

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

## DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INFLUENCIA DEL CALCIO, BORO Y MOLIBDENO EN  
LA CALIDAD DE NOCHEBUENA

**T E S I S**  
QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS EN  
HORTICULTURA**

P R E S E N T A:

JUAN AYALA ARREOLA



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



*Chapingo, México, marzo 2004.*



Instituto de Horticultura

# **INFLUENCIA DEL CALCIO, BORO Y MOLIBDENO EN LA CALIDAD DE NOCHEBUENA**

Tesis realizada por JUAN AYALA ARREOLA 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

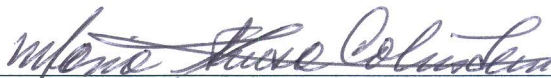
DIRECTORA



---

DRA. Ana María Castillo González

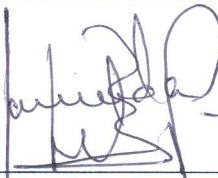
ASESOR



---

DRA. María Teresa Colinas León

ASESOR



---

M. C. Joel Pineda Pineda



## DEDICATORIA

A **DIOS**, por permitir ser parte de su creación y disfrutar día a día la alegría de seguir viviendo.

A mis Padres, **Juan Diego y Guadalupe** por darme la vida, por su apoyo incondicional, por ser unas personas maravillosas dignas de seguir su ejemplo.

A mi Esposa **Leticia** por ser alguien muy especial en mi vida.

A mis hijos, **Iván, Brian y Diana**, por ser mi motivo de superación y por los momentos de alegría que me han brindado.

A mis hermanos (as), **Isabel, Reyes, Margarita, Maria Elena, Josefina y Claudia**, por su apoyo y comprensión.

A mis sobrinos, **Alexa, Deisy, Dania, Jesús, Paúl, Edwin y Juan** por los momentos de alegría que hemos compartido.

A mis **Tíos** por su apoyo y muestras de cariño que siempre me han brindado.

A mis **amigos y compañeros** de la maestría generación **2002-2003**.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma Chapingo**, en especial al **Departamento de Fitotecnia** por haber permitido mis estudios de maestría.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por haber financiado 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 Dra. Ana María Castillo González con la colaboración de la Dra. María Teresa Colinas León.

Al comité de revisión de este trabajo de tesis, integrado por:

**Dra Ana Maria Castillo González**

**Dra María Teresa Colinas León**

**M.C Joel Pineda Pineda**

Gracias por valiosos comentarios además por su disposición y acertada dirección para la realización del presente trabajo de investigación.

Al **M.C Efraín Contreras Magaña**, al **Biólogo José C. Vázquez** y al **Profesor Claudio Pérez Mercado** por la amistad brindada durante tantos años.

A las familias: **Meraz Moreno, Sánchez Carmona, Zarate Zarco, Meraz Urban** por su generosidad y sus buenos consejos.

Al personal del laboratorio de usos múltiples (**Cecilio, Tacho y Toño**), al de la biblioteca (**Valentín Carlos y Eva**), al del laboratorio de fisiología de frutales (**Antonio y Ángela**) por el apoyo brindado.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

El autor del presente trabajo, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, es originario de Canatlán, Durango. Realizó estudios de Educación Media y Superior en la Universidad Autónoma Chapingo con sede en Texcoco Edo de México, donde cursó la carrera de fitotecnia con orientación en Fruticultura.

En 1990 trabajo en FIRA como asesor externo. De 1992-1995 laboro en la empresa TIASA dedicada a estudios de manejo integral forestal donde desempeño cargos de coordinador y responsable de la elaboración cartográfica. De 2001-2002 fue profesor por asignatura en la Universidad Autónoma del Estado de México en la facultad de agronomía con sede en Zumpango impartiendo las cátedras de fruticultura I, II y fisiología y tecnología de poscosecha.

## INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE Ca, B y Mo EN LA CALIDAD DE NOCHEBUENA

### THE INFLUENCE OF Ca, B AND Mo APPLICATIONS ON FLOWER QUALITY OF POINSETTIAS

Juan Ayala-Arreola<sup>1</sup>, Ana María Castillo-González<sup>2</sup>, María Teresa Colinas-León<sup>2</sup>,  
Joel Pineda-Pineda<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación foliar de calcio, boro y molibdeno en el desarrollo vegetativo, floración, calidad de flor y vida de poscosecha de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja. Los tratamientos fueron (sin aplicación, 300, 400 y 500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; 0.2, 0.5 y 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; 0.3, 0.4 y 0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; las combinaciones de 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B, 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo, 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo y 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo) se aplicaron antes, a la mitad y a la salida del periodo de inducción floral. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Se muestrearon hojas y brácteas, evaluándose área foliar, peso fresco, seco y específico de hoja, contenido de clorofilas a, b y total en hojas y brácteas, además de carotenoides y antocianinas en brácteas; estas variables se evaluaron en poscosecha junto con la caída de hojas, brácteas y ciatios. Semanalmente se midió la altura de la planta, diámetro del tallo y al final del ciclo el diámetro de

#### ABSTRACT

The effect of foliar applications of Ca, B and Mo on development, flowering, flower quality, and postharvest life of poinsettias cv. Red Supjibi was evaluated. The treatments were: 300, 400 and 500 mg L<sup>-1</sup> of Ca; 0.2, 0.5 and 0.8 mg L<sup>-1</sup> of B; 0.3, 0.4 and 0.5 mg L<sup>-1</sup> of Mo; the combinations of 400 mg L<sup>-1</sup> of Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> of B, 400 mg L<sup>-1</sup> of Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> of Mo, 0.5 mg L<sup>-1</sup> of B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> of Mo and 400 mg L<sup>-1</sup> of Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> of B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> of Mo. Additionally, some plants received no applications. Applications were made before, at the halfway point, and after the floral induction period. The experiment design was completely random. Samples of leaves and bracts were taken, and then leaf area, fresh, dry and specific weight, chlorophyll a, b and total chlorophyll content, and bract content of carotenoid and anthocianins were determined. Also, the postharvest loss of leaves, bracts and cyathia was evaluated. Plant height and stem diameter were measured weekly. The diameter of the main inflorescence, the diameter of the flower from the

<sup>1</sup> Maestría en Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. ayala67755@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesor-investigador. Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH. 56230.



la inflorescencia principal, diámetro de la flor del brote principal, altura, número y diámetro de brotes por planta, así como el número de brácteas dañadas por frío. En hojas se determinó N, P, K Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo y B. El Ca en 400 mg L<sup>-1</sup> incrementó en 15.2 % la altura de planta. El Ca y B (300 y 0.8 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente) presentaron mayor número de brácteas (5.7 y 5.6) con inicio de coloración. La clorofila a, b y total en hojas a las tres semanas del fotoperiodo corto disminuyeron en 11.23, 12.30 y 11.57 %, respectivamente. Del 5 de noviembre al 5 de diciembre, la clorofila disminuyó en un 95 % y los carotenoides en 89 %, en tanto que las antocianinas se incrementaron en 1285 %. Al final del periodo de posproducción el B (0.5 mg L<sup>-1</sup>) favoreció la altura de brotes, número de brácteas coloreadas por planta, diámetro de inflorescencia principal y disminuyó el número de brácteas dañadas por frío e incrementó el contenido de B, Mn y vida de poscosecha de las plantas al disminuir en 54.93 y 8.67 % la caída de hojas y ciatios.

**PALABRAS-CLAVE:** Antocianinas, carotenoides, clorofila, crecimiento vegetativo, inflorescencia.

main bud, the number, diameter and length of buds per plant, and the number of bracts injured due to chilling were determined at the end of the plant cycle. The leaf content of N, P, K Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo and B was measured. Ca in 400 mg L<sup>-1</sup> increased plant height by 15.2 % . Ca and B (300 and 0.8 mg L<sup>-1</sup>, respectively) produced a larger number of coloured bracts per plant (5.7 and 5.6). After three weeks of short photoperiod, chlorophyll a, b and total chlorophyll in leaves diminished 11.23, 12.30 and 11.57 %, respectively. From november 5 to december 5, the chlorophyll diminished 95 % and carotenoid 89 %, whereas the anthocianins increased 1285 %. At harvest, the B application (the 0.5 mg L<sup>-1</sup>) increased the length of buds, the number of coloured bracts, the diameter of the main inflorescence, the leaf content of B and Mn, and the postharvest life of plants by reducing the loss of leaves and cyathia (54.93 and 8.67 % , respectively). This same application reduced the number of bract injuries due to chilling.

