: heridas, deficiencias hídricas, altas o bajas temperatura entre otros (Zacarías y Lafuente, 2000). Paull (1990) menciona que cuando se inician los daños por frío primero se presenta cambios a nivel metabólico por lo que se incrementa el contenido de etileno. El tiempo de exposición a bajas temperaturas para el inicio en la producción de etileno puede variar desde una hora en especies tropicales como *Episcia reptans*, hasta varios días como en el caso de pepino (Yi y Patterson, 1985). En frutos de kiwi sometidos a temperaturas de 0, 5 y 10 °C presentaron una mayor síntesis de etileno, comparado con los frutos que se mantuvieron a 20 °C. Este incremento en la biosíntesis de etileno fue debido al incremento de la actividad

de la ACC sintasa (1-aminociclopropano-1-carboxílico sintasa =ACS) y ACC oxidasa (1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidoreductasa= ACO) después de ser colocados a una temperatura más caliente de 20 °C (Antunes y Sfakiotakis, 2002). En estudios realizados sobre *Ixora coccinea* sometida a temperaturas de 3 y 9 °C durante tres días y posteriormente llevados a temperatura de 20 °C, produjo abscisión en hojas tres días después del tratamiento, incrementándose los niveles de etileno debido a la acumulación de ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) durante el periodo de daño por frío (Michaeli *et al.*, 1999).

2.2.3.3.6. Peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD)

La peroxidasa es una enzima que cataliza reacciones de oxido-reducción y es clasificada como una enzima oxido reductora. Algunos productos de la respiración aeróbica como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), es destruido por la peroxidasa. Estudios realizados en hojas de pepino sometidas a condiciones de frío presentaron una reducción significativa de la actividad de enzimática de peroxidasa (Zhaozhong *et al.*, 2003). Trabajos realizados en semillas de pepino inhibidas en agua destilada (testigo) y triadimefon ($10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), sometidas a bajas temperaturas de 6/3 °C en luz/oscuridad durante cuatro días, presentaron una disminución de la actividad enzimática en comparación con el testigo (Feng *et al.*, 2003). Otros trabajos realizados durante el crecimiento radical en plántulas de pepino, bajo tratamiento de 48 h a 2.5 °C y su posterior cambio a 25 °C durante 48 h. Mostraron un incremento en la actividad de la peroxidasa después de que las plántulas fueron transferidas a 25 °C, esto se debe a que

durante el tratamiento de 2.5 °C las plántulas sufrieron daños por frío y se acentuó más después de ser llevadas a condiciones más cálidas (Ho y Saltveit, 2002).

2.2.3.3.7. Catalasa (EC. 1.11.1.6.; CAT)

La catalasa es una enzima que se encuentra en las células de los tejidos animales y vegetales. La función de esta enzima en los tejidos, es catalizar la conversión de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a $H_2O + \frac{1}{2} O_2$. El H_2O_2 es una molécula tóxica que es generada en el peroxisoma cuando el glicolato es oxidado a glioxilato (Mendrano y Flexas, 2000). Estudios realizados en pepino (*Cucumis sativus* L.) para disminuir el daño por frío en plántulas utilizando triadimefon, mostraron que las plántulas que presentaron daño por frío disminuyeron la actividad enzimática de la catalasa (Feng *et al.*, 2003; Guy, 1990; Zhaozhong *et al.*, 2003). Otros investigadores señalan que en plantas de pepino que presenta cierta tolerancia a daños por frío, la actividad de la catalasa es más alta que en plantas sensibles a daño por frío, donde se observa una disminución en la actividad enzimática (Kuk *et al.*, 2003; Lee y Lee, 2000; Feierabend *et al.*, 1992). En tabaco también se han encontrado resultados similares en reducción de la actividad de catalasa al presentarse daños por frío (Gechev *et al.*, 2003; Chamnongpol *et al.*, 1998).

GPS 12 Gramin. La zona tiene un clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año; una temperatura media anual mayor a 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C y el mes más cálido de 30 °C, con una precipitación media anual de 2233 mm (Anónimo, 1988).

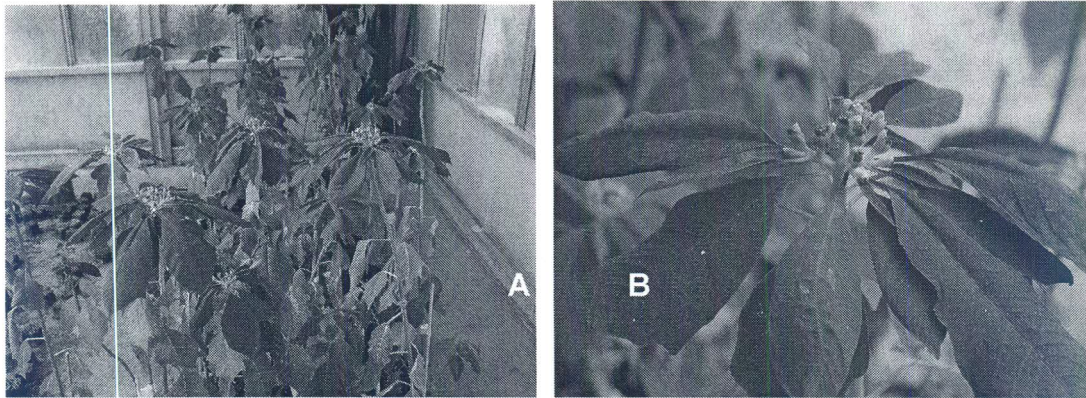


Figura 2. Plantas (A) y flor (B) de nochebuena Puebla silvestres.

3.2.2. Estado de México

Se colectaron estacas de genotipos semicultivados o de jardín de color rojo (Figura 3 A y 3 B) de 30 cm de largo, en las áreas verdes de la Universidad Autónoma Chapingo, en los jardines del Departamento de Agroindustrias. Localizado a 19°29'25.0" Latitud Norte y 98° 53' 05.6" Longitud Oeste, a una altitud de 2250 msnm en promedio. Con un clima tipo Cb(w₀)(w)(i')g y una temperatura promedio de 15.2 °C y un precipitación promedio anual de 636.5 mm. La temperatura promedio del mes más frío es de 11.8 °C y del mes más cálido es de 17.9 °C (García, 1988).

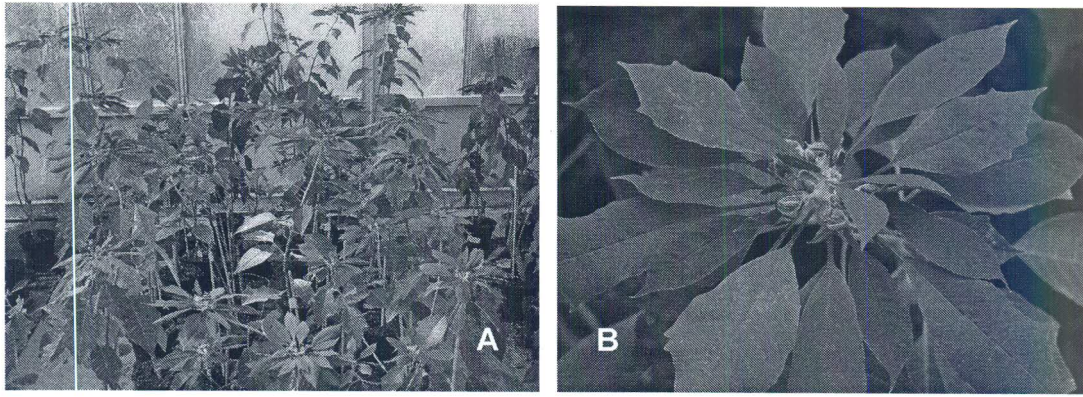


Figura 3. Plantas (A) y flor (B) de nochebuena Chapingo simicultivada.

3.2.3. Distrito Federal

Se compraron estacas enraizadas de genotipos semicultivado o de sol de color rojo (Figura 4 A y 4 B) en el mercado Madre Selva de Xochimilco, D. F. Localizado a 19°16' Latitud Norte y a 99°06' Longitud Oeste, a una altitud de 2240 msnm. Con un clima tipo Cb (w_2)(w)(i')w", con una temperatura promedio anual de 15.9 °C y un precipitación de 1096.8 mm. La temperatura promedio del mes mas frío es de 12 °C y la del mes más cálido es de 18.2 °C (García, 1988).

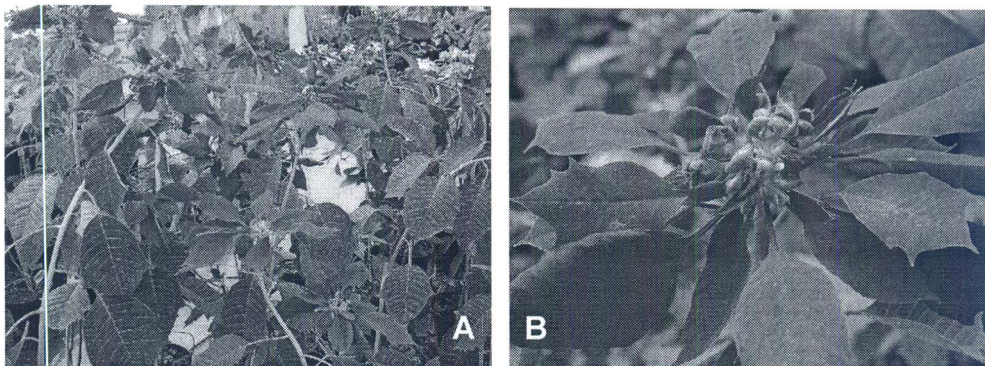


Figura 4. Plantas (A) y flor (B) de nochebuena de Xochimilco semicultivada.

3.2.4. Estado de Morelos

Los genotipos cultivados de los cultivares Freedom y Supjibi color rojo (Figura 5 A y 5 B y Figura 6 A y 6 B), se compraron en la empresa Viveros PLANTEC, en la comunidad de Amacuzac del estado de Morelos localizada a 18°35' LN y 99°22' LW y a una altitud de 900 msnm. Se encuentra en la zona de influencia de Puente de Ixtla, donde existe un clima tipo $Aw''_o(w)(e)g$ y una temperatura promedio anual de 24.5 °C y una precipitación de 1187 mm. La temperatura promedio del mes más frío es de 20.8 °C y la del mes más cálido es de 28.3 °C (García, 1988).

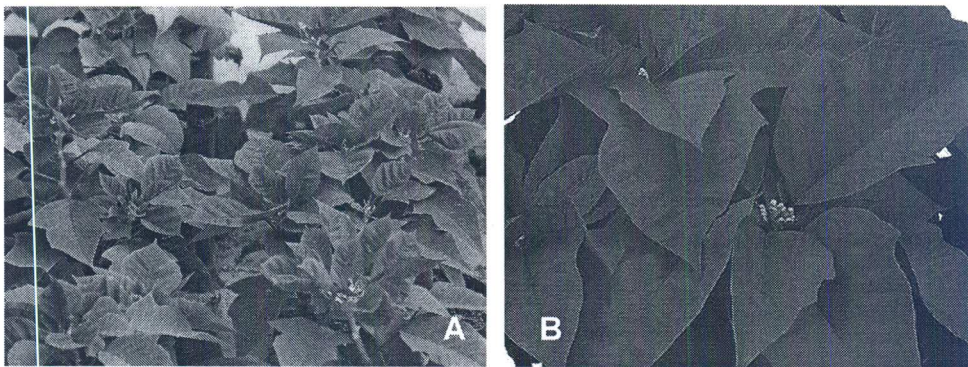


Figura 5. Plantas (A) y flor (B) de nochebuena cultivadas 'Freedom'.

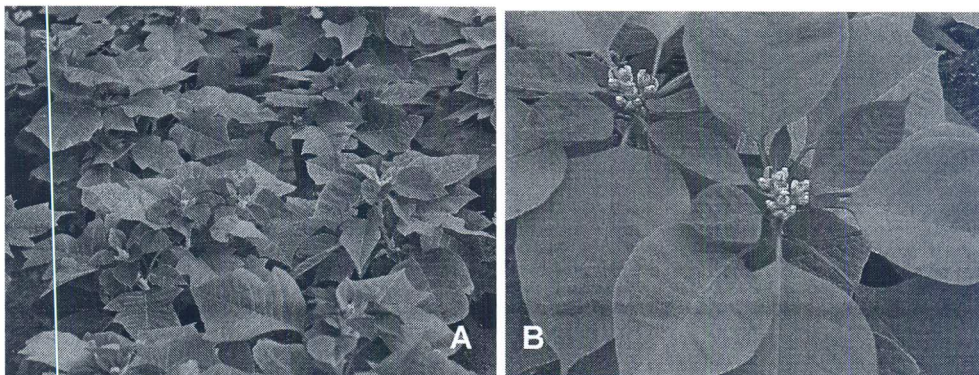


Figura 6. Plantas (A) y flor (B) de nochebuena cultivada 'Supjibi'.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La parte experimental se llevó a cabo de julio a diciembre en los invernaderos de posgrado (1 de julio al 9 de noviembre de 2003), el Laboratorio de Fruticultura y el Laboratorio de Usos Múltiples del Departamento Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Localizada a 19°29'25.0" LN y 98° 53' 05.6" LW, a una altitud de 2250 msnm, con un clima tipo Cb(w₀)(w)(i')g (García, 1988).

3.2. Material vegetal

Se utilizaron plantas de nochebuena silvestre, semicultivadas y cultivadas, la colecta de material vegetal silvestre y semicultivado, se realizó en los siguientes lugares:

3.2.1. Sierra Norte de Puebla

Se colectaron estacas de genotipos silvestres de color rojo (Figura 2 A y 2 B) de 30 cm de longitud. El lugar de colecta fue en la Sierra Norte de Puebla en la comunidad de Pahuatlán de Valle, que se localiza en las siguientes coordenadas geográficas: paralelos 20° 13' 12" y 20° 21' 98" Latitud Norte y los meridianos 98° 04' 18" y 98° 12' 12" de Longitud Oeste. Colinda al Norte con Tlacuilotepec y el estado de Hidalgo, al Sur con Naupan y el estado de Hidalgo, al Oeste con Naupan y Tlacuilitepec y al Poniente con el estado de Hidalgo y Honey. La altitud de colecta fue de 1400 msnm en promedio medida con un

3.2.5. Reproducción del material

Los materiales de genotipos silvestres fueron colectados el 13 de enero de 2003 en la localidad de Pahuatlan, Puebla, se cortaron varas de 1.20 m de longitud para su transporte. Los genotipos semicultivados Chapingo fueron colectados el 17 de enero de 2003, y los genotipo de Xochimilco se compraron en el mercado de Madres Selva el día 2 de diciembre de 2002. Para los materiales colectados se cortaron estacas de 30 cm, después de ser recortadas y rayadas en la parte inferior y luego se aplicó enraizador (Raizone Plus 5000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) a continuación se plantaron en macetas de 7 pulgadas con un sustrato de tierra de hoja. El material de Xochimilco fue separado de las bolsas a macetas de 7 pulgadas con sustrato de tierra de hoja y se podaron.

Para los genotipos comerciales se adquirieron esquejes el 25 de junio de 2003, en la empresa Viveros PLANTEC de la localidad de Amacuzac Morelos, estos esquejes ya estaban enraizados y plantados en macetas de dos pulgadas con un sustrato comercial. Al llegar a los invernaderos fueron transplantados en macetas de seis pulgadas, con un sustrato comercial.

3.2.6. Sustrato comercial

El sustrato utilizado para el desarrollo de los esquejes en macetas de seis pulgadas fue adquirido en la empresa viveros PLANTEC, este sustrato ya viene esterilizado en bolsas de 40 kg. Esta mezcla contiene: 40 % de polvo de coco, 40 % de tepojal cribado, 20 % de composta y 3 kg de osmocote por m^3 . Las características físicas y químicas de este sustrato se encuentran en el Anexo 1.

3.2.7. Manejo

a) **“Pinchado”**. A los materiales comerciales ‘Freedom’ y ‘Supjibi’ se les realizó un “pinchado” (poda para romper la dominicana apical y producir brotes) a 6 hojas después de de ser transplantados (2 de junio de 2003).

b) **Fertilización**. Durante la etapa de desarrollo (inicio 6 de junio 2003) se aplicó fertilizante soluble Peters professional 15-05-25 Poinsettia Peat-Lite Special, a una dosis de $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, dos veces por semana, alternado con $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Para la etapa de inducción a floración (inicio 19 de septiembre 2003) se utilizó fertilizante de finalización de nochebuena Peter profesional 15-20-25 Poinsettia Finisher, alternando una fertilización con $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de nitrato de calcio, hasta el desarrollo de brácteas donde sólo se realizaron riegos con agua.

c) **Inducción a floración**. A partir del día 19 de septiembre de 2003 se inicio la inducción a floración de todos lo genotipos. Se colocó un plástico negro para evitar la luz, tapando las plantas en invernadero a las 6:00 pm y destapándolas al siguiente día a las 9:00 am, por un periodo de siete semanas.

3.3. Estudio de la tolerancia a bajas temperaturas de genotipos de nochebuena

3.3.1. Experimento I: Daños físicos por bajas temperaturas

3.3.1.1. Diseño del experimento para evaluar: apariencia, color y clorofila

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial 5 x 3, donde los bloques fueron las *Temperatura de almacenamiento* (BLO₁= 2 °C, BLO₂= 7 °C y BLO₃= 18 °C) y los factores evaluados fueron: *Genotipos* (V₁= Xochimilco, V₂= Chapingo, V₃= Puebla, V₄= 'Freedom' y V₅= 'Supjibi') y *Tiempo de exposición* (N₁= 0 h, N₂= 24 h y N₃= 48 h). Al promedio de cuatro repeticiones de los datos obtenidos se les realizó un ANAVA y una prueba de comparación de medias (Tukey) con un $\alpha=0.05$.

3.3.1.2. Descripción de Tratamientos

Plantas en maceta durante la etapa de floración en los diferentes genotipos (a partir del 10 noviembre de 2003), fueron almacenadas a 2 y 7 °C (cámaras de frío, 96 % HR), y 18 °C (laboratorio 50 % HR), con tiempos de exposición de 0, 24 y 48 h de tratamiento, posteriormente se llevaron a 18 °C durante 24 y 48. La unidad experimental fueron dos brácteas y dos hojas por maceta con cuatro repeticiones de los diferentes genotipos, donde se evaluó apariencia, color y clorofila. La descripción de todos los tratamientos se encuentra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos en plantas de nochebuena en etapa de floración almacenadas a 2, 7 y 18 °C para evaluar apariencia, color y clorofila.