**KEY WORDS:** Anthocianins, carotenoid, chlorophyll, vegetative growth, inflorescence



## ÍNDICE GENERAL

|                                                                                | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>                                                  | vi     |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>                                                  | vii    |
| <b>ÍNDICE DEL ANEXO.....</b>                                                   | XI     |
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>                                                    | 1      |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                                         | 3      |
| 2.1 Cultivo de nochebuena.....                                                 | 3      |
| 2.2 Requerimientos de la planta.....                                           | 3      |
| 2.2.1 Luz.....                                                                 | 3      |
| 2.2. 2 Temperatura.....                                                        | 4      |
| 2.2.3 Humedad relativa.....                                                    | 6      |
| 2.3 Pigmentos.....                                                             | 7      |
| 2.3.1 Clorofila.....                                                           | 7      |
| 2.3.1.1 Clorofila a.....                                                       | 7      |
| 2.3.1.2 Clorofila b y otros pigmentos accesorios.....                          | 8      |
| 2.3.1.3 Biosíntesis de la clorofila.....                                       | 8      |
| 2.3.1.4 Degradación de la clorofila.....                                       | 10     |
| 2. 3.2 Carotenoides.....                                                       | 11     |
| 2.3.2.1 Biosíntesis de carotenoides.....                                       | 12     |
| 2.3.2.1.1 Formación del ácido mevalónico.....                                  | 12     |
| 2.3.2.1.2 Formación de Geranylgeranyl Pirofosfato (GGPP) y del<br>Fitoeno..... | 13     |
| 2.3.2.1.3 Desaturación del fitoeno.....                                        | 13     |
| 2.3.3 Antocianinas.....                                                        | 13     |
| 2.4 Nutrición en nochebuena.....                                               | 16     |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1 Efecto de la nutrición en los pigmentos.....                           | 20 |
| 2.4.2 Papel fisiológico del calcio, boro y molibdeno .....                   | 22 |
| 2.4.2.1 Calcio.....                                                          | 22 |
| 2.4.2.2 Boro.....                                                            | 25 |
| 2.4.2.3 Molibdeno.....                                                       | 29 |
| 2.7 Vida de poscosecha.....                                                  | 30 |
| 2.7.1 Senescencia.....                                                       | 30 |
| 2.7.2 Senescencia en flores.....                                             | 31 |
| 2.7.3 Senescencia en hojas.....                                              | 32 |
| 2.7.4 Cambios en la pigmentación de las brácteas durante la senescencia..... | 33 |
| 2.7.5 Factores que afectan la vida de poscosecha de nochebuena.....          | 33 |
| 2.7.5.1 Temperatura.....                                                     | 33 |
| 2.7.5.2 Luz.....                                                             | 34 |
| 2.7.5.3 Nutrición.....                                                       | 35 |
| 2.7.5.4 Agua.....                                                            | 35 |
| 2.7.5.5 Almacén.....                                                         | 35 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                               | 36 |
| 3.1 Etapa 1. Etapa de desarrollo vegetativo y floración.....                 | 36 |
| 3.1.1 Material Vegetal.....                                                  | 36 |
| 3.1.2 Localización.....                                                      | 36 |
| 3.1.3 Tratamientos.....                                                      | 36 |
| 3.1.4 Trasplante.....                                                        | 37 |
| 3.1.5 Solución nutritiva utilizada.....                                      | 38 |
| 3.1.6 Análisis del sustrato.....                                             | 38 |
| 3.1.7 Análisis químico del agua.....                                         | 39 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.8 Control de plagas y enfermedades.....                                             | 39 |
| 3.1.9 Riegos.....                                                                       | 39 |
| 3.1.10 Tapado de la planta.....                                                         | 40 |
| 3.1.11 Aplicación de los tratamientos.....                                              | 40 |
| 3.1.12 Diseño experimental.....                                                         | 40 |
| 3.1.13 Variables evaluadas.....                                                         | 40 |
| 3.1.13.1 Área foliar, peso fresco y seco de la hoja.....                                | 40 |
| 3.1.13.2 Peso específico de hoja.....                                                   | 41 |
| 3.1.13.3 Número de brácteas con inicio de coloración.....                               | 41 |
| 3.1.13.4 Evaluación del color externo.....                                              | 41 |
| 3.1.13.5 Extracción y cuantificación de clorofilas en hojas y brácteas.....             | 42 |
| 3.1.13.6 Extracción y cuantificación de carotenoides y antocianinas en<br>brácteas..... | 43 |
| 3.1.13.6.1 Carotenoides.....                                                            | 43 |
| 3.1.13.6.2 Antocianinas.....                                                            | 43 |
| 3.1.13.6.3 Análisis nutrimental de las hojas.....                                       | 44 |
| 3.1.13.7 Altura de planta.....                                                          | 45 |
| 3.1.13.8 Diámetro de tallo.....                                                         | 45 |
| 3.1.13.9 Diámetro de inflorescencia principal.....                                      | 45 |
| 3.1.13.10 Diámetro de la flor del brote principal.....                                  | 46 |
| 3.1.13.11 Número de brotes por planta.....                                              | 46 |
| 3.1.13.12 Altura de brotes.....                                                         | 46 |
| 3.1.13.13 Diámetro de brotes.....                                                       | 46 |
| 3.1.13.14 Número de brácteas coloreadas totales por planta.....                         | 46 |
| 3.1.13.15 Número de brácteas dañadas por frío.....                                      | 46 |