Bloques	Genotipos	Tiempo de exposición (h)	Plantas
I (2 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	0 (i)	
	Puebla	24 y 48 (T)	
	'Freedom'	24 y 48 (PT)	20
	'Supjibi'		
II (7 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	0 (i)	
	Puebla	24 y 48 (T)	
	'Freedom'	24 y 48 (PT)	20
	'Supjibi'		
III (18 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	0 (i)	
	Puebla	24 y 48 (T)	
	'Freedom'	24 y 48 (PT)	20
	'Supjibi'		

h= horas; i= Tiempo inicial a 18 °C; T= Tiempo de almacenamiento a 2, 7 y 18 °C; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

3.3.1.3. Apariencia y calidad (hojas y brácteas)

Para medir la apariencia de las plantas durante el experimento, se elaboró una escala subjetiva de acuerdo con los síntomas de daño por frío en hojas y brácteas donde se asignaron los siguiente valores: 4= Planta sana, 3= Planta con marchitamiento, 2= Planta con manchado, 1= Planta con necrosis y 0= Muerte total. La evaluación se realizó en hojas y brácteas donde la unidad experimental fue una maceta con cuatro repeticiones por genotipo en cada tratamiento. Estas mediciones se realizaron a las 0, 24 y 48 h de almacenamiento a 2, 7 °C y 18 °C (testigo), así como a las 24 y 48 h posteriores a los tratamientos exposición una vez llevadas a 18 °C.

3.3.1.4. Color

Esta variable se evaluó con un colorímetro espectrofotómetro X-Rite, se reportaron los valores de los componentes del color: luminosidad (L), croma ($a^2 + b^2$)^{1/2}; el grado de cambio de gris hacia el color cromático puro) y el ángulo de tono (hue) ($\theta = \tan^{-1}(b/a)$; 90 = amarillo puro, 0 = rojo puro) (Anónimo, 2002). Se tomaron mediciones en dos brácteas por maceta en cuatro macetas por tratamiento, en las brácteas seleccionadas fue marcada un área aproximada de 2 cm² donde se realizaron todas las mediciones. En cada área se realizaron dos mediciones pero se presenta la media de las dos observaciones: L, c y h. Estas mediciones se realizaron a las 0, 24 y 48 h de almacenamiento a 2, 7 °C y 18 °C (testigo), así como a las 24 y 48 h posteriores a los tratamientos exposición una vez llevadas a 18 °C.

3.3.1.5. Concentración de clorofilas (SPAD)

La concentración de clorofilas fue medida de manera directa en las hojas con un medidor de clorofila Minolta SPAD 502 Chlorophyll Meter. Este medidor de clorofila mide la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja a 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm (Sainz y Echeverria, 1998). Se utilizaron dos hojas por maceta las cuales se marcaron para poder muestrear constantemente. Estas mediciones se realizaron a las 0, 24 y 48 h de almacenamiento a 2, 7 °C y 18 °C (testigo), así como a las 24 y 48 h posteriores a los tratamientos exposición una vez llevadas a 18 °C.

3.3.2.1. Diseño del experimento para evaluar: respiración (CO₂) y producción de etileno

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial 5 x 3, donde los bloques fueron las *Temperatura* (BLO₁= 2 °C, BLO₂= 7 °C y BLO₃= 18 °C) y los factores evaluados fueron: *Genotipos* (V₁= Xochimilco, V₂= Chapingo, V₃= Puebla, V₄= 'Freedom' y V₅= 'Supjibi') y *Tiempo de exposición* (N₁= 1 h, N₂= 3 h y N₃= 2 h). Al promedio de cuatro repeticiones de los datos obtenidos se les realizó un ANAVA y una prueba de comparación de medias (Tukey) con un $\alpha=0.05$.

3.3.2.2. Descripción de Tratamientos

En el experimento *in vitro* de los diferentes genotipos para evaluar la respiración y producción de etileno (a partir del 10 de noviembre de 2003), la unidad experimental fueron tres hojas colocadas en un recipiente rectangular de 400 mL, con cuatro repeticiones por genotipo. Estos recipientes se mantuvieron a 18 °C durante 1 h, después 3 h a 2, 7 y 18 °C, después del tratamiento se llevaron a una temperatura de 18 °C durante 2 h. La descripción completa de todos los tratamientos se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos en hojas separadas (*in vitro*) de nochebuena para evaluar la respiración y producción de etileno.

Bloques	Genotipos	Tiempo de exposición (h)	Plantas
I (2 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	1 (i)	
	Puebla	3 (T)	
	'Freedom'	2 (PT)	20
	'Supjibi'		
II (7 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	1 (i)	
	Puebla	3 (T)	
	'Freedom'	2 (PT)	20
	'Supjibi'		
III (18 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	1 (i)	
	Puebla	3 (T)	
	'Freedom'	2 (PT)	20
	'Supjibi'		

h= horas; i= Tiempo inicial a 18 °C; T= Tiempo de almacenamiento a 2, 7 y 18 °C;
PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

3.3.2.3. Respiración (CO₂) y producción de etileno

La producción de etileno y dióxido de carbono se evaluó (*in vitro*) con 3 hojas separadas en un recipiente de plástico de un volumen de 400 mL, al cual se le adaptó en un costado un tubo de vidrio y una manguera de hule. El recipiente se cerró herméticamente durante 1 h a temperatura de laboratorio (18 °C), posteriormente se tomó una muestra de gas de 5 mL con una aguja hipodérmica y se almacenó en un vacutainer (al vacío) con la misma capacidad a -20 °C hasta su evaluación. Al término de esta hora se ventiló el recipiente y luego se cerró herméticamente, colocándolo en cámaras refrigeradas a 2 y 7 °C, más el testigo a 18 °C. Después de 2 h se sacaron los recipientes, se tomó nuevamente otra muestra de 5 mL de gas y se almacenó, el recipiente se ventiló y fue cerrado herméticamente; quedándose a temperatura de laboratorio (18 °C) durante 3 h después de las cuales se tomó nuevamente otra muestra. La unidad experimental fueron 3 hojas separadas con cuatro repeticiones por tratamiento. La identificación y cuantificación de etileno y CO₂ se realizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 Serie II con columna de silica fundida y fase estacionaria paraplott Q, detectores de ionización de flama y de conductividad térmica. Las temperaturas del horno, inyector y detector fueron 80, 150 y 150 °C, respectivamente, utilizando helio como gas de arrastre.

3.3.3. Experimento III: Actividad enzimática específica

3.3.3.1. Diseño del experimento para evaluar: la actividad enzimática específica de peroxidasa y catalasa en hojas y brácteas

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial 5 x 3, donde los bloques fueron las *Temperatura* (BLO₁= 2 °C, BLO₂= 7 °C y BLO₃= 18 °C) y los factores evaluados fueron: *Genotipos* (V₁= Xochimilco, V₂= Chapingo, V₃= Puebla, V₄= 'Freedom' y V₅= 'Supjibi') y *Tiempo de exposición* (N₁= 0 h, N₂= 24 h y N₃= 48 h). Al promedio de cuatro repeticiones de los datos obtenidos se les realizó un ANAVA y una prueba de comparación de medias (Tukey) con un $\alpha=0.05$.

3.3.1.2. Descripción de Tratamientos

Plantas en maceta durante la etapa de floración en los diferentes genotipos (a partir del 10 noviembre de 2003), fueron almacenadas a 2 y 7 °C (cámara de frío, 96 % HR) y 18 °C (laboratorio 50 % HR), con tiempos de exposición de 0, 24 y 48 h de tratamiento. La unidad experimental fueron seis hojas y seis brácteas por maceta, con dos repeticiones de los diferentes genotipos, donde se evaluó la actividad específica de las enzimas peroxidasa y catalasa en hojas y brácteas. La descripción de todos los tratamientos se encuentra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de tratamientos en hojas y brácteas de nochebuena para evaluar la actividad enzimática específica de peroxidasa y catalasa.

Bloques	Genotipos	Tiempo de exposición (h)	Plantas
I (2 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	0 (i)	
	Puebla	24 (T)	
	'Freedom'	48 (T)	10
	'Supjibi'		
II (7 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	0 (i)	
	Puebla	24 (T)	
	'Freedom'	48 (T)	10
	'Supjibi'		
III (18 °C)	Xochimilco		
	Chapingo	0 (i)	
	Puebla	24 (T)	
	'Freedom'	48 (T)	10
	'Supjibi'		

h= horas; i= Tiempo inicial a 18 °C; T= Tiempo de almaenamiento a 2, 7 y 18 °C.

3.3.3.3. Enzimas

3.3.3.3.1. Proteína soluble

La proteína soluble se determinó por el método de Bradford (1976) con las siguientes modificaciones, usando 1.0 g de hoja o bráctea en fresco, se mezclaron con 5 mL de Tris-HCl frío, 0.1 mM (pH 7.1) conteniendo 1 % polivinilpirrolidona (PVP) en un homogenizador de tejidos durante 40 segundos. La mezcla se centrifugó a 12,000 x g por 25 minutos en una centrífuga refrigerada a 4 °C. Para cuantificar la proteína soluble se usaron 0.05 mL de sobrenadante en hoja y 0.1 mL en bráctea, se adicionaron 5 mL de la solución Coomassie Blue, se agitó y registró el incremento de absorbancia a 595 nm a sensibilidad alta. La cuantificación se realizó mediante una curva de calibración con albúmina de bovino.

3.3.3.3.2. Peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD)

La actividad de la POD se realizó de acuerdo con Flurkey y Jen (1978), con las siguientes modificaciones: 1.0 g de tejido fresco de hoja o bráctea, se mezclaron con 5 mL de Tris-HCl frío, 0.1 mM (pH 7.1) conteniendo 1 % PVP en un homogenizador de tejidos, durante 40 segundos, posteriormente la mezcla se centrifugó por 25 minutos a 12,000 x g a 4 °C. Para la cuantificación el volumen total tomado para hojas fue de 3.025 mL y para brácteas de 3.05 mL donde: se toman 2.7 mL de amortiguador Tris-HCl, 100 mM (pH 7.1), 0.2 mL de guayacol 0.1 M, 0.1 mL de peróxido de hidrógeno 0.25 %, más 0.025 mL del sobrenadante en hojas y 0.05 mL en brácteas. En ambos casos, estas

cantidades de sobrenadante permiten que la absorbancia quede dentro de los límites de la curva. Se evaluó el cambio de absorbancia durante 2 minutos a 470 nm en sensibilidad media. La actividad enzimática se reporta como $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco donde U = Unidad de actividad enzimática y una unidad es igual a la formación de 1 μmol de tetraguaicol·minuto. Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente entre 22-24 °C.

3.3.3.3.3. Catalasa (EC. 1.11.1.6; CAT)

En hoja. La CAT se extrajo de hojas en fresco (1.0 g) se mezclaron con 5 mL de Tris-HCl frío, 0.1 mM (pH 7.1) conteniendo 1 % PVP en un homogenizador de tejidos durante 40 segundos. La mezcla se centrifugó a 12,000 x g por 20 minuto en una centrífuga refrigerada a 4 °C. La actividad de CAT se evaluó mediante el método descrito por Lück, citado por Blackwell *et al.* (1990) 2.9 mL de 10 mM Tris-HCl (pH 7.1) y 0.1 mL de peróxido de hidrógeno 0.88 % en 100 mM de Tris-HCl se colocaron en la celda del espectrofotómetro. La reacción se inició adicionando 0.015 mL de extracto crudo de hoja, se observó el cambio en absorbancia a 240 nm en sensibilidad media y la actividad enzimática se reportó como $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco donde U = Unidad de actividad enzimática y una unidad es igual a la descomposición 1 μmol ·minuto de H_2O_2 y se realizaron mediciones a temperatura ambiente (22 a 24 °C).

b) En bráctea. La CAT se extrajo en fresco (0.2 g) se mezclaron con 5 mL de Tris-HCl frío, 0.1 mM (pH 8.5) conteniendo 1 % PVP en un homogenizador de tejidos durante 40 segundos. La mezcla se centrifugó a $12,000 \times g$ por 20 minuto en una centrifuga refrigerada a 4 °C. La actividad de CAT se evaluó mediante el método descrito por Lück, citado por Blackwell *et al.* (1990), 2.84 mL de 10 mM Tris-HCl (pH 8.5) y 0.1 mL de peróxido de hidrógeno 0.88 % en 100 mM de Tris-HCl fueron colocados en la celda del espectrofotómetro. La reacción se inició adicionando 0.060 mL de extracto crudo de bráctea; se observó el cambio en absorbencia a 240 nm a sensibilidad media y la actividad enzimática se reportó como $U \cdot g^{-1}$ de peso fresco donde U = Unidad de actividad enzimática y una unidad es igual a la descomposición $1 \mu mol \cdot min^{-1}$ de H_2O_2 . Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente (22 a 24 °C).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio de la tolerancia a bajas temperaturas de genotipos de nochebuena

4.1.1. Experimento I: Daños físicos por bajas temperaturas

4.1.1.1. Apariencia en hojas

El almacenamiento de plantas de nochebuena en cámaras de frío a 2 y 7 °C durante 24 y 48 h, y su posterior traslado a una temperatura de 18 °C durante 24 y 48 h, así como el testigo que se mantuvo a 18 °C; mostraron diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos. Estas diferencias se encontraron entre: temperaturas (bloques), tiempos de exposición, genotipos y la interacción genotipo x tiempo de exposición (Anexo 2).

Entre temperaturas (Cuadro 4) el análisis de comparación de medias de la variable apariencia en hojas, si encontró diferencias significativas. El almacenamiento a 2 °C (Figura 7 A) presentó los síntomas de daño por bajas temperaturas más marcados. Sin embargo, el almacenamiento a 7 °C (Figura 7 B) también se presentó síntomas en comparación con el almacenamiento testigo a 18 °C (Figura 7 C), que conservó su apariencia. Daños debido a bajas temperaturas se han reportado cuando las plantas son expuestas a

temperaturas de 4, 7.2 y 8 °C (Scott *et al.*, 1983; Scott *et al.*, 1984; Nell y Barrett, 1986; Tantau y Dörfflins, 1991).

En el tiempo de exposición (Cuadro 4), las diferencias se presentaron a 24 y 48 h de almacenamiento, donde se presentaron los valores más bajos y coinciden con la presencia marchitamiento que es un síntoma de daño por bajas temperaturas; cuando las plantas fueron llevadas a temperaturas de 18 °C se recuperaron. En plantas que sufren un daño severo después de ser cambiadas a temperaturas más cálidas, los daños se incrementan, en caso de no tener daños severos las plantas presentan una recuperación (Morris, 1982; Antunes y Sfakiotakis, 2002; Ho y Saltveit, 2002).

Cuadro 4. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable apariencia en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Medias apariencia hoja
18	4.00 a ^z
7	3.81 b
2	3.66 c
DMS	0.0701
Tiempo de exposición (h)	
0 (i)	4.00 a
48 (PT)	4.00 a
24 (PT)	3.93 a
24 (T)	3.63 b
48 (T)	3.56 b
DMS	0.1057

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

El almacenamiento a 2 °C (Figura 7 A), el genotipo cultivado ‘Supjibi’ presentó un ligero marchitamiento en las hojas después de 48 h de exposición, en ‘Freedom’ se inicia el marchitamiento a 24 h y se acentúa a las 24 h de almacenamiento. En ambos casos las hojas se recuperaron del marchitamiento a las 24 h posteriores al almacenamiento, después de ser llevadas a 18 °C. En los genotipos semicultivados Chapingo y Xochimilco, así como el genotipo silvestre Puebla, se inicia un marchitamiento en hojas después de 24 h de almacenamiento. En los genotipos Xochimilco y Chapingo el marchitamiento continua hasta las 48 h de almacenamiento, recuperando su apariencia después de 24 h a 18 °C. El genotipo silvestre Puebla mostró un marchitamiento en las hojas desde las 24 h de almacenamiento hasta las 24 h a 18 °C posteriores, recuperándose a 48 h posteriores al almacenamiento.

En el almacenamiento a 7 °C (Figura 7 B), los genotipos cultivados ‘Freedom’ y ‘Supjibi’ presentaron un ligero marchitamiento de las hojas a las 48 h, recuperándose a las 24 h posteriores al almacenamiento una vez llevadas a una temperatura de 18 °C. El genotipo silvestre Puebla presentó un marchitamiento de hojas ligero pero más acentuada que en el caso de los genotipos cultivados a las 24 y 48 h de almacenamiento, con el mismo comportamiento de recuperación después de 24 a 18 °C. Los genotipos semicultivados mostraron un marchitamiento de hojas a 24 h de almacenamiento, sin embargo, Chapingo inició su recuperación a las 48 h aún dentro del almacenamiento, terminando su recuperación a las 24 h a 18 °C. Xochimilco presentó marchitamiento de hojas durante las 24 y 48 h de

almacenamiento, recuperándose a las 24 h posteriores a 18 °C. El marchitamiento en hojas es un síntoma de daño por frío reportado en plantas de nochebuena sometidas a temperaturas de 7.2 °C (Scott *et al.*, 1983). En todos los genotipos este síntoma se presentó a 7 °C y más acentuado a 2 °C a las 24 h de almacenamiento, con una mayor duración y en el genotipo silvestres que proviene de una zona subtropical (Lyons, 1973; Mackersie *et al.*, 1994). La recuperación de los síntomas de daño por frío se atribuye a que el tiempo de exposición fue corto, por lo cual no causó un daño permanente en las hoja ya que se requieren tiempos de exposición mayores a 24 y 48 horas (6 a 8 días), teniendo la capacidad de recuperarse a 2 y 7°C (Scott *et al.*, 1984; Nell y Barrett, 1986; Tantau y Dörfflins, 1991). Cuando las plantas sometidas a bajas temperaturas sufren un daño, al ser llevadas a condiciones de temperaturas más cálidas (18, 20 o 25 °C) los síntomas de daños por frío se incrementan (Morris, 1982; Antunes y Sfakiotakis, 2002; Ho y Saltveit, 2002).

Entre genotipos, el análisis de comparación de medias también encontró diferencias significativas. Los genotipos cultivados ‘Supjibi’ y ‘Freedom’ tuvieron una mejor apariencia al final del almacenamiento de 48 h. Esto se debe a que los genotipos cultivados requieren un mayor tiempo de exposición entre siete y ocho días a 4 y 8 °C para que los daños por bajas temperaturas sean más evidentes (Scott *et al.*, 1984; Nell y Barrett, 1986; Tantau y Dörfflins, 1991). En segundo lugar los genotipos semicultivados Chapingo y Xochimilco, el genotipo silvestre Puebla fue el más afectado (Cuadro 5). Este comportamiento pudo deberse a que los genotipos semicultivados y silvestre,

después del periodo de inducción a floración presentaron un efecto de etiolación, después de la exposición a bajas temperaturas el efecto de marchitamiento en hojas es más marcado en comparación con plantas cultivadas que son más compactas. El mayor daño en el genotipo silvestre Puebla pudo haberse debido a que es una planta originaria de una región subtropical, la bibliografía reporta que las plantas tropicales y subtropicales cuando son expuestas a temperaturas menores a 10 °C presenta daños característicos por bajas temperaturas (Lyons, 1973; Mackersie *et al.*, 1994).

Cuadro 5. Comparación de medias en la variable apariencia en hojas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Apariencia en hoja (escala subjetiva)
'Supjibi'	3.95 a ^z
'Freedom'	3.90 a
Chapingo	3.78 b
Xochimilco	3.75 b
Puebla	3.73 b
DMS	0.1057

DMS = Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En la interacción genotipo x tiempo de exposición, en todos los genotipos las mejores combinaciones fueron entre: tiempo inicial (0 h), 24 y 48 posteriores al almacenamiento, donde se tuvo los mayores valores de calidad (4.0 a 3.96), en comparación con las combinaciones de 24 y 48 h de almacenamiento donde se presentaron los menores valores de calidad (3.5 a 3.3).

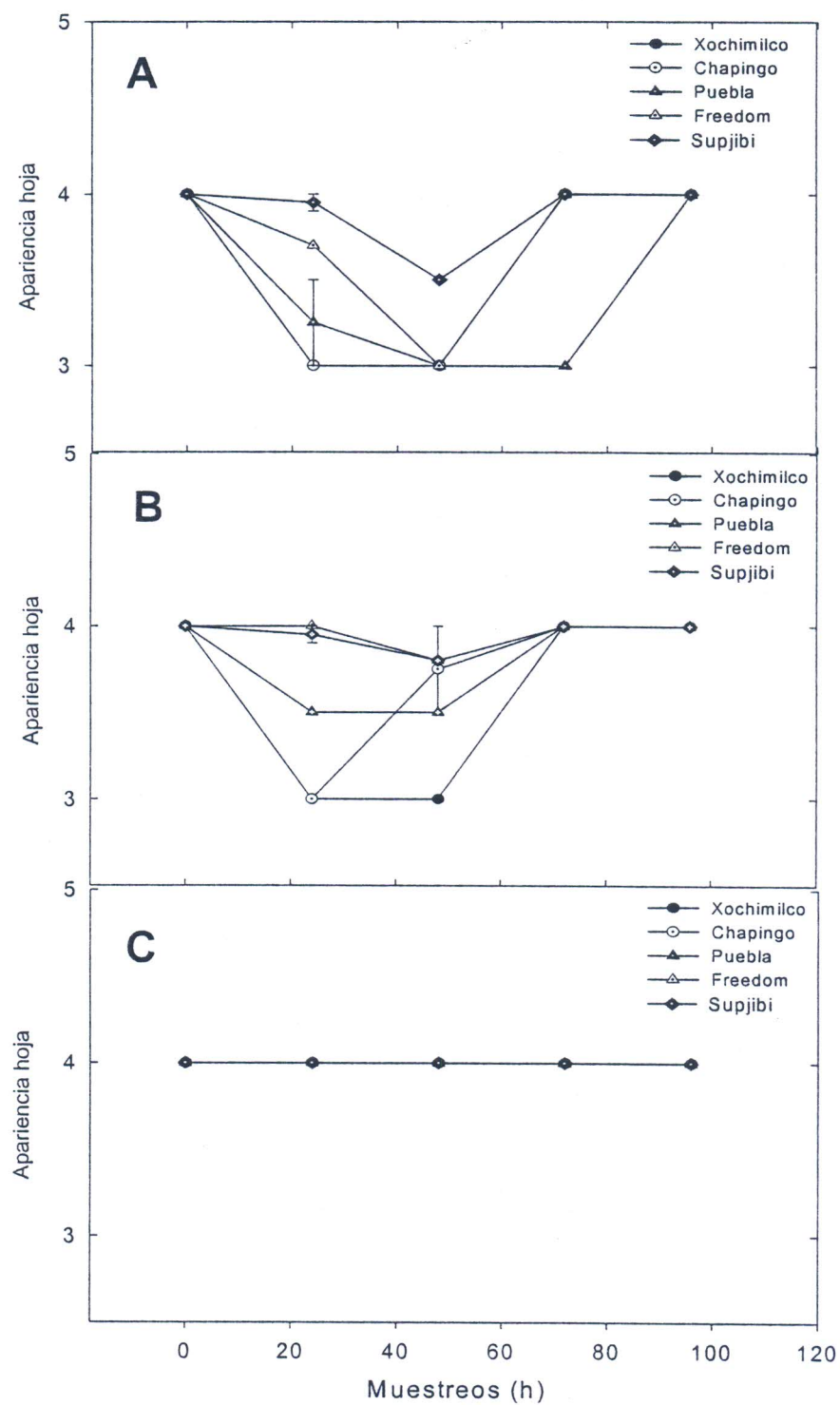


Figura 7. Comportamiento de la apariencia en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 13 °C (C).

4.1.1.2. Apariencia en brácteas

El almacenamiento de plantas de nochebuena en cámaras de frío a 2 y 7 °C durante 24 y 48 h, y su posterior traslado a una temperatura de 18 °C durante 24 y 48 h, así como el testigo que se mantuvo a 18 °C; mostraron diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos. Estas diferencias se encontraron entre: temperaturas (bloques), tiempos de exposición, genotipos y mientras que la interacción genotipo x tiempo de exposición no tuvo diferencias significativas (Anexos 3).

Entre temperaturas (Cuadro 6) el análisis de comparación de medias de la variable apariencia en bráctea, si encontró diferencias significativas. El almacenamiento a 2 °C presentó síntomas más marcados de daños por bajas temperaturas en comparación con las hojas. Sin embargo, el almacenamiento a 7 °C sólo presentó daños en el genotipo semicultivado Xochimilco, en comparación con el tratamiento testigo de 18 °C donde no hubo cambios en apariencia. Los síntomas de daños por bajas temperaturas se han reportados a temperaturas de 4, 7.2 y 8 °C (Scott *et al.*, 1983; Scott *et al.*, 1984; Nell y Barrett, 1986; Tantau y Dörfflins, 1991).

El tiempo de exposición de 24 y 48 h de almacenamiento (Cuadro 6) si presentó un efecto sobre la calidad en brácteas, ya que a medida de que aumenta el tiempo de exposición a bajas temperaturas el daño se incrementa. Por lo que el daño más severo se presentó a las 48 h de almacenamiento y permaneció después de 24 y 48 h posteriores a temperatura ambiente de 18 °C. El tiempo

de exposición es un factor que incrementa el daño por bajas temperaturas, en brácteas se ha reportado un incremento en daños cuando son expuestas a 2 y 4 °C durante 24 a 72 h (Staby, 1978; Hummel y Henny, 1986; Nell y Barrett, 1986). Cuando el daño por bajas temperaturas es severo y si las plantas son llevadas a condiciones de temperaturas más cálidas de 18, 20 o 25 °C, este síntoma permanece y se incrementa (Morris, 1982; Antunes y Sfakiotakis, 2002; Ho y Saltveit, 2002).

Cuadro 6. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable apariencia en brácteas de genotipos de nochebuena.

Temperatura (°C)	Medias apariencia bráctea
18	4.00 a ^z
7	3.56 b
2	2.93 c
DMS	0.1372
Tiempo de exposición (h)	
0 (i)	4.00 a
24 (T)	3.53 b
48 (PT)	3.35 bc
24 (PT)	3.35 bc
48 (T)	3.24 c
DMS	0.2067

DMS=: Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En el almacenamiento a 2 °C (Figura 8 A), aunque estadísticamente los genotipos cultivados 'Freedom', 'Supjibi' y el semicultivado Chapingo son similares, 'Freedom' y 'Supjibi' presentaron necrosamiento de brácteas jóvenes (Figura 9 A y 9 B). El genotipo Chapingo sólo mostró la presencia de algunas manchas blancas (Figura 10). Los genotipos semicultivado Xochimilco y silvestre Puebla también presentaron daño por bajas temperaturas en forma de manchas blancas, pero en un grado más severo (Figura 11 A y 11 B). Este daño por frío en todos los casos se presentó a las 48 h de almacenamiento y se acentuó después de ser llevadas a 18 °C durante 24 y 48 h. Las manchas blancas en los genotipos semicultivado Xochimilco (a 2 y 7°C) y silvestre Puebla (a 2 °C) son síntomas característicos de daño por bajas temperaturas, que se presentan a temperaturas de 4 °C después de siete días de almacenamiento (Nel y Barrett, 1986). Las manchas blancas en brácteas desarrolladas y el necrosamiento de hojas jóvenes, permaneció y se acentuó más hasta después de que las plantas fueron llevadas a 18 °C durante 48 h. Este comportamiento es un daño severo causado por bajas temperaturas, que se hace más evidente después de que las plantas son llevadas a condiciones de temperaturas más cálidas de 18, 20 o 25 °C (Morris, 1982; Antunes y Sfakiotakis, 2002; Ho y Saltveit, 2002).

En el almacenamiento a 7 °C (Figura 8 B) el genotipo cultivado 'Freedom', después de 24 y 48 h de almacenamiento presentaron un ligero marchitamiento en brácteas, que se recuperó después de 24 h a 18 °C. 'Supjibi' presentó un ligero marchitamiento de brácteas a las 24 h de almacenamiento que se

acentuó a las 48 h, después de 24 h a 18 °C se recuperó. El genotipo semicultivado Chapingo después de 24 h de almacenamiento presentó un ligero marchitamiento, e inició su recuperación a las 48 h de almacenamiento, mejorando a las 48 h posteriores a 18 °C. El genotipo silvestre Puebla y el semicultivado Xochimilco a las 24 h de almacenamiento presentaron marchitamiento en brácteas. Las plantas de Puebla a las 24 h posteriores al almacenamiento, una vez llevadas a 18 °C, tuvieron una ligera recuperación, pero al final de las 48 h permaneció con un ligero marchitamiento en brácteas comparado con el testigo (Figura 8 C). Las plantas del genotipo Xochimilco después de 48 h de almacenamiento presentaron daño por bajas temperaturas, en forma de un manchado blanco, que permaneció hasta las 48 h posteriores al almacenamiento después de llevar las plantas a una temperatura de 18 °C. El marchitamiento en hojas y brácteas es un síntoma característico de daño por frío y que se ha reportado en nochebuena cuando se expone a temperatura de 7.2 °C (Scott *et al.*, 1983), por lo cual este síntoma se presentó en todos los genotipos a 7 °C y más acentuado a 2 °C después de 48 h de almacenamiento en los genotipos semicultivados y silvestre. La aparición de manchas oscuras (necrosamiento) en plantas se presenta en hojas y en brácteas como cambio en color, este daño es más severo en hojas y brácteas jóvenes cuando se almacenan a 2 y 4 °C durante 24 a 72 h (Staby, 1978; Hummel y Henny, 1986; Nell y Barrett, 1986).

Entre genotipos, la comparación de medias para esta variable si encontró diferencias significativas. Los genotipos cultivados ‘Freedom’ y ‘Supjibi’ tuvieron una mejor apariencia al final de las 48 h posteriores a los almacenamientos. Sin embargo, presentaron un necrosamiento de brácteas jóvenes, que es un síntoma de daño por bajas temperaturas (Staby, 1978) más severo en hojas jóvenes (McMahon *et al.*, 1994; Nell y Barret, 1986). Los genotipos semicultivado Xochimilco y silvestre Puebla presentaron manchas blancas en brácteas, en el genotipo Chapingo fue menos severo (Cuadro 7). Estas manchas blancas son un síntoma que se presenta cuando las plantas son almacenadas a 7.2 °C (Scott *et al.*, 1993, 1994 a).

Cuadro 7. Comparación de medias de la apariencia en brácteas de genotipos de nochebuena silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Apariencia en bráctea
‘Freedom’	3.66 a ^z
Chapingo	3.63 ab
‘Supjibi’	3.45 bc
Xochimilco	3.36 c
Puebla	3.35 c
DMS	0.2067

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

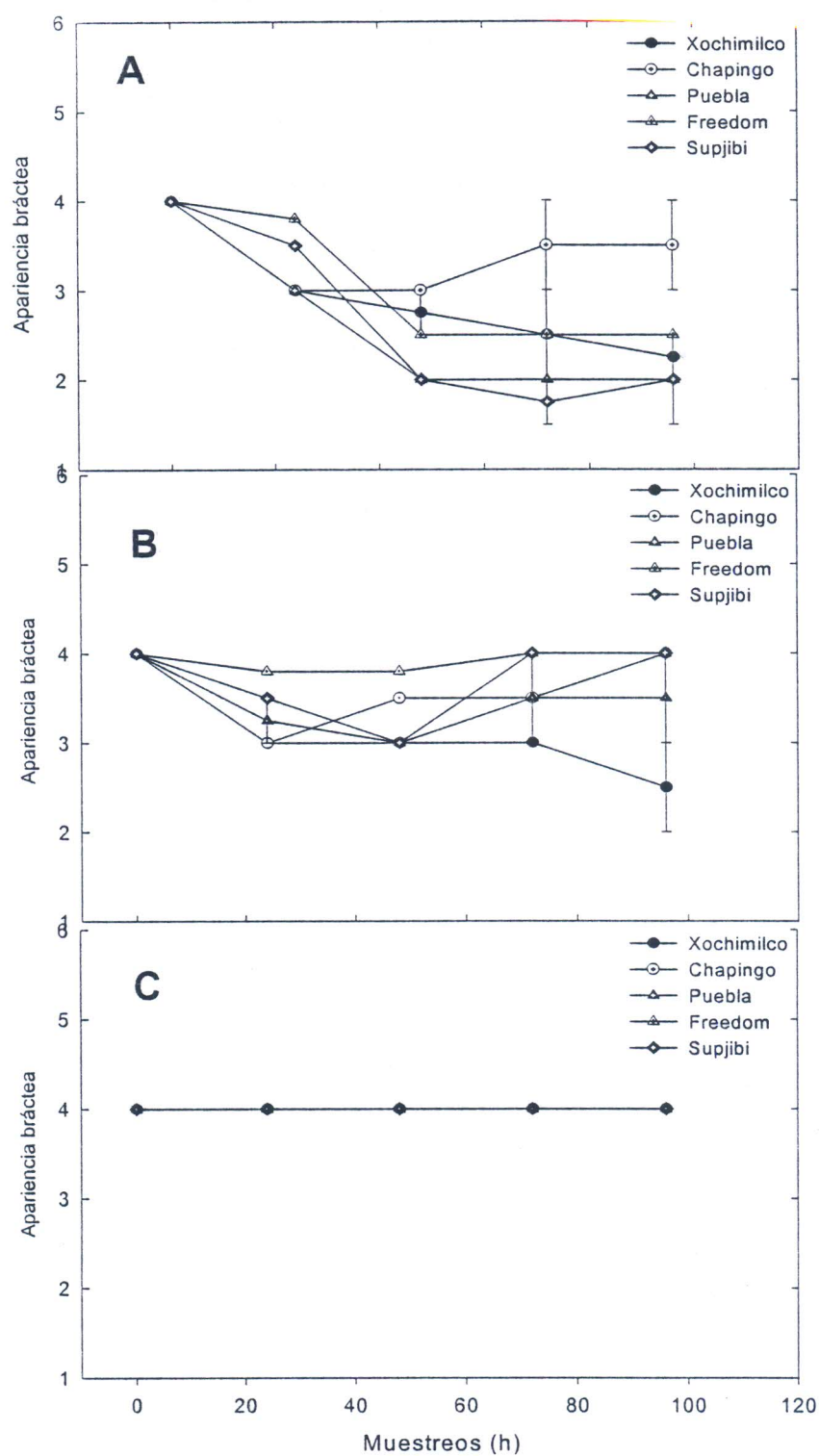


Figura 8. Comportamiento de la apariencia en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7(B) y 18 °C (C).

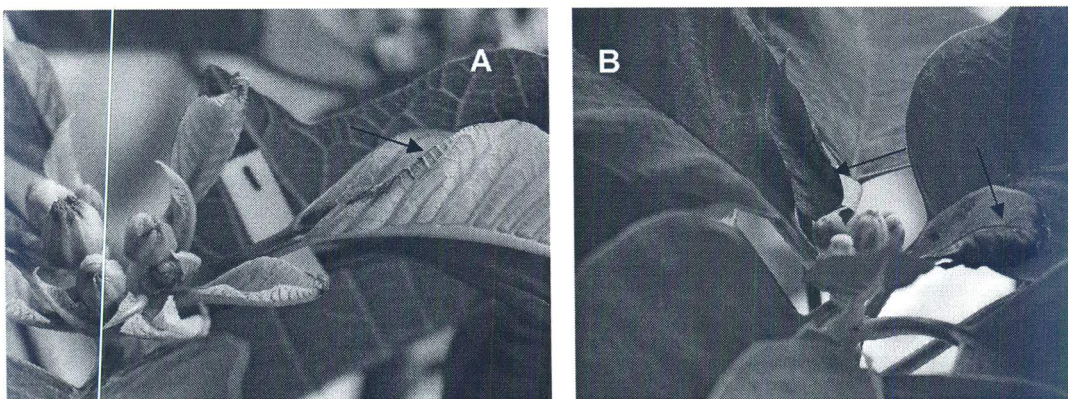


Figura 9. Necrosamiento de brácteas jóvenes en los genotipos cultivados 'Freedom' (A) y 'Supjibi' (B), almacenados a 2 °C, durante 24 y 48 h.

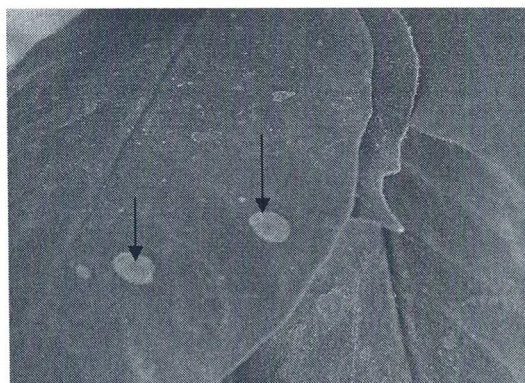


Figura 10. Manchas blancas en brácteas del genotipo semicultivado Chapingo almacenado a 2, 7 y 18 °C durante 24 y 48 h.