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1.4 Análisis estadístico.....                                                           | 47 |
| 3.2 Etapa 2. Poscosecha de las plantas de nochebuena.....                                   | 47 |
| IV. RESULTADOS.....                                                                         | 48 |
| 4.1 Variables de crecimiento.....                                                           | 48 |
| 4.1.1 Área foliar, peso fresco, peso seco y peso específico.....                            | 48 |
| 4.1.2 Altura de planta.....                                                                 | 50 |
| 4.1.3 Número de brotes por planta.....                                                      | 51 |
| 4.1.4 Diámetro de tallo.....                                                                | 52 |
| 4.1.5 Diámetro de brotes.....                                                               | 53 |
| 4.1.6 Altura de brotes.....                                                                 | 54 |
| 4.1.7 Número de brácteas con inicio de coloración.....                                      | 56 |
| 4.1.8 Número de brácteas totales coloreadas por brote.....                                  | 57 |
| 4.1.9 Número de brácteas dañadas por frío.....                                              | 58 |
| 4.1.10 Diámetro de la flor del brote principal.....                                         | 60 |
| 4.1.11 Diámetro de inflorescencia principal.....                                            | 61 |
| 4.2 Pigmentos.....                                                                          | 62 |
| 4.2.1 Contenido de clorofila a, b y total en hojas.....                                     | 62 |
| 4.2.2. Contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en<br>brácteas..... | 64 |
| 4.3 Análisis nutrimental en hojas.....                                                      | 68 |
| 4.3.1 Nitrógeno.....                                                                        | 68 |
| 4.3.2 Fósforo.....                                                                          | 70 |
| 4.3.3 Potasio.....                                                                          | 71 |
| 4.3.4 Calcio.....                                                                           | 73 |
| 4.3.5 Magnesio.....                                                                         | 74 |
| 4.3.6 Boro.....                                                                             | 76 |



|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.7 Molibdeno.....                                                                  | 78  |
| 4.3.8 Manganese.....                                                                  | 80  |
| 4.3.9 Hierro y Zinc.....                                                              | 82  |
| 4.3.10 Cobre.....                                                                     | 84  |
| 4.4 Evaluación del color.....                                                         | 87  |
| 4.5 Pigmentos en la etapa de poscosecha.....                                          | 89  |
| 4.5.1 Contenido de clorofila a, b y total en hojas.....                               | 89  |
| 4.5.2 Contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas... | 90  |
| 4.5.2.1 Clorofila a, b y total.....                                                   | 90  |
| 4.5.2.2 Carotenoides y antocianinas.....                                              | 92  |
| 4.6 Caída de hojas, brácteas y ciatios.....                                           | 94  |
| V. CONCLUSIONES.....                                                                  | 98  |
| VI. LITERATURA CITADA.....                                                            | 100 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                    | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Cuadro 1. Tratamientos aplicados foliarmente a plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                                                                                                                         | 37     |
| Cuadro 2. Solución nutritiva utilizada.....                                                                                                                                                                        | 38     |
| Cuadro 3. Área foliar, peso fresco, peso seco y peso específico en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                      | 48     |
| Cuadro 4. Contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratada con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                           | 65     |
| Cuadro 5. Valores de Hue, croma y L por fecha de muestreo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratada con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                             | 88     |
| Cuadro 6. Contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratada con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la etapa de poscosecha..... | 93     |
| Cuadro 7. Porcentaje de hojas, ciatios y brácteas caídos en plantas de nochebuena cv Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la etapa de poscosecha.....                    | 95     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Comportamiento del área foliar y el peso fresco de hojas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....              | 49     |
| Figura 2. Comportamiento del peso seco y el peso específico de hojas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....            | 49     |
| Figura 3. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                                          | 51     |
| Figura 4. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brotes por planta de nochebuena cv. Subjibi roja. ....                               | 52     |
| Figura 5. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro del tallo de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                              | 53     |
| Figura 6. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro de los brotes en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                          | 54     |
| Figura 7. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la altura de los brotes de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                            | 55     |
| Figura 8. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brácteas con inicio de coloración.....                                               | 57     |
| Figura 9. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brácteas coloreadas totales por brote de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja..... | 58     |