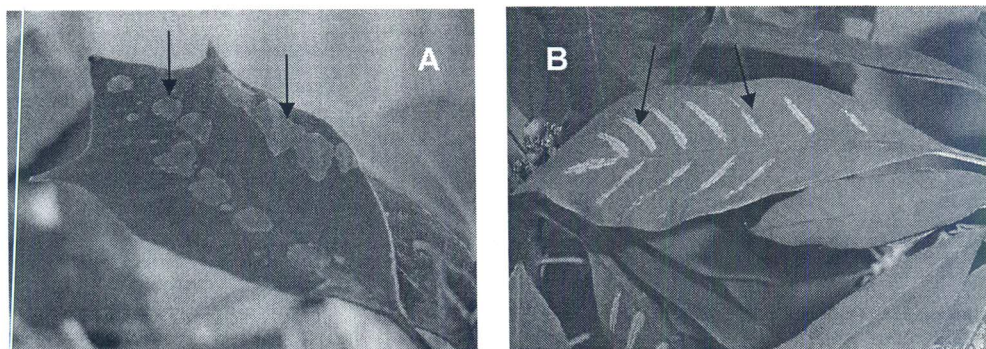


Figura 11. Manchado de brácteas en el genotipo semicultivado Xochimilco (A) y el genotipo silvestre Puebla (B) previamente almacenados a 2 °C durante 24 y 48 h.

4.1.1.3. Color

Los componentes del color (C, L y H) en brácteas de plantas almacenadas a temperaturas de 2 y 7 °C durante 24 y 48 h, llevadas a 18 °C durante 24 y 48 h posteriores al almacenamiento, así como el testigo a 18 °C, mostraron diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza realizado a los resultados de las fuentes de variación entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempos de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición (Anexo 4).

4.1.1.3.1. Cromaticidad

El análisis de comparación de medias para temperaturas y tiempo de exposición, en cromaticidad en brácteas, sí encontró diferencias significativas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición para cromaticidad en brácteas en almacenamientos 2, 7 y 18 °C.

Temperatura (°C)	Medias apariencia hoja
7	37.23 a ^z
18	37.21 a
2	36.66 b
DMS	0.2718
Tiempo de exposición (h)	Medias apariencia hoja
0 (i)	37.29 a
48 (PT)	37.14 ab
24 (PT)	37.00 ab
24 (T)	36.95 ab
48 (T)	36.76 b
DMS	0.4096

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En el análisis de comparación de medias de los valores de cromaticidad mostró diferencias en las temperaturas de almacenamiento de 2 (Figura 12 A) y 7 °C (Figura 12 B) pero no entre 7 y 18 °C (Figura 12 C), con los valores más bajos a las 48 h de almacenamiento. En el sistema de color CIELCH los valores de cromaticidad describen lo llamativo ($C^*= 60$) u opaco ($C^*= 0$) del color (Anónimo, 2002). En el almacenamiento a 2 °C el genotipo silvestre Puebla fue más afectado, presentó un valor inicial de 55.95, después de 24 y 48 h de almacenamiento se incrementó a 59.40 y 59.77 respectivamente, cuando fue cambiado a 18 °C después de 24 h incrementó su valor a 57.61 y a las 48 h se incrementó a 58.88 (Figura 12 A), este comportamiento indica un color más llamativo. El almacenamiento a 7 °C en las planta de Puebla, también presentaron un incremento en cromaticidad de 58.91 al inicio, después de 24 y 48 h se incrementó a 60.16 y 60.46, respectivamente, al final de las 48 h postratamiento a 18 °C se redujo a 59.49. Este incremento de los valores de croma (color más llamativo) también lo presento ‘Supjibi’ en el almacenamiento de 2 °C. Al inicio fue de 58.46, después de 48 h de almacenamiento se redujo a 57.94, incrementándose 59.81 a 24 h posterior al almacenamiento a 48 h alcanzó 58.96 (Figura 12 B). El incremento de la cromaticidad se ha reportado como un efecto de las bajas temperaturas en arazá (*Eugenia stipitata*) expuestas a 7 °C durante 20 días, comparados con el testigo de 10 °C durante 15 días (Gallego *et al.*, 2003). En lima (*Citrus limetta*) almacenada a 5 y 10 °C durante 30 a 60 días se observó un incremento de los valores de croma de 32.48 a 42.80 y 39.99 a 54.78, respectivamente (Kluge *et al.*, 2003). En los demás genotipos y tratamientos no hubo diferencias significativas.

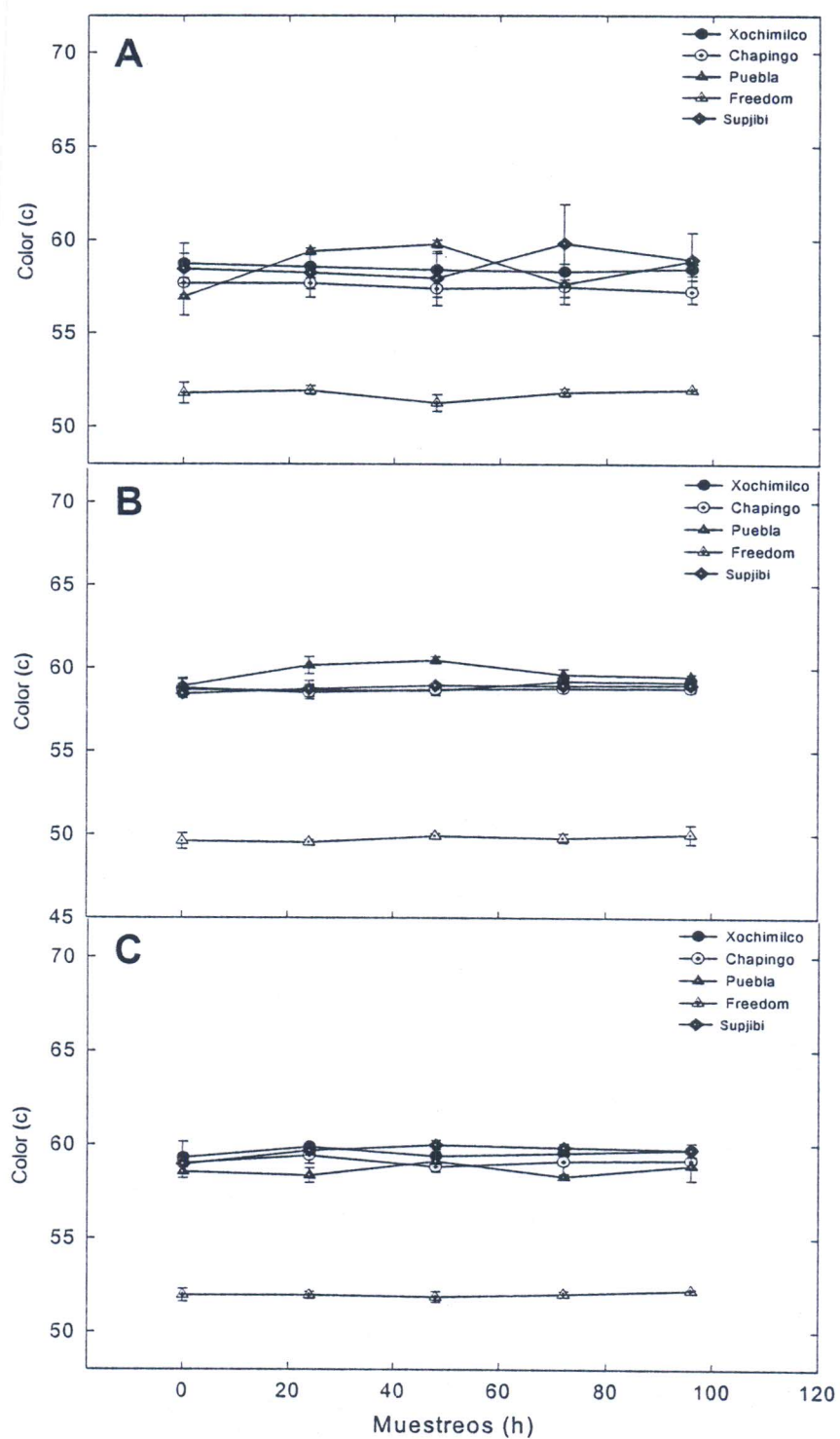


Figura 12. Comportamiento de la cromaticidad en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.1.3.2. Luminosidad

El análisis de comparación de medias para temperaturas y tiempo de exposición, en el componente del color luminosidad en brácteas, sí encontró diferencias significativas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición para luminosidad en brácteas en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.

Temperatura (°C)	Medias apariencia hoja
7	37.23 a ^z
18	37.21 a
2	36.66 b
DMS	0.2718
Tiempo de exposición (h)	
0 (i)	37.29 a
48 (PT)	37.14 ab
24 (PT)	37.00 ab
24 (T)	36.95 ab
48 (T)	36.76 b
DMS	0.4096

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

El análisis de comparación de medias mostró valores más bajos a 2 y 7 °C a 48 h de almacenamiento, esta reducción en luminosidad indica que los colores se oscurecieron en comparación con el testigo. En el sistema CIELCH los valores de luminosidad pueden variar del blanco con L*= 100 al negro con L*= 0 (Anónimo, 2002). Este comportamiento se encontró en los genotipos semicultivados Chapingo y Xochimilco, que mostraron un valor inicial de 38.96 y 38.66, respectivamente, después de 48 h de almacenamiento los valores se

redujeron a 38.77 y 37.12, sin embargo, después de 48 h a 18 °C se incrementó a 39.23 y 38.01 (Figura 13 A).

En el almacenamiento a 7 °C Chapingo y Xochimilco presentaron un valor inicial de 40.10 y 39.61, después de 48 h de almacenamiento se redujo a 38.83 y 38.18 respectivamente y después de 48 h volvieron a incrementar sus valores a 39.99 y 38.97 (Figura 13 B). Estos valores indican una coloración más oscura o el inicio de manchas oscuras u oscurecimiento del tejido por efecto de daño por frío (Lyons, 1973; Mackersie y Leshem, 1994)

El genotipo silvestre Puebla presentó un comportamiento diferente a los anteriores, los valores iniciales de 37.99 a 2 °C y 37.64 a 7°C, después de 48 h de almacenamiento se incrementaron a 38.32 y 38.41 respectivamente; después de 48 h posteriores al almacenamiento de 18 °C los valores se redujeron a 37.43 y 37.64 (Figura 13 B). Este comportamiento indica colores más claros como efecto de la exposición a bajas temperaturas. Trabajos realizados por Gallego *et al.* (2003) en arazá (*Eugenia stipitata*) almacenado a 7 °C durante 20 días encontraron un comportamiento similar, del incrementaron de los valores de luminosidad. Los genotipos restantes no presentaron variaciones significativas a 2 (Figura 13 A), 7 (Figura 13 B) y 18 °C (Figura 13 C). durante 0, 24 y 48 h de tratamiento

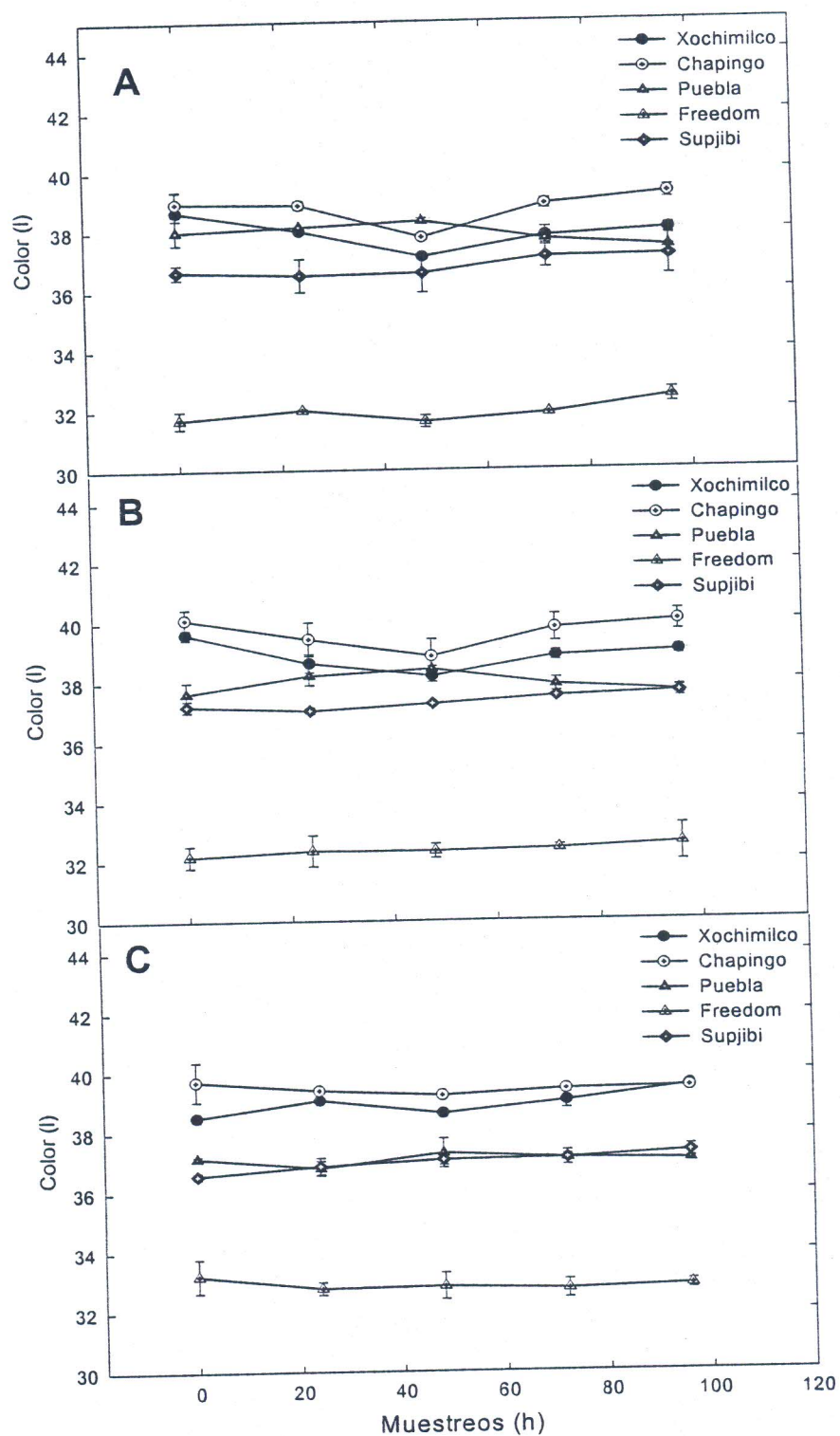


Figura 13. Comportamiento de luminosidad en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.1.3.3. Ángulo de tono hue

El análisis de comparación de medias para temperaturas en el componente del color hue en brácteas, si encontró diferencias significativas, no así para el tiempo de exposición (Cuadro 10).

La comparación de medias indica que a 7 °C se presentaron los valores más bajos del ángulo hue, se redujo el color en comparación con 2 y 18 °C (testigo). En el sistema de color CIELCH el ángulo de tono hue representa los colores, a un ángulo de 0° se encuentra el color rojo, a 90° el color es amarillo, a 180° se encuentra el color verde y a 270° está el color azul (Anónimo, 2002). En el tiempo de exposición no se presentaron diferencias significativas y no hubo cambios en color durante la exposición.

Cuadro 10. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición para el ángulo de tono hue en brácteas en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.

Temperatura (°C)	Medias apariencia hoja
18	24.42 a ^z
2	24.15 b
7	23.93 c
DMS	0.1515
Tiempo de exposición (h)	
48 (T)	24.19 a
0 (i)	24.18 a
24 (T)	24.17 a
24 (PT)	24.15 a
48 (PT)	24.15 a
DMS	0.2284

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En el almacenamiento a 2 °C el genotipo silvestre Puebla fue el que presentó una mayor variación en color, con un valor inicial de 23.51, a 24 y 48 h de almacenamiento se incrementó a 24.48 en ambos, después de 24 h a 18 °C posterior al almacenamiento se redujo a 23.86 y a 48 h incrementó un poco a 24.58 (Figura 14 A). En el almacenamiento a 7 °C el genotipo cultivado 'Supjibi' presentó un valor inicial de 24.04, a las 48 h de almacenamiento se redujo a 23.57 y a 48 h a 18 °C se incrementó a 24.20 (Figura 14 B).

El cambio en coloración (incremento de hue) indica una respuesta a las bajas temperaturas (Lyons, 1973; Rudnicki *et al.*, 1991; Mackersie y Leshem, 1994) y este comportamiento representa un ligero cambio de color del rojo a un color más claro, como el amarillo y cuando es muy severo se generan manchas blancas (Nell y Barrett, 1986; Anónimo, 2002). En frutos de arazá (*Eugenia stipitata*) expuestos a temperaturas de 7 °C durante 20 días se encontró una reducción de los valores de hue produciéndose un amarillamiento del fruto, comparado con el testigo almacenado a 10 °C durante 15 días (Gallego *et al.*, 2003). Resultados similares se encontraron en mango (*Mangifera indica*) almacenados a 6 °C (Hidalgo *et al.*, 1997) y lima (*Citrus limetta*) almacenada a 5 y 10 °C (Kluge *et al.*, 2003). Los otros genotipos no mostraron variaciones significativas entre temperaturas y tiempos de exposición. En el testigo a 18 °C (Figura 14 C) se observó un valor inicial de 24.72 que después se redujo a 23.50 en promedio sin variaciones significativas durante el tiempo de exposición. Este comportamiento pudo haberse debido a un error al momento de tomar los datos iniciales.

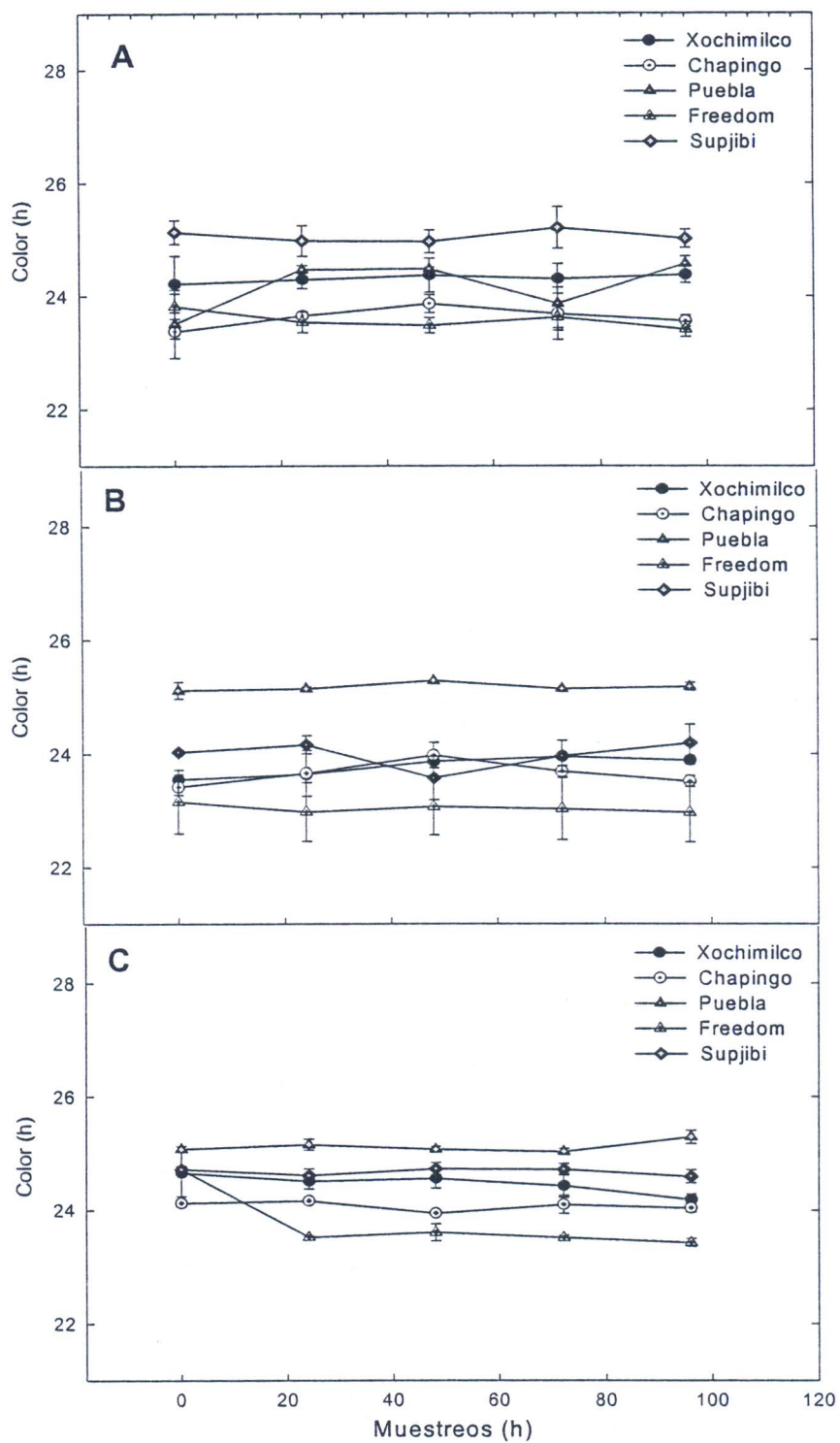


Figura 14. Comportamiento del ángulo de tono hue en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

Entre genotipos, el análisis de comparación de medias encontró diferencias significativas. En los componentes del color cromaticidad y luminosidad, los valores más altos fueron los de los genotipos semicultivados Chapingo y Xochimilco, con un color rojo más intenso y más claro; seguidos del genotipo silvestre Puebla y el genotipo cultivado ‘Supjibi’, con un color rojo menos intenso y claro. Los valores más bajos se presentaron en ‘Freedom’ donde el color rojo es más tenue y más oscuro (Cuadro 11).

Para el componente del color hue, el análisis de comparación de medias también encontró diferencias estadísticas. El genotipo silvestre Puebla tuvo los valores más altos de color, seguido del genotipo cultivado ‘Supjibi’, los genotipos semicultivados Xochimilco y Chapingo y el valor más bajo fue para el genotipo cultivado ‘Freedom’ (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación de medias de los componentes del color cromaticidad (C), luminosidad (L) y hue (H) en brácteas de genotipos de nochebuena silvestre, semicultivados y cultivados en almacenamientos a 2, 7 y 18 °C.

Genotipos	Componente del color		
	C	L	H
Chapingo	39.27 a ^z	39.27 a ^z	23.79 d ^z
Xochimilco	38.57 b	38.57 b	24.19 c
Puebla	37.65 c	37.65 c	24.83 a
‘Supjibi’	37.03 d	37.03 d	24.57 b
‘Freedom’	32.63 e	32.63 e	23.46 e
DMS	0.4096	0.4096	0.2284

DMS= Diferencia Mínima Significativa; C= Cromaticidad; L= Luminisidad; H= Ángulo hue.
^z= Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En las interacciones las variaciones de los componente del color (C, L y H) no tuvieron cambios muy grandes. Sin embargo, se presentaron diferencias más acentuadas entre genotipos, afectados por los tiempos de exposición de 24 y 48 h de almacenamiento a 2 °C. A 7 °C los cambios fueron menores y el genotipo silvestre Puebla fue más afectado.

4.1.1.4. Contenido de clorofila

El almacenamiento a 2, 7 y 18 °C durante 24 y 48 h, no produjo diferencias significativas en el contenido de clorofila en hojas entre: temperaturas (bloques), tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición. Sin embargo, entre genotipos si hubo diferencias (Anexo 5).

La comparación de medias para la variable contenido de clorofila (Unidades SPAD) en temperaturas y tiempo de exposición en hojas, no encontró diferencias significativas (Cuadro12).

Cuadro 12. Comportamiento del contenido de clorofila (Unidades SPAD) en hojas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Medias apariencia hoja (Unidades SPAD)
7	48.57 a ^z
18	48.40 a
2	47.91 a
DMS	0.9383
Tiempo de exposición (h)	
24 (T)	48.71 a
48 (T)	48.54 a
24 (PT)	48.41 a
48 (PT)	48.23 a
48 (i)	47.58 a
DMS	0.4142

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

Uno de los síntomas de daño por bajas temperaturas es la reducción en el contenido de clorofila, que se presenta como un amarillamiento en las hojas, ocasionado por un efecto de fotooxidación en presencia de luz y más lento en

condiciones de oscuridad (Saltveit y Morris, 1990). En *Arabidopsis* expuesta a temperaturas de 4 °C, se reduce el contenido de clorofila como efecto de daño por bajas temperaturas y aumenta el daños después de 10 días (Routaboul *et al.*, 2000). En *Dieffenbachia* la reducción del contenido de clorofila se presentó a las 75 h posteriores al almacenamiento a 1.2 °C durante 24 h (McMahon *et al.*, 1994).

Aún cuando los resultados estadísticamente no muestran diferencias, en el almacenamiento a 2 °C (Figura 15 A), los genotipos semicultivados Xochimilco y Chapingo, presentaron un ligero efecto de daño. Al inicio del almacenamiento mostraron un valor inicial de 51.20 y 44.55 (unidades SPAD) respectivamente, a 48 h de almacenamiento se presentó una reducción a 49.73 y 42.65, y después de ser cambiadas a 18 °C durante 24 y 48 h, en Xochimilco se incrementó en 52.85 y 53.43, respectivamente, mientras que en Chapingo se presentó un incremento y luego una reducción en el contenido de clorofila (SPAD) a 44.03 y 42.82.

En los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi', el valor inicial del contenido de clorofila (Unidades SPAD) fue de 60.04 y 45.54, respectivamente y después de 24 h de almacenamiento se presentó una reducción a 59.26 y 43.80, respectivamente. El almacenamiento a 7 (Figura 15 B) y 18 °C (Figura 15 C) no se hubo cambios importantes en el contenido de clorofila. En maíz el daño por bajas temperaturas en almacenamientos de 15/3 °C (día/noche) y 25/15 °C

(testigo), los valores varían de 30.2 unidades SPAD en el testigo a 10.8 durante el almacenamiento (Lee *et al.*, 2002).

El análisis de comparación de medias encontró diferencias significativas entre genotipos. El genotipo cultivado 'Freedom' presentó un mayor contenido de clorofilas, debido a que tienen un follaje verde oscuro. En segundo lugar el genotipo semicultivados Xochimilco, y en tercer lugar los genotipos semicultivado Chapingo y cultivado 'Supjibi', el genotipo silvestre Puebla presentó un menor contenido de clorofilas debido a que las hojas presentaban un ligero amarillamiento (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comportamiento del contenido de clorofila (Unidades SPAD) en hojas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Contenido de clorofila (Unidades SPAD)
'Freedom'	57.24 a ^z
Xochimilco	52.59 b
Chapingo	46.21 c
'Supjibi'	45.63 c
Puebla	39.89 d
DMS	1.4142

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

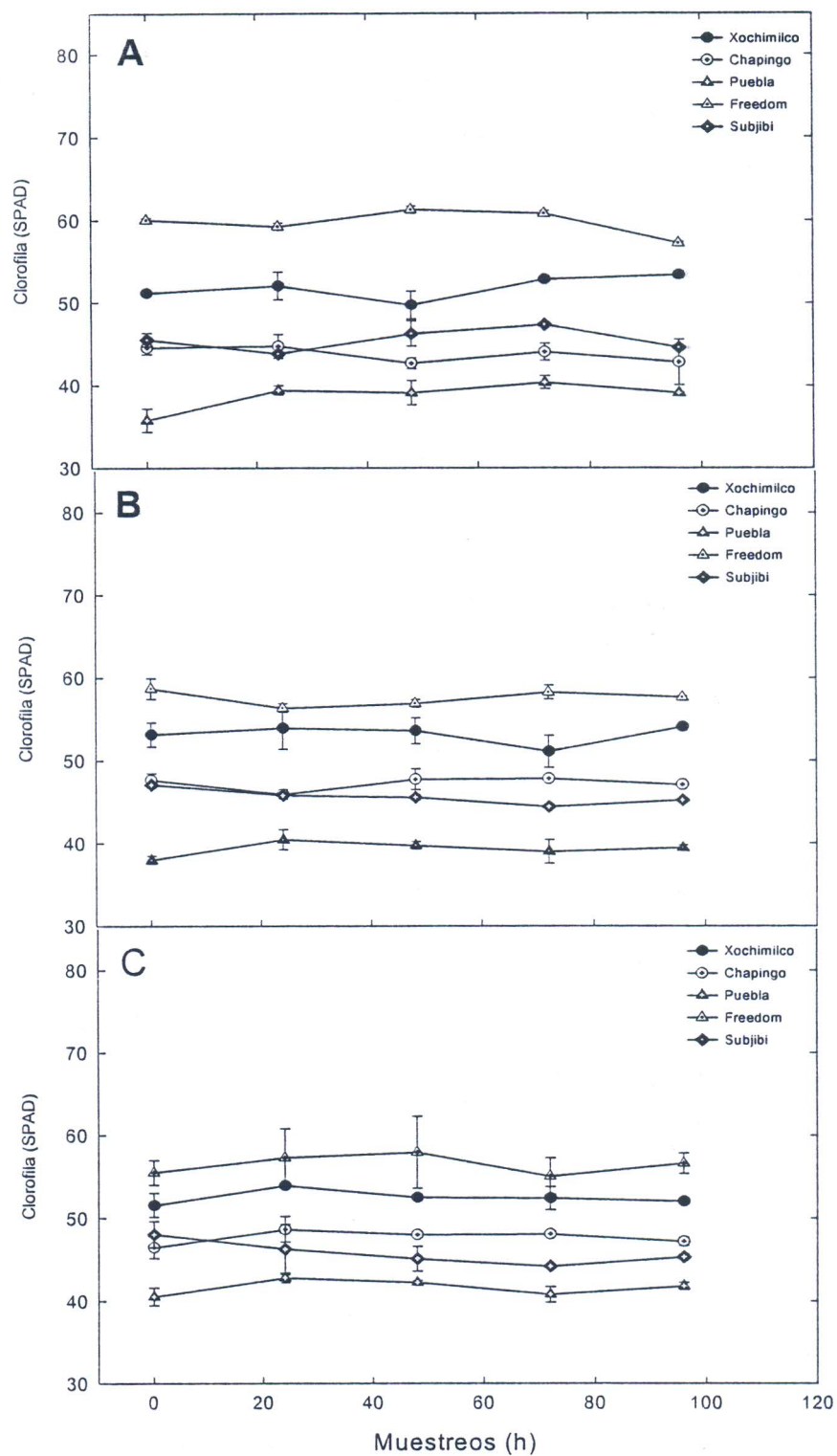


Figura 15. Comportamiento del contenido de clorofila en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.2. Experimento II: Respiración y producción de etileno (*in vitro*)

4.1.2.1. Producción de dióxido de carbono (CO₂)

La respiración en hojas *in vitro* almacenadas 1 h a 18 °C, 3 h a 2 y 7 °C, y 2 h a 18 °C, más el testigo (18 °C) con los mismos tiempos de exposición; mostraron diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza. Las diferencias se encontraron entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempos de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición (Anexo 6).

El análisis de comparación de medias para respiración en temperaturas y tiempo de exposición en hojas, encontró diferencias significativas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable respiración (*in vitro*) en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Respiración (mL CO ₂ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
2	0.1341 a ^z
7	0.1201 ab
18	0.0868 b
DMS	0.0389
Tiempo de exposición (h)	Respiración (mL CO ₂ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
2 (PT)	0.2060 a
1 (i)	0.0862 b
3 (T)	0.0488 b
DMS	0.0389

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En el almacenamiento a 2 °C (Figura 16 A) se presentó la respiración más alta con respecto al testigo 18 °C (Figura 16 C), que no fue estadísticamente diferente a la temperatura de 7 °C (Figura 16 B). En el tiempo de exposición de 2 h posteriores al almacenamiento presentaron los niveles de respiración más altos (excepto en el genotipo Puebla) y los más bajos fueron durante las 3 h de almacenamiento, esto se debe a que durante la exposición a bajas temperaturas se reduce la tasa de respiración (Joyce *et al.*, 2000). El incremento de la respiración posterior al almacenamiento a bajas temperaturas es debido al daño por frío, este comportamiento se ha reportado en plantas sensibles a esta condición, que fueron almacenadas a 0, 5 y 10 °C, y después llevadas a temperaturas más cálidas de 20 °C (Lyons, 1973; Mackersie y Leshem, 1994; Joyce *et al.*, 2000;).

Considerando la producción de CO₂ final, después de 2 h a 18 °C posteriores al almacenamiento, el genotipo semicultivado Xochimilco, presentó una respiración de 0.220 mL CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ a 18 °C, en el almacenamiento a 7 °C incrementó la respiración a 0.352 mL CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ (+60.03 %) y 2 °C incrementó la respiración a 0.400 mL CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ (+81.60 %). El genotipo Chapingo mostró una respiración de 0.225 CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ a 18 °C, en el almacenamiento a 7 °C incrementó la respiración a 0.379 CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ (+68.75 %) y a 2 °C también presentó un incremento de la respiración de 0.362 CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ (+60.93 %), pero que fue menor al almacenamiento de 7 °C. El genotipo silvestre Puebla mostró un comportamiento diferente, a 18 °C tuvo una respiración de 0.225 CO₂ kg⁻¹·h⁻¹, mientras que a 7 °C presentó una reducción de la respiración a 0.195 CO₂ kg⁻¹·h⁻¹.

$1 \cdot h^{-1}$ (-13.14 %) y la temperaturas de 2 °C produjo un incremento la respiración a $0.265 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$ (+17.95 %).

Los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi', aún cuando tuvieron una baja producción de CO_2 , presentaron un incremento de la respiración. En el genotipo 'Freedom' presentó un comportamiento en respiración similar al genotipo semicultivado Chapingo. La respiración a 18 °C fue de $0.019 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$, en el almacenamiento de 7 °C se incrementó la respiración a $0.141 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$ (+625.57 %) y en el almacenamiento a 2 °C la respiración se incrementó a $0.1145 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$ (+488.66 %), aun que fue menor en el almacenamiento a 7 °C. El genotipo 'Supjibi' a 18 °C tuvo una respiración de $0.045 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$, el tratamiento de 7 °C presentó un incremento de la respiración a $0.067 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$ (+48.11 %) y en la temperatura de 2 °C la respiración se incrementó a $0.080 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot h^{-1}$ (+76.74 %). El incremento de la respiración indica que hubo daño por bajas temperaturas a 7 °C, pero más acentuado a 2 °C, este comportamiento es característico de el daño por bajas temperaturas (Lyons, 1973; Mackersie y Leshem, 1994; Joyce *et al.*, 2000;). Ambas temperaturas de almacenamiento (2 y 7 °C) presentaron una respuesta a bajas temperaturas. Sin embargo, la poca diferencia en respiración entre 2 y 7 °C puede ser atribuida a que el daño fue casi el mismo en ambas temperaturas, lo que representaría un comportamiento similar de los materiales a las temperaturas de 2 y 7 °C.

Entre genotipos, el análisis de comparación de medias también encontró diferencias significativas de respiración. Los genotipos semicultivados Xochimilco y Chapingo fueron los que presentaron la mayor respiración, seguidos del genotipo silvestre Puebla y los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi' (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comportamiento de la respiración en hojas (*in vitro*) entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Respiración (mL CO ₂ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
Xochimilco	0.1979 a ^z
Chapingo	0.1770 a
Puebla	0.1107 b
'Freedom'	0.0606 bc
'Supjibi'	0.0219 c
DMS	0.0588

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En la interacción genotipo x tiempo de exposición también mostraron que los en todos los genotipos en las 2 h posteriores al almacenamiento, se presentó la mayor producción de CO₂. Los genotipos semicultivados (Xochimilco y Chapingo) y silvestre (Puebla) presentaron la mayor respiración y los genotipos cultivados ('Freedom' y 'Supjibi') la menor.