|            |                                                                                                                                                                                         |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 10. | Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brácteas dañadas por frío en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                                | 60 |
| Figura 11. | Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro de la flor del brote principal de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                            | 61 |
| Figura 12. | Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro de la inflorescencia principal de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....                            | 62 |
| Figura 13. | Comportamiento de la clorofila a, b y total en hojas de nochebuena cv. Subjibi roja tratada con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                  | 63 |
| Figura 14. | Comportamiento de la clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno..... | 66 |
| Figura 15. | Comportamiento del nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                              | 69 |
| Figura 16. | Comportamiento del fósforo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                                | 70 |
| Figura 17. | Comportamiento del potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                                | 72 |



|            |                                                                                                                                                    |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 18. | Comportamiento del calcio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....            | 74 |
| Figura 19. | Comportamiento del magnesio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....          | 75 |
| Figura 20. | Comportamiento del boro en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno .....             | 78 |
| Figura 21. | Comportamiento del molibdeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....         | 79 |
| Figura 22. | Comportamiento del manganeso en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....         | 80 |
| Figura 23. | Comportamiento del hierro y zinc en plantas de nochebuena cv. Supjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....     | 84 |
| Figura 24. | Comportamiento del cobre en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....             | 86 |
| Figura 25. | Comportamiento de la clorofila a, b y total en hojas de nochebuena cv. Subjibi roja en la etapa de poscosecha.....                                 | 90 |
| Figura 26. | Comportamiento de la clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja en la etapa de poscosecha..... | 91 |

## ÍNDICE DEL ANEXO

Página

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 1A.  | Análisis de correlación de Pearson entre área foliar, peso fresco, seco y específico de la hoja con el contenido de clorofila a, b y total en plantas nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                      | 111 |
| Cuadro 2A.  | Análisis de correlación de Pearson entre el contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas con el área foliar. contenido de clorofila a, b y total en hojas de plantas de nochebuena cv. Supjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.... | 111 |
| Cuadro 3A.  | Análisis de correlación de Pearson entre área foliar, contenido de clorofila a, b y total en hojas con el contenido nutrimental en plantas de nochebuena tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                                               | 112 |
| Cuadro 4A.  | Análisis de correlación de Pearson entre nutrimentos en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.....                                                                                                                         | 113 |
| Figura 1 A. | Comportamiento de Hue en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 y 21 de noviembre.....                                                                                                                                | 114 |
| Figura 2 A. | Comportamiento de Croma ( C ) y L en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 y 21 de noviembre.....                                                                                                                    | 114 |
| Figura 3 A. | Comportamiento de Hue en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 de diciembre.....                                                                                                                                     | 114 |

|                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4 A. Comportamiento de Croma ( C ) y L en brácteas de nochebuena cv.<br>Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y<br>molibdeno al 5 de diciembre..... | 114 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## I. INTRODUCCION

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd) también conocida como poinsettia, es una de las plantas de producción en maceta de mayor importancia en México, por su alta demanda en épocas decembrinas y por ser una fuente de trabajo, ya que requiere de mucha mano de obra en su cultivo, tanto en la fase de producción de planta madre y esqueje, como en la de producción de plantas con flores.

Los parámetros de calidad en las plantas de nochebuena son el color verde de sus hojas, las diferentes tonalidades de sus brácteas, y la vida en poscosecha, que incluye la conservación del color de sus hojas y brácteas, así como la permanencia de las hojas, brácteas y ciatios.