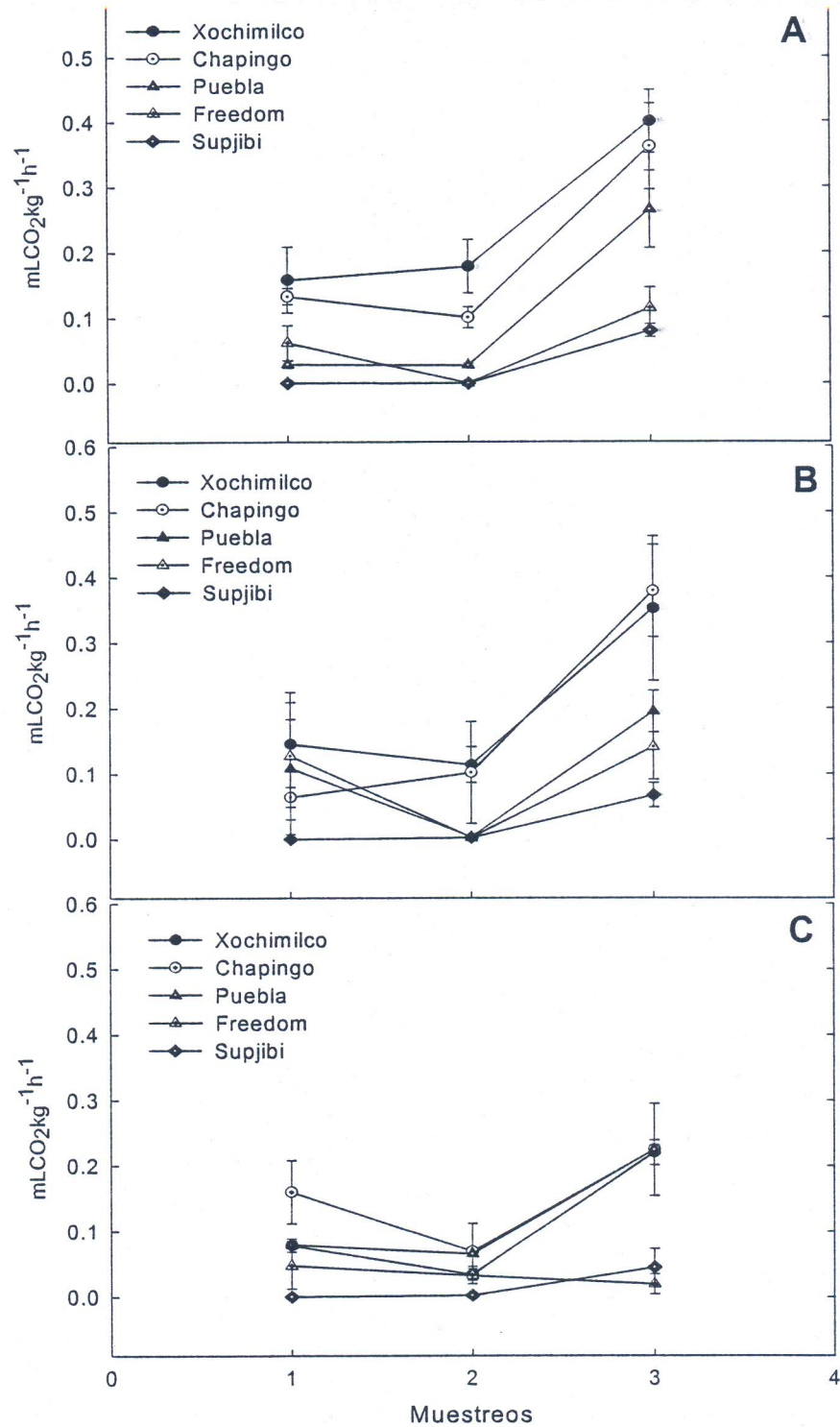


Figura 16. Comportamiento de la respiración en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.2.2. Producción de etileno (C₂H₄)

Para producción de etileno en hojas *in vitro* estadísticamente hubo algunas diferencias de acuerdo con el análisis de varianza, aún cuando los valores de fueron muy pequeños. Las diferencias sólo se encontraron entre: genotipos y tiempo de exposición, mientras que, entre temperaturas (bloques) y la interacción genotipo x tiempo de exposición no hubo diferencias significativas (Anexo 7).

El análisis de comparación de medias para la variable producción de etileno en hojas, en los tratamientos de temperaturas no encontró diferencias significativas. Mientras que en tiempo de exposición hubo una ligera variación (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable producción de etileno (*in vitro*) en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Emisión de etileno (nL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
7	0.016 a ^z
18	0.014 a
2	0.010 a
DMS	0.001
Tiempo de exposición (h)	
1 (i)	0.024 a
2 (PT)	0.011 ab
3 (T)	0.005 b
DMS	0.001

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial a 18 °C; T= Tiempo durante el almacenamiento (2 y 7 °C); PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

Las temperaturas de almacenamiento de 2 (Figura 17 A), 7 (Figura 17 B) y 18 °C (Figura 17 C) presentaron valores de respiración muy bajos, después de las tres horas de exposición, sólo entre genotipos hubo diferencias significativas. La producción de etileno es uno de los indicativos de daño por bajas temperaturas (Lyons, 1973). El inicio en la producción de etileno como efecto de daños por bajas temperaturas, depende de la sensibilidad de la plantas a este tipo de estrés. Puede variar desde una hora en plantas tropicales sensibles como *Episcia reptans* hasta varios días como el pepino. *Passiflora edulis* presenta un incremento en la producción de etileno después de cuatro días a una temperatura de 0 °C (Yi y Patterson, 1985).

Entre genotipos, el análisis de comparación de medias si encontró diferencias significativas. Estadísticamente, el genotipo silvestre Puebla presentó la mayor producción de etileno, los genotipos semicultivados Xochimilco y Chapingo, así como el genotipo cultivado 'Freedom' no presentaron diferencias significativas. El genotipo cultivado 'Supjibi', aún cuando no registró producción de etileno estadísticamente no tiene diferencias significativas con los anteriores genotipos, excepto con el genotipo silvestre Puebla (Cuadro 17).

Este comportamiento puede atribuirse a que el genotipo Puebla es originario de una zona subtropical, por lo que tiene una mayor respuesta a bajas temperaturas. Lyons (1973) menciona que las plantas de climas tropicales y subtropicales son más susceptibles a sufrir daños por exposición a bajas temperaturas.

Cuadro 17. Comportamiento de la producción de etileno en hojas (*in vitro*) entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Emisión de etileno (nL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
Puebla	0.025 a ^z
Xochimilco	0.016 ab
Chapingo	0.015 ab
'Freedom'	0.010 ab
'Supjibi'	0.0 b
DMS	0.021

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

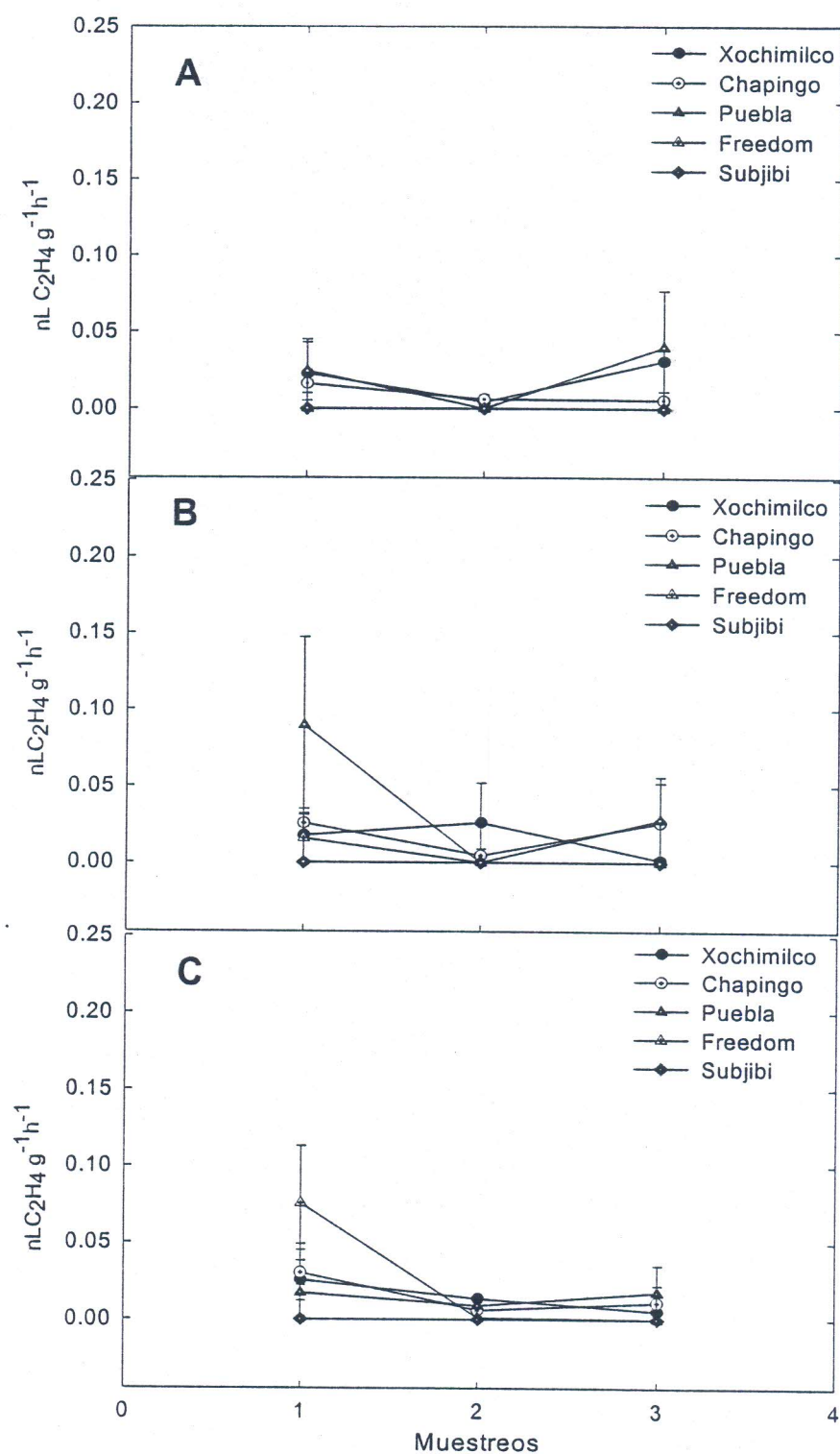


Figura 17. Comportamiento de la producción de etileno en hojas (*in vitro*) de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.3. Experimento III: Actividad enzimática específica

4.1.3.1. Peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD)

4.1.3.1.1 Peroxidasa en hoja

La actividad específica de la enzima peroxidasa en hojas de acuerdo con el análisis de varianza realizado a los resultados, no mostró diferencias significativas entre: temperaturas (bloques) y tiempo de exposición. Sólo hubo diferencias entre: genotipos y la interacción genotipo x tiempo de exposición (Anexo 8). El análisis de comparación de medias para la variable peroxidasa en hojas, en los tratamientos de temperaturas no encontró diferencias significativas, y tampoco entre tiempos de exposición (Cuadro 18).

Cuadro 18. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable peroxidasa en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Peroxidasa en hoja (U·mg ⁻¹)
18	2169.9 a ^z
2	2010.8 a
7	1995.2 a
DMS	297.92
Tiempo de exposición (h)	
48 (T)	2164.6 a
24 (T)	2119.8 a
0.0 (i)	1809.6 a
DMS	297.92

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al tratamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

Solo hubo diferencias en los valores de la actividad enzimática específica entre genotipos, donde los genotipos semicultivados y silvestre presentaron una mayor actividad comparada con la actividad enzimática específica. Las graficas mostraron un actividad que se incrementa a 24 h de almacenamiento y se reduce casi a los niveles iniciales después de 48 h, excepto en Xochimilco en el testigo a 18 °C en el cual se redujo de 3188.00 a 2453.49 U·mg⁻¹ 24 h y luego se incrementó a 4092.20 U·mg⁻¹ 48 h. Los genotipos cultivados mostraron un comportamiento sin muchos cambios, excepto en 'Supjibi' que a 7 °C redujo su actividad las 48 h de almacenamiento, de 675.86 a 482.71 U·mg⁻¹.

Este comportamiento se atribuye a que no hubo un daño grave en las temperaturas de 2 (Figura 18 A) y 7 °C (Figura 18 B) después de 24 y 48 h de almacenamiento, comparado con el testigo (Figura 18 C). Wang (1982) menciona que el daño por exposición a bajas temperaturas se manifiesta con una reducción de la actividad enzimática. A bajas temperaturas la actividad de la peroxidasa se reduce (Nishida y Murata, 1996). En plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) expuestas a 6/3 °C día/noche durante cuatro días mostraron una reducción progresiva de la actividad de la peroxidasa (Zhaozhong *et al.*, 2003).

Entre genotipos, el análisis de comparación de medias también encontró diferencias significativas. La actividad enzimática específica fue mayor en el genotipo semicultivado Xochimilco, al igual que el genotipo silvestre Puebla. En

segundo lugar en actividad enzimática específica fue el genotipo semicultivado Chapingo.

Los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi' presentaron las actividades más bajas (Cuadro 19). Los genotipos semicultivados y silvestre presentaron una mayor actividad enzimática específica.

Cuadro 19. Actividad enzimática específica de peroxidasa en hojas en genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Actividad específica de peroxidasa (U·mg ⁻¹)
Xochimilco	3228.60 a ^z
Puebla	3225.10 a
Chapingo	2130.50 b
'Freedom'	1038.40 c
'Supjibi'	669.00 c
DMS	450.06

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En la interacción genotipo x tiempo de exposición la mayor actividad se presento en los genotipos semicultivado (Xochimilco) y silvestre (Puebla) a las 48 h de almacenamiento. En segundo lugar el genotipo semicultivado Chapingo y los más bajos los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi'.

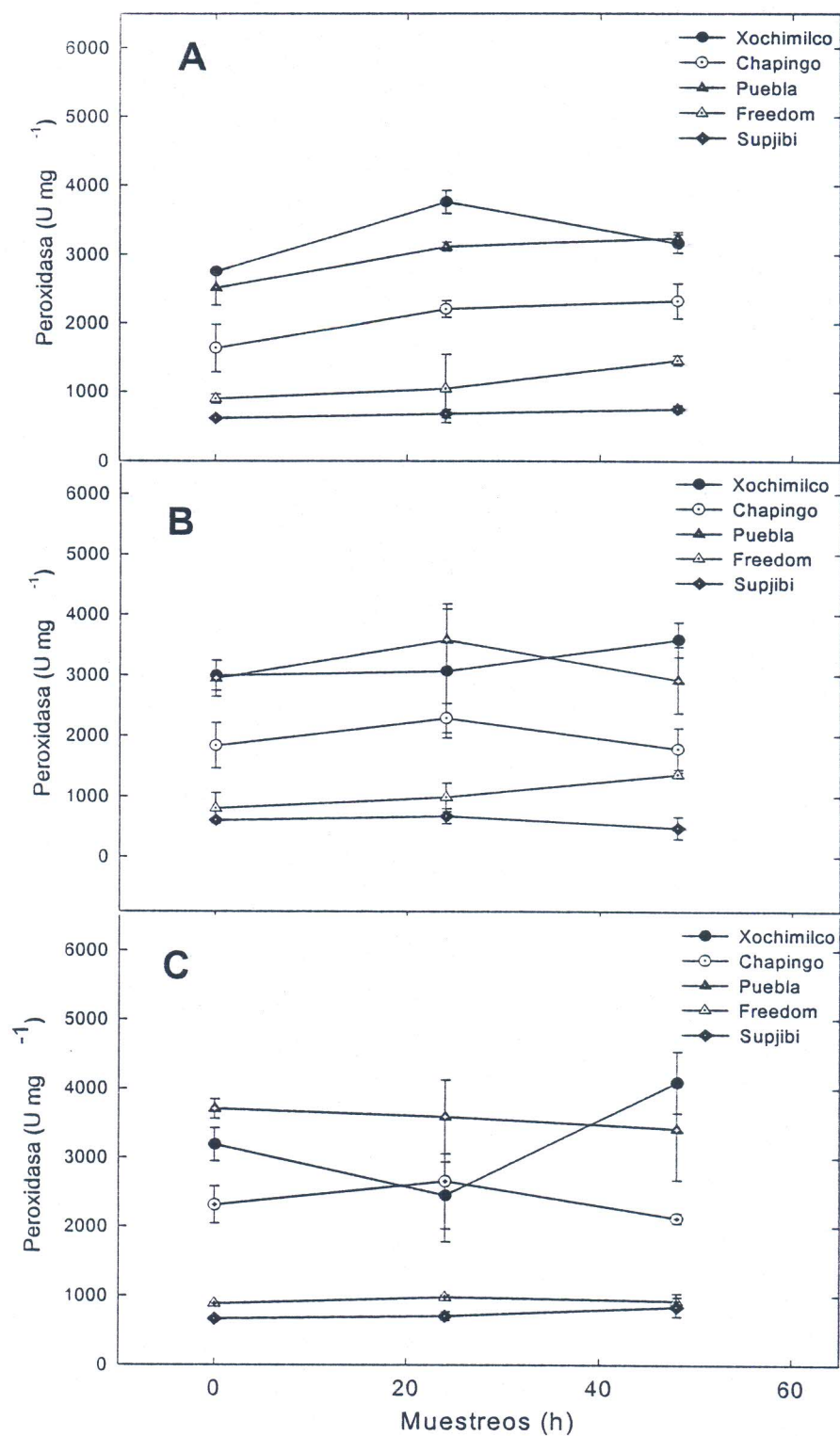


Figura 18. Comportamiento de la actividad enzimática de peroxidasa en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.3.1.2. Peroxidasa en bráctea

La actividad específica de la enzima peroxidasa en brácteas de acuerdo con el análisis de varianza realizado a los resultados, no mostró diferencias significativas entre: temperaturas (bloques) y tiempo de exposición. Sólo hubo diferencias entre: genotipos y la interacción genotipo x tiempo de exposición (Anexo 8).

El análisis de comparación de medias para la variable peroxidasa en brácteas, en las temperaturas de almacenamiento no encontró diferencias significativas y tampoco en tiempos de exposición (Cuadro 20).

Cuadro 20. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable peroxidasa en brácteas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Peroxidasa en bráctea (U·mg ⁻¹)
18	281.70 a ^z
7	266.61 a
2	247.80 a
DMS	47.593
Tiempo de exposición (h)	
48 (T)	277.36 a
24 (T)	268.32 a
0.0 (i)	250.43 a
DMS	47.593

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

La actividad específica de la enzima peroxidasa en brácteas mostró valores menores ($266 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ en promedio) en comparación con la actividad registrada en hojas ($2058 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ en promedio). No se encontraron diferencias entre temperaturas y tiempos de exposición de 2 (Figura 19 A), 7 (Figura 19 B) y 18 °C (Figura 19 C). Sólo se encontraron diferencias entre genotipos: Puebla (silvestre) y 'Supjibi' (cultivado) mostraron los valores más altos comparados con Xochimilco (semicultivado), 'Freedom' (cultivado) y Chapingo (semicultivado). La poca actividad enzimática específica de peroxidasa en brácteas, pudo deberse al tiempo de exposición. En plántulas de pepino se reporta un tiempo de exposición de cuatro días a 3 °C que es el doble del tiempo utilizado en el experimento (Zhaozhong *et al.*, 2003).

Entre genotipos, el análisis de comparación de medias también encontró diferencias significativas. La actividad enzimática específica fue mayor en el genotipo silvestre Puebla, en segundo lugar fue el genotipo cultivado 'Supjibi'. El tercer lugar fue para el genotipo semicultivado Xochimilco y el genotipo cultivado 'Freedom', la menor actividad específica se presentó en el genotipo semicultivado Chapingo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Actividad enzimática específica de peroxidasa en brácteas en genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Actividad específica de peroxidasa (U·mg ⁻¹)
Puebla	698.53 a ^z
'Supjibi'	337.01 b
Xochimilco	128.94 c
'Freedom'	126.48 c
Chapingo	35.89 d
DMS	71.89

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En la interacción genotipo x tiempo de exposición la mayor actividad se presento en los genotipos silvestre (Puebla) y los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi'. La actividad más baja se presentó en los genotipos semicultivados Xochimilco y Chapingo a las 48 h de almacenamiento

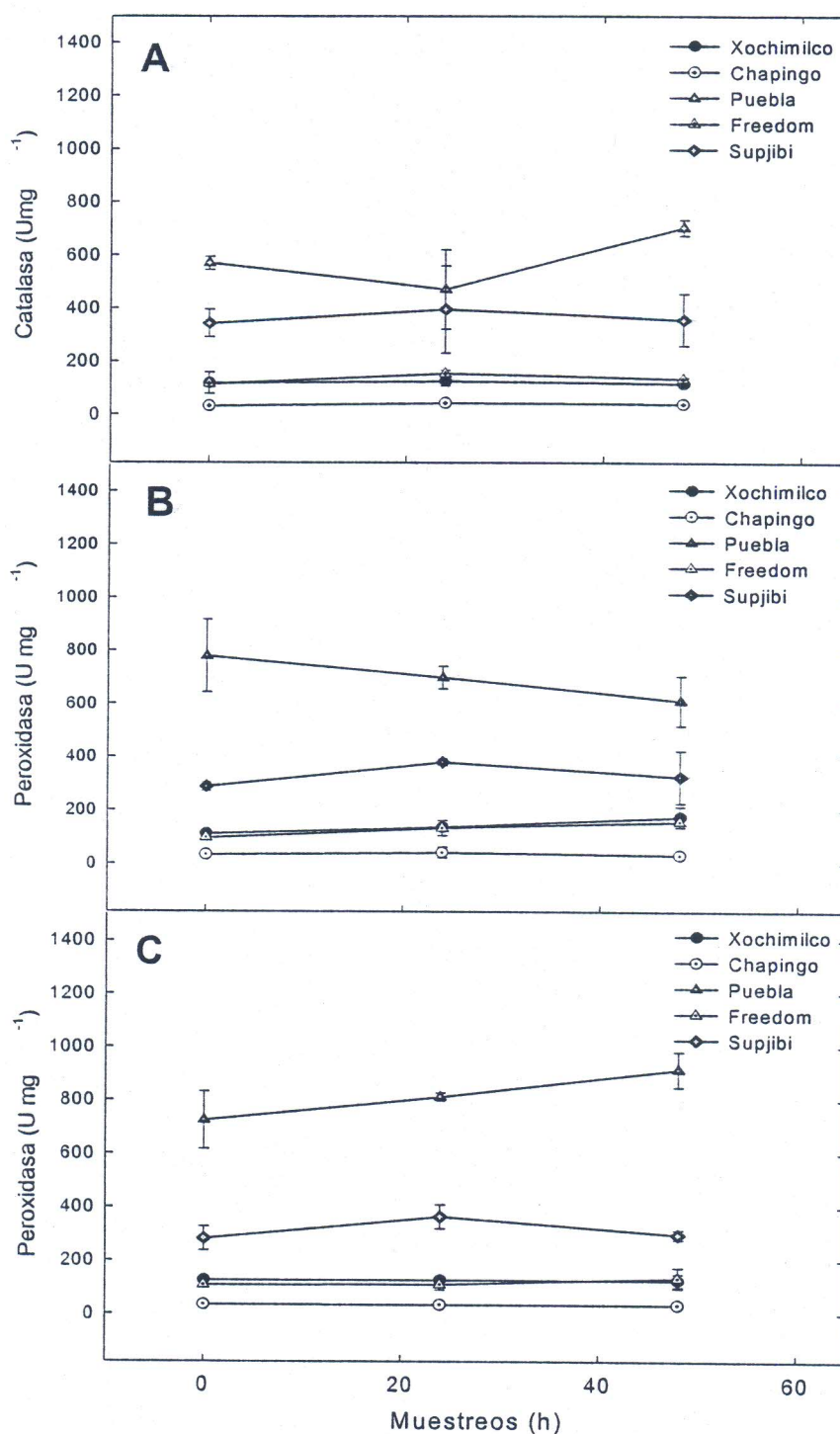


Figura 19. Comportamiento de la actividad enzimática de peroxidasa en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18°C (C).

4.1.3.2. Catalasa (EC. 1.11.1.6; CAT)

4.1.3.2.1. Catalasa en hoja

La actividad enzimática específica de catalasa en hojas mostró diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos. Hubo significancia estadística para: genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición, mientras que entre temperaturas (bloques) no hubo diferencias (Anexo 9).

El análisis de comparación de medias de catalasa en hojas, en los tratamientos de temperaturas no encontró diferencias significativas, mientras que sí encontró diferencias significativas entre los tiempos de exposición (Cuadro 22).

Cuadro 22. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable catalasa en hojas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Catalasa en hoja (U·mg ⁻¹)
2	18.754 a ^z
18	18.377 a
7	18.016 a
DMS	28317
Tiempo de exposición (h)	
48 (T)	19.788 a
0.0 (i)	18.610 ab
24 (T)	16.750 b
DMS	2.8317

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En los tiempos de almacenamiento de 2 (Figura 20 A), 7 (Figura 20 B) y 18 °C (Figura 20 C), el análisis estadístico no encontró diferencias significativas. Sólo hubo diferencias entre genotipos donde Chapingo y Xochimilco presentaron los valores más altos, intermedios Puebla y 'Freedom' y los valores más bajos 'Supjibi'. Al igual que en peroxidasa la poca diferencia de la actividad enzimática específica de catalasa en hojas pudo deberse al tiempo de exposición. Se han reportado tiempos de exposición de cuatro días a 3 °C en pepino, donde catalasa muestra una marcada reducción progresiva de su actividad enzimática (Zhaozhong *et al.*, 2003). Otros autores reportan también en hojas de pepino una respuesta a 8 °C durante tres días de tratamiento (Kuk *et al.*, 2003). En hojas de tabaco el daño en la actividad de catalasa por baja temperatura, se presentó a cuatro días a 5 °C. Esto indica que las bajas temperaturas y la respuesta en actividad de catalasa están relacionadas con las características de sensibilidad a temperaturas bajas de las especies estudiadas (Gechev *et al.*, 2003)

Entre genotipos, la comparación de medias también encontró diferencias significativas. Con una actividad específica mayor en genotipos semicultivados Chapingo y Xochimilco. En tercer lugar los genotipos cultivado 'Freedom' y el silvestre Puebla, por último el genotipo cultivado 'Supjibi' (Cuadro 23).

Cuadro 23. Actividad enzimática específica de catalasa en hojas en genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Actividad específica de catalasa (U·mg ⁻¹)
Chapingo	29.561 a ^z
Xochimilco	25.194 b
'Freedom'	15.714 c
Puebla	15.044 c
'Supjibi'	6.400 d
DMS	4.28

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En la interacción genotipo x tiempo de exposición, la mayor actividad de catalasa en hojas se presentó en los genotipos semicultivados (Chapingo y Xochimilco), seguidos del genotipo silvestre (Puebla). La menos actividad se presentó en los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi'. Esta actividad se presentó a las 48 h de tiempo de exposición.

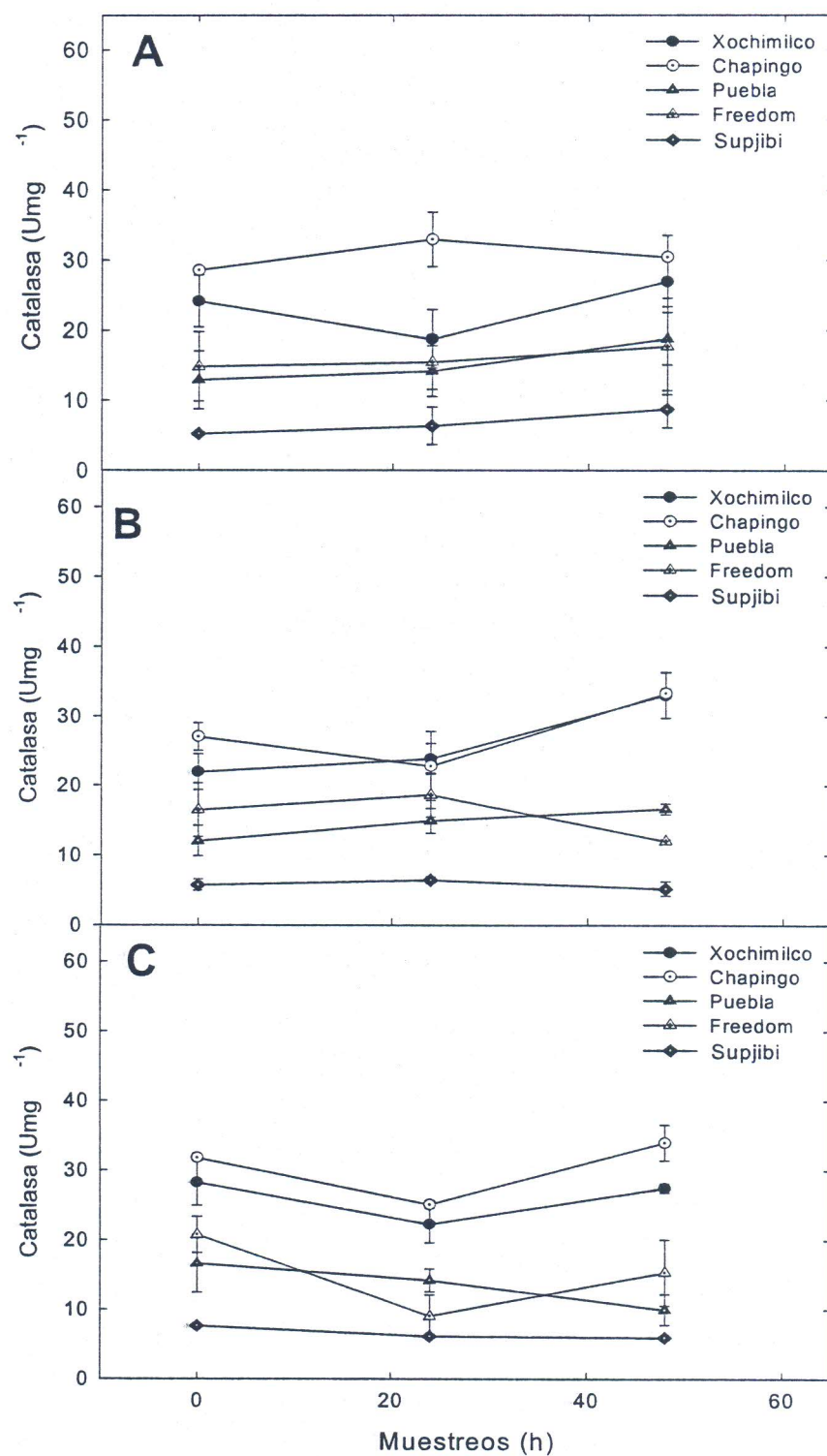


Figura 20. Comportamiento de la actividad enzimática de catalasa en hojas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

4.1.3.2.2. Catalasa en bráctea

Para actividad enzimática específica de catalasa en brácteas mostró diferencias significativas entre: temperatura (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición (Anexo 9).

El análisis de comparación de medias de catalasa en brácteas, en los tratamientos de temperaturas si encontró diferencias significativas, al igual que entre tiempos de exposición (Cuadro 24).

Cuadro 24. Comparación de medias de temperatura y tiempos de exposición, en la variable catalasa en brácteas de genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Temperatura (°C)	Catalasa en bráctea (U·mg ⁻¹)
2	73.944 a ^z
18	68.216 a
7	52.820 b
DMS	14.146
Tiempo de exposición (h)	
24 (T)	74.138 a
0.0 (i)	63.536 ab
48 (T)	57.305 b
DMS	14.146

DMS= Diferencia Mínima Significativa; i= Tiempo inicial; T= Tiempo durante el almacenamiento; PT= Tiempo a 18 °C posterior al almacenamiento.

^z = Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

De acuerdo con la comparación de medias las temperaturas de 2 (Figura 21 A) y 18 °C (Figura 21 C) no muestran diferencias significativas (73.94 y 68.23 U·mg⁻¹); sin embargo, el almacenamiento a 7 °C (Figura 21 B) presenta las

medias más baja ($52.82 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$), esto pudo deberse a que el genotipo cultivado 'Supjibi' a 7°C no mostró actividad enzimática específica ($0.0 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$). El tiempo de exposición de 0 h mostró una actividad intermedia ($63.536 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$), a 24 h de almacenamiento se incrementó la actividad ($74.138 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$) y a 48 h la actividad se redujo ($57.305 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$). La reducción de la actividad enzimática de catalasa es un efecto de bajas temperaturas (Guy, 1990; Feng *et al.*, 2003; Zhaozhong *et al.*, 2003).

En el almacenamiento a 2°C los genotipos que mostraron una reducción de la actividad específica después de 48 h de almacenamiento fueron 'Freedom' donde al inicio presentó una actividad de $100.56 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ y después de 48 h se redujo a $46.68 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ (53.58 %). Xochimilco también presentó un comportamiento similar, aunque con una reducción menor, de 80.26 a $78.30 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ (2.45 %). Chapingo presentó un cambio de 85.27 a $73.78 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ (10.33 %). Este efecto de reducción de la actividad enzimática de catalasa se ha reportado en pepino (*Cucumis sativus*) (Guy, 1990; Feierabend, 1992; Leey lee, 200; Feng *et al.*, 2003; Zhaozhong *et al.*, 2003; Kuk *et al.*, 2003;) y en tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Chamnonngpol *et al.*, 1998; Gechev *et al.*, 2003).

El genotipo silvestre Puebla mostró un comportamiento diferente, inició con una actividad $48.69 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$, después de 24 se incrementó a $50.57 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ (3.87 %) y después de 48 h de almacenamiento se incrementó la actividad a $90.67 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}$ (86.23 %). Este comportamiento indicaría una tolerancia a bajas temperaturas, en relación con los autores anteriormente mencionados, sin embargo, es

posible que sea un error en lectura ocurrido durante la cuantificación de la actividad enzimática. En el almacenamiento a 7 °C la actividad enzimática específica de los diferentes genotipos mostró pocas variaciones de la actividad enzimática.

Para genotipos la mayor actividad específica se encontró en los genotipos semicultivados Xochimilco y Chapingo, en segundo lugar el genotipo silvestres Puebla y el cultivado 'Supjibi'. La actividad enzimática específica más baja se presentó en el genotipo 'Freedom' (Cuadro 25).

Cuadro 25. Actividad enzimática específica de catalasa en brácteas entre genotipos silvestre, semicultivados y cultivados de nochebuena.

Genotipos	Actividad específica de catalasa (U·mg ⁻¹)
Xochimilco	82.370 a ^z
Chapingo	80.431 a
Puebla	65.931 ba
'Supjibi'	56.271 bc
'Freedom'	39.962 c
DMS	21.37

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

^z= Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas, al nivel del 0.05, de acuerdo con la prueba de Tukey.

En la interacción genotipo x tiempo de exposición la diferencias fueron mínimas, con poca diferencias entren tiempos de exposición, donde la menor actividad se presentó a las 48 h. Las mayores actividades se presentaron en los genotipos semicultivado (Xochimilco) y silvestre Puebla, seguido de Chapingo, y la menor actividad se presento de los genotipos cultivados 'Supjibi' y 'Freedom'.

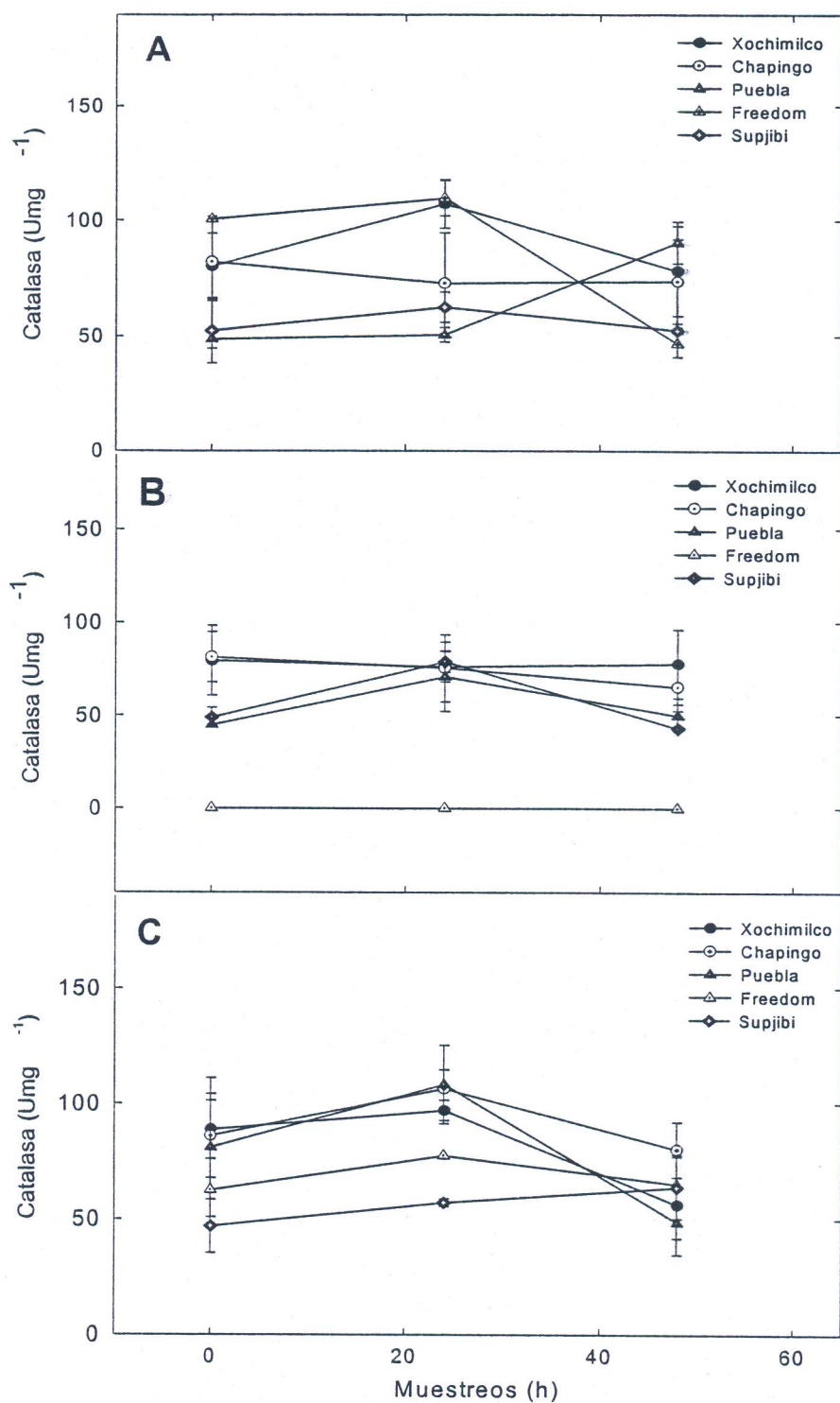


Figura 21. Comportamiento de la actividad enzimática de catalasa en brácteas de los genotipos silvestre, semicultivados y cultivados a temperaturas de 2 (A), 7 (B) y 18 °C (C).