La nutrición en nochebuena tiene gran influencia en la calidad de la flor, por lo que es primordial determinar la cantidad de cada nutrimento que la planta requiere en cada etapa de su desarrollo. Los beneficios de una nutrición adecuada se reflejan en un mayor follaje, flores de mejor tamaño, colores más firmes y característicos de cada variedad, además de presentar un sistema radical más amplio.

Considerando que en México, los trabajos de investigación que se han hecho con relación al papel de los nutrimentos en la pigmentación y calidad de la flor son escasos, y con la idea de generar recomendaciones de fertilización se planteo el siguiente trabajo de investigación.



## **OBJETIVOS**

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de Ca, B y Mo en:

- a) la pigmentación de brácteas y calidad de la flor comercial en nochebuena cv. Subjibi roja
- b) el desarrollo de la planta.
- c) la vida poscosecha de las plantas.
- d) el comportamiento nutrimental.

## **HIPÓTESIS**

- a) Existe una relación óptima de Ca, B y Mo que favorece la calidad e incrementa la vida poscosecha de la planta de nochebuena.
- b) La combinación de Ca, B y Mo promoverá una mayor pigmentación de las brácteas de nochebuena.
- c) Las plantas de nochebuena tratadas con calcio en cualquier concentración tendrán una mayor duración en poscosecha.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Cultivo de nochebuena**

No existen estadísticas oficiales de la producción de esta planta en México; sin embargo, Viveros PLANTEC que es la principal empresa que genera planta madre y esqueje, reporta que en 1980 se produjeron 200 mil plantas y en 1990 1.5 millones; para 1995 fueron 2 millones y para el año 2000, se estima que fueron 8.5 millones de plantas, en sus diferentes presentaciones, lo que indica que la demanda va en aumento constante.

Las principales zonas productoras de nochebuena en nuestro país, se encuentran en Morelos y Xochimilco, aunque recientemente se inició su cultivo en Guerrero, Colima, Michoacán, Jalisco y Estado de México (Martínez, 1996).

### **2.2 Requerimientos de la planta**

#### **2.2.1 Luz**

En el desarrollo de las plantas de nochebuena, la luz (intensidad, calidad y duración) tienen mucha importancia. La intensidad juega un papel importante en el color de la flor y de las hojas, en el alargamiento de los tallos y en la retención del follaje (Carmichael, 1990).

La calidad de la luz afecta la longitud de entrenudos y la síntesis de antocianinas (Pérez, y Martínez, 1994). En cuanto a la duración, la nochebuena es sensible al fotoperiodo, iniciando la floración cuando el período de oscuridad es de por lo menos 12.5 horas continuas (Martínez, 1995).

Kannangara y Hanson (1998) encontraron que entre la cuarta y la quinta semana del fotoperiodo corto, las hojas más jóvenes empiezan a acumular antocianinas, tornándose rojas y posteriormente el meristemo apical se diferencia en primordio floral. La acumulación de clorofila cesa cuando la síntesis de antocianinas comienza, en tanto que el contenido de proteína por unidad de área foliar disminuye; también se ha observado pérdida de enzimas como la Glutamyl -tRNA<sup>glu</sup> reductasa, glutamato 1-semialdehído y las subunidades de Mg-quelataza, Olive CH<sub>42</sub>.

## **2.2. 2 Temperatura**

Los requerimientos de temperatura, varían de acuerdo al cultivar y a la etapa de desarrollo en la que se encuentre la planta. Para el desarrollo vegetativo las temperaturas óptimas son aquellas alrededor de 15 a 20 °C durante la noche y 24 a 35 °C en el día, mientras que en la etapa de floración se recomienda de 15 a 18 °C en la noche y de 18 a 25 °C en el día (Carmichael, 1990). Mediante un manejo adecuado de la temperatura es posible controlar al mismo tiempo, la altura de la planta y la velocidad del desarrollo de las flores (Ball, 1991).

Temperaturas menores a 16 °C durante el proceso de floración, la retrasan y las flores son pequeñas, además se corre el riesgo de presentar enfermedades en follaje y brácteas. Sin embargo, los cultivares de floración temprana pueden mantenerse en el invernadero a una temperatura nocturna mínima de 10 °C hasta su venta, sin reducción en la calidad, siempre y cuando se mantenga una humedad relativa baja (Larson, 1988; Ball, 1991).