V. CONCLUSIONES

- El almacenamiento de 2 °C a 48 h produce un marchitamiento temporal en las hojas de todos los genotipos, con una recuperación a las 24 h a 18 °C posteriores al almacenamiento; excepto en el genotipo silvestre (Puebla) que presenta una recuperación hasta las 48 h.
- El almacenamiento de 7 °C a 48 h produce en los genotipos semicultivados y silvestre un ligero marchitamiento temporal en hojas, con una recuperación a las 24 h posteriores al almacenamiento, después de llevarlas a 18 °C.
- En brácteas el almacenamiento de 2 °C a 48h produce lesiones necróticas en los bordes de brácteas jóvenes en los genotipos cultivados, mientras que los genotipos semicultivado Xochimilco y silvestre Puebla presentan manchas blancas, que se acentúan después de 24 h de llevarlas a 18 °C.
- El genotipo silvestres (Puebla) fue el único que presentó cambios más evidentes en los componentes del color (Cromaticidad, Luminosidad y ángulo de tono hue) durante el almacenamiento a 2 °C después de 24 y 48 h de exposición.
- La respiración en hojas separadas (*in vitro*) se incrementa después de 3 h de almacenamiento a 2 y 7 °C, los genotipos semicultivados y silvestre presentan una mayor respiración que los genotipos cultivados.

- El contenido de clorofila, liberación de etileno, la actividad enzimática específica de peroxidasa (hojas y brácteas) y catalasa en hojas, no presentan cambios en el almacenamiento a 2, 7 y 18 °C después de 48 h, sólo hubo diferencias entre genotipos.
- El almacenamiento a 2 °C reduce la actividad enzimática específica de catalasa en brácteas a 48 h.
- El genotipo silvestre (Puebla) es el más afectado por el almacenamiento a temperaturas de 2 y 7 °C durante 24 y 48 h.
- Los genotipos semicultivados Xochimilco, Chapingo y silvestre Puebla presentan mayor respiración, liberación de etileno y actividad enzimática de catalasa y peroxidasa, durante el almacenamiento de 2 °C a 48 h.
- Los genotipos cultivados 'Freedom' y 'Supjibi' presentan menor respiración, liberación de etileno y actividad enzimática de catalasa y peroxidasa, durante el almacenamiento de 2 °C a 48 h.
- En general las diferencias en resultados de las variables evaluadas se presentaron a nivel de genotipos (silvestre, semicultivado y cultivado).

VI. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1988. Los Municipios de Puebla 1ª edición. Gobierno del Estado de Puebla, Secretaría de Gobernación.
- Anónimo. 2001. Tropical Products Transport Handbook. Potted Flowering and Foliage Plants. Agricultural Marketing Service. USDA.
- Anónimo. 2002. Escalas para medir color y la expresión numérica del color. Guía para entender la comunicación del color. X-Rite. 25 p.
- Antunes M., D. C. y M. Sfakiotakis E. 2002. Chilling induced ethylene biosynthesis in 'Hayward' kiwifruit following storage. *Scientia Horticulturae*. 92: 29-39
- Blackwell R., D.; J. S. Murray A.; J. Lea P. 1990. Enzymes of photorespiratory carbon pathway. pp: 129-144. *In*: P.J. Lea (ed.). *Methods in Plant Biochemistry*. Academic Press. USA.
- 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: 248-254
- Camacho R., J. F.; D. B. Cortéz; H. G. García; V. M. López; C. J. Plata. 1989. Situación actual y perspectivas de la floricultura en el Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. De Fitotecnía. Chapingo, México. 86 p.
- Collins P., C. and T. Blessington M. 1982. Postharvest effects of dark storage, light duration, and source on keeping quality of *Ficus benjamina* L. *HortScience* 17: 906-908
- Conzatti, C. 1988. Flora taxonómica mexicana. Volumen I. Editorial. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. D.F. 220 p.
- Couey H., M. 1982. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. 162-165. *In*: Morris L. L. Chilling injury of horticultural crops. *HortScience* 17: 162-186
- Chamnongpol, S.; H. Willekens; W. Moeder; C. Langebartels; H. Sandermann; M. Van Montagu; D. Inzé; W. Van Camp. 1998. Defense activation and enhanced pathogen tolerance induced by H₂O₂ in transgenic tobacco. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 95: 5818-5823

- De Las Rivas, J. 2000. La luz y el aparato fotosintético 522 pp. *In*: Azcón B. J. y M. Talón. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGRAW-HIL INTERAMERICANA. Madrid, España.
- Ecke, P. 1990. The poinsettia manual. Third edition. Editorial Paul Ecke Poinsettia California, USA. 267 p.
- Feierabend, J.; C. Schaen; B. Hertwig. 1992. Photoinactivation of catalase occurs under both high and low temperature stress conditions and accompanies photoinhibition of photosystem II. *Plant Physiol.* 100: 1554-1561
- Feng, Z.; A. Gou; Z. Feng. 2003. Amelioration of chilling stress by triadimefon in cucumber seedlings. *Plant Growth Regulation* 39: 277-283
- Flurkey W., H. and J. Jen J. 1978. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. *Journal of Food Science* 43: 1828-1831
- Gallego, L.; M. S. Hernández; J. P. Fernández-Trujillo; O. Martínez and M. Quicazán. 2003. Color development of arazá fruit as related to modified atmosphere packaging. *Acta Horticulturae*. 628: 343-350
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Autónoma de México, D. F. México. 219 p.
- Gechev, T.; H. Willekens; M. Van Montagu; D. Inzé; W. Van Camp; V. Toneva; I. Minkov. 2003. Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress. *Plant Physiol.* 160: 509-515
- Guy C., L. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance. Role of protein metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41: 187-223
- Hidalgo, M.; J. Cruz; K. L. Parkin; H. S. Garcia. 1997. Refrigerated storage and chilling injury development of manila mangoes (*Mangifera indica* L.). *Acta Horticulturae*. 455:718-725
- Ho M., K. and M. Saltveit E. 2002. Reduced chilling tolerance in elongating cucumber seedling radicles is related to their reduced antioxidant and DPPH-radical scavenging activity. *Physiologia Plantarum*. 115: 244-250
- Hummel R., L. and R. Henny J. 1986. Variation in sensitivity to chilling injury within the genus *Aglaonema*. *HortScience*. 21: 291-293
- Joyce D., C.; S. Meara A.; S. Hetherington E.; P. Jones. 2000. Effects of cold storage on cut Grevillea 'Sylvia' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*. 18: 49-56

- Kuk Y., I.; H. Lee J.; Y. Y. Kim H.; J. Chung S.; CH. Chung G.; O. Guh J.; J. Lee H.; R. Burgos N.. 2003. Relations of cold acclimation and antioxidative enzymes with chilling tolerance in cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 661-666
- Kluge R., A.; L. L. Jomori M.; P. Jacomino A. 2003. Intermittent warming of 'Tahiti' lime to prevent chilling injury during cold storage. *Sci. agric.* 60: 729-734
- Lee D., H. And B Lee C. 2000. Chilling stress induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: In gel enzyme activity assays. *Plant Sci.* 159: 75-85
- Lee E., A.; A. Staebler M.; M. Tollenaar. 2002. Genetic variation in physiological discriminators for cold tolerance early autotrophic phase of maize development. *Crop Science.* 42: 1919-1929
- Levitt, J. 1980. Chilling, freezing and high temperature stress. Volume I *In: Responses of plants to environmental stress.* Academic Press. London England. 495 p.
- Lyons M., J. 1973. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 445-466
- Martínez, M. 1978. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México. 1209 p.
- Mckersie D., B. and Y. Leshem Y. 1994. Chilling stress *In: Stress and stress coping in cultivated plants.* Kluwer Academics Publishers. London, England. 256 p.
- McMahon M., J.; J. Pertuit A.; E. Arnold J. 1994. Effects of chilling on *Episcia* and *Dieffenbachia*. *J. Amer. Soc. Sci.* 119: 80-83
- Mendrano, H. y J. Flexas. 2000. Fotorrespiración y mecanismos de concentración de dióxido de carbono. pp 187-201. *In: Azcón B. J. y M. Talón. Fundamentos de Fisiología Vegetal.* McGRAW-HIL INTERAMERICANA. Madrid, España.
- Michaeli, R.; S. Philosoph H.; J. Riov; S. Meir. 1999. Chilling-induced leaf abscission of *Ixora coccinea* plants. I. Induction by oxidative stress via increased sensitivity to ethylene. *Physiologia Plantarum.* 107: 166-173
- Miller, S. and R. D. Heins. 1986. Variation in cyathia abscission of poinsetta cultivars in a greenhouse and a simulated postharvest environment. *HortScience* 21: 270-272

- Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyll pigments extracted with N,N-dimethylformamide. *Plant Physiol.* 69: 1376-1381
- Morris L., L. 1982. Chilling injury of horticultural crops: An overview. *HortScience.* 17:162-187
- Nell T., A.; T. Leonard R. and E. Barrett J. 1995. Production factors affect the postproduction performance of poinsettia - a review. *Acta Horticulturae.* 405: 132-137
- Nell T., A. and E. Barrett J. 1986. Influence of simulated shipping on the interior performance of Poinsettias. *HortScience* 21: 310-312
- Nishida, I. and N. Murata. Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: the critical contribution of membrane lipids. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 541-568
- Paull, R. E. 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. Pp. 17-36. *In:* Ed. C. Y. Wang. *Chilling Injury of Horticultural Crops.* C.R.C. Press. Boca Ratón.
- Raison J., K. and J. M. Lyons. 1996. Chilling injury: A plea for uniform terminology. *Plant Cell Environ.* 9: 685
- Reid M., S. 1991. Effects of low temperatures on ornamental plants. *Acta Horticulturae.* 298: 215-223
- Ribas C., M. y M. A. Gonzáles M. 2000. Fisiología de la respiración de las plantas. *In:* Azcón B. J. y M. Talón. *Fundamentos de Fisiología Vegetal.* McGRAW-HIL INTERAMERICANA. Madrid, España.
- Rodríguez C., B. 1985. *Botánica sistemática.* Editado por: Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Romero C., S. 1996. *Plagas y enfermedades de ornamentales.* UACH, Chapingo, México. 244 p.
- Routaboul J., M.; S. Fischer F.; J. Browse. 2000. Trienoic Fatty Acids Are Required to Maintain Chloroplast Function at Low Temperatures. *Plant Physiol.* 124: 1697-1705
- Rudnicki R., M.; J. Nowak and D. M. Goszczynska. 1991. Cold storage and transportation conditions for cut flowers cuttings and potted plants. *Acta Horticulturae.* 298: 225-236

- Rodríguez M., M. N.; G. Alcántara G.; A. Aguilar S.; J. D. Etchevers B.; J. A. Santizó R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16: 135-141
- Sainz R., H. y E. Echeverría H. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron.*, 03: 37-44
- Saltveit M., E. and L. Morris L. 1990. Overview on Chilling Injury of Horticultural Crops. *In*: Wang, C. Y. (ed). Chilling injury of Horticultural Crops. CRC Press. USA.
- Savé J., R.; I. Filella; C. Olivella. 1995. Water relations, hormonal level, and spectral reflectance of *Gerbera jamesonii* bolus subjected to chilling stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 515-519
- Scott L., F.; T. Blessington M.; J. Price A. 1982. Postharvest performance of poinsettia as affected by micronutrient source, storage and cultivar. *HortScience* 17: 901-902
- Scott L., F.; T. Blessington M.; J. Price A. 1983. Postharvest effects of temperature, dark storage duration, and sleeving on quality retention of 'Gutbier V-14Glory' Poinsettia. *HortScience* 18: 749-750
- Scott L., F.; T. Blessington M.; J. Price A. 1984 a. Influence of controlled release fertilizers, storage duration, and light source on postharvest quality of poinsettia. *HortScience* 19: 111-112
- Scott L., F.; T. Blessington M.; J. Price A. 1984 b. Postharvest effects of storage method and duration on quality retention of poinsettias. *HortScience* 19: 290-291
- Serek, M. and M. S. Reid. 1994. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 572-577
- Serek, M. and M. S. Reid. 2000. Ethylene and postharvest performance of potted kalanchoë. *Postharvest Biology and Technology*. 18: 43-48
- Staby, G. 1978. Postharvest characteristics of poinsettia as influenced by handling and storage procedures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 712-715
- Staby, G. 1979. Production conditions as they affect harvest and postharvest characteristics of poinsettia. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 88-92
- Tantau, H. and Dorffling K. 1991. Effects of chilling on physiological responses and changes in hormone levels in two *Euphorbia pulcherrima* varieties with different chilling tolerance. *Journal of Plant Physiology*. 138: 734-740

- Van Dijk, A. and Gelder, A. 1990. Differences in transportability of poinsettia. Comparison of cultivars very necessary. *Vakblad voor de Bloemisterij*. 45: 54-55
- Van Dijk, A. and H. Barendse. 1991. Determining keeping quality of pot plants. *Acta Horticulturae*. 298: 267-273
- Vidalei, H. 1992. Producción de flores y plantas ornamentales. Editorial Mundi-Prensa. 2ª edición. Madrid, España. 310 p.
- Wang Ch., Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *In*: Morris L. L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. *HortScience* 17: 162-186
- Wise R., R. and A. Naylor W. 1987. Chilling-Enhanced photooxidation. Evidence for the role of singlet oxygen and superoxide in the breakdown of pigments and endogenous antioxidants. *Plant Physiol*. 83:278-282
- Woodnw, L. and Grodzinske, B. 1987. Ethylene evolution from bracts and leaves of poinsettia, *Euphorbia pulcherrima* Willd. *Journal of Experimental Botany*. 38: 2024-2032
- Yi Z., Ch. and D. Patterson. 1985. Ethylene and 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid as indicators of chilling sensitivity in various plant species. *Aust. J. Plant Physiol*. 12: 377-385
- Zacarías, L. y M. T. Lafuente. Etileno, ácido abscísico y otros reguladores del desarrollo. *In*: Azcón B. J. y M. Talón. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Edi. McGRAW-HIL INTERAMERICANA. Madrid, España. 522 p.
- Zhaozhong, F.; G. Anhong and F. Zongwei. 2003. Amelioration of chilling stress by triademefon in cucumber seedlings. *Plant Growth Regulation* 39: 277-283

VII. ANEXOS

Anexo 1. Características químicas y físicas del sustrato comercial de viveros PLANTEC.

Propiedades Químicas		
Parámetro	Valor	Clasificación
C.I.C.	7.7 mol(+)kg ⁻¹	Baja.
C.E.	5.9 dSm ⁻¹	Moderadamente salino.
pH	6.2	Ligeramente ácido
Materia orgánica	10.407 %	Extremadamente rico.
Bicarbonatos	0.30 m.e.L ⁻¹	Satisfactorio para la mayoría de las plantas.
Cloruros	1.05 m.e.L ⁻¹	Gama normal encontrado en los suelos.
Calcio	47.5 m.e.L ⁻¹	Medio
Magnesio	2.41 m.e.L ⁻¹	Medio
N total	0.3542 %	Rico
P asimilable	58.25 mg·L ⁻¹	Alto
K	3263.4 mg·L ⁻¹	Alto
Na	2.125 m.e.L ⁻¹	Extremadamente sensible
Textura	-----	
Propiedades Físicas		
C.C.	42.95	
P.M.P.	49.16	
Dap	0.6849	
Estructura	-----	

Anexo 2. Valores de F calculada para las evaluaciones de apariencia en hojas entre: temperatura (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacciones genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	DF	F calculada
Bloques	2	68.14*
Genotipos	4	12.46*
Tiempo de exposición	4	63.95*
Genotipo x tiempo de exposición	16	6.41*
CV		3.86

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; GL = Grados de Libertad; CV = Coeficiente de Variación.

Anexo 3. Valores de F calculada para las evaluaciones de apariencia en brácteas entre: temperatura (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	DF	F calculada
Bloques	2	176.23*
Genotipos	4	7.73*
Tiempo de exposición	4	32.85*
Genotipo x tiempo de exposición	16	NS
CV		8.26

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo; GL = Grados de Libertad; CV = Coeficiente de Variación.

Anexo 4. Valores de F calculada para las evaluaciones de componentes del color en brácteas entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	DF	F calculada		
		C	L	H
Bloques	2	15.92*	15.92*	29.46*
Genotipos	4	622.59*	622.59*	92.19*
Tiempo de exposición	4	3.70*	3.70*	NS
Genotipo x tiempo de exposición	16	2.23*	2.23*	1.81*
CV		1.54	1.54	1.31

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo; GL = Grados de Libertad;
CV = Coeficiente de Variación; C = Cromaticidad; L = Luminosidad; H = Ángulo hue.

Anexo 5. Valores de F calculada para el contenido de clorofila (Unidades SPAD) en hojas entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	DF	F calculada
Bloques	2	NS
Genotipos	4	345.89*
Tiempo de exposición	4	NS
Genotipo x tiempo de exposición	16	NS
CV		4.09

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo GL = Grados de Libertad;
CV = Coeficiente de Variación.

Anexo 6. Valores de F calculada para las evaluaciones de respiración (CO₂) en hojas *in vitro* entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	DF	F calculada
Bloques	2	4.51*
Genotipos	4	25.57*
Tiempo de exposición	2	51.42*
Genotipo x tiempo de exposición	8	3.35*
CV		55.17

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo; GL = Grados de Libertad;
CV = Coeficiente de Variación.

Anexo 7. Valores de F calculada para las evaluaciones de emisión de etileno en hojas *in vitro* entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	DF	F calculada
Bloques	2	NS
Genotipos	4	2.92*
Tiempo de exposición	2	5.56*
Genotipo x tiempo de exposición	8	NS
CV		172.16

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo; GL = Grados de Libertad;
CV = Coeficiente de Variación.

Anexo 8. Valores de F calculada para los valores de la actividad enzimática de peroxidasa en hojas y brácteas entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	GL	F calculada	
		Hoja	Bráctea
Bloques	2	NS	NS
Genotipos	4	11.31 *	216.55*
Tiempo de exposición	2	NS	NS
Genotipo x tiempo de exposición	8	33.48*	50.47*
CV		23.34	28.91

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo; GL = Grados de Libertad;
CV = Coeficiente de Variación.

Anexo 9. Valores de F calculada para los valores de la actividad enzimática de catalasa en hojas y brácteas entre: temperaturas (bloques), genotipos, tiempo de exposición y la interacción genotipo x tiempo de exposición.

Genotipos	GL	F calculada	
		Hoja	Bráctea
Bloques	2	NS	6.88*
Genotipos	4	71.94*	10.76*
Tiempo de exposición	2	2.20*	2.20*
Genotipo x tiempo de exposición	8	22.32*	2.61*
CV		24.84	35.09

*= Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS = No Significativo; GL = Grados de Libertad;
CV = Coeficiente de Variación.