Temperaturas nocturnas mayores a 20 °C durante la etapa de floración, retrasan el proceso, se abren los centros, se alargan las plantas y el color de las brácteas es muy pálido. Esto se puede contrarrestar con un periodo de oscuridad de alrededor de 14 a 15 horas (Martínez, 1995).

Actualmente la altura de las plantas de nochebuena se puede controlar mediante el diferencial entre la temperatura del día y la temperatura nocturna (DIF). El cambio de un DIF positivo hacia un DIF cero produce una enorme reducción en la altura de las plantas. Aunque la altura sigue disminuyendo con el cambio de un DIF cero hacia un DIF negativo, el efecto es de menor magnitud (Holcomb *et al.*, 1996). Así, un cultivo sometido a una temperatura máxima de 28 °C y mínima de 14 °C (promedio = 21 y DIF = 14) tendrá el mismo desarrollo y tiempo a floración que un cultivo sometido a temperatura máxima de 23 °C y mínima de 19 °C (promedio = 21 y DIF = 4), pero la altura será menor (Martínez, 1995).

Kiplinger (1963) menciona que temperaturas nocturnas altas incrementan el índice de respiración y reducen el suplemento de carbohidratos, disminuyendo la cantidad de antocianinas y la intensidad del color.

Hanan (1959) demostró que la intensidad del color rojo de las flores en claveles se incrementó con una disminución en la temperatura del día; Schmidt (1957) presentó evidencias contradictorias, demostrando que son las temperaturas nocturnas las que más incrementaron el color rojo de los claveles.

Las poinsettias son sensibles al daño por frío y por lo tanto no deben ser expuestas a temperaturas por abajo de los 10 °C (Nell y Barret, 1986). Temperaturas frescas pueden causar que las brácteas se tornen de color púrpura o blanco y el látex puede exudar de los tallos debido al daño celular.

### **2.2.3 Humedad relativa**

Nowak y Rudnicki (1990) indican que las plantas de nochebuena requieren altas humedades relativas y riegos moderados durante su crecimiento. Un exceso de agua puede dañar el sistema radical. Ecke *et al.* (1990) indican que la calidad del agua también es muy importante, señalan que el agua debe tener un pH entre 6 y 8. La conductividad eléctrica debe estar entre 1.5 y 2.5 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  y no ser mayor de 3.5 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  (Martínez, 1995).

La falta de agua ocasiona retraso en la fotosíntesis, lo que afecta el crecimiento de las plantas. La elongación de las células jóvenes se reduce, resultando en hojas pequeñas y entrenudos cortos. El exceso de agua provoca alargamiento de los brotes y un crecimiento débil y reducido debido al alto contenido de agua (Martínez, 1995).

La humedad relativa alta inhibe la transpiración y el movimiento de calcio a través de la planta (Jaques *et al.*, 1991).



## **2.3 Pigmentos**

### **2.3.1 Clorofila**

Es una molécula compleja, formada por cuatro anillos pirrólicos, un átomo de magnesio y una cadena fitol ( $C_{20}H_{39}OH$ ). La clorofila se asocia con lípidos y proteínas hidrofóbicas de las membranas fotosintéticas (Salisbury y Ross, 1994; Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Cuando la clorofila absorbe energía luminosa pueden ocurrir tres cosas: 1) que la energía sea atrapada y convertida en energía química mediante la fotosíntesis, 2) que se disipe como calor, 3) que sea emitida inmediatamente como una longitud de onda mayor con pérdida de energía como fluorescencia. La clorofila es capaz de disparar una reacción química cuando se encuentra asociada a proteínas inmersas o embebidas en la membrana de los tilacoides de los cloroplastos, o en las membranas plegadas que se encuentran en organismos procariotes fotosintéticos, como son las cianobacterias y las proclorobacterias (Salisbury y Ross, 1994; Azcón-Bieto y Talón, 2000).

#### **2.3.1.1 Clorofila a**

Es un pigmento presente en las membranas tilacoidales, se encuentra unida por enlaces no covalentes a moléculas de proteína. En conjunto, los pigmentos del cloroplasto representan cerca de la mitad del contenido lipídico en las membranas tilacoidales, mientras que la otra mitad está compuesta sobre todo por galactolípidos con pequeñas cantidades de fosfolípidos (Salisbury y Ross, 1994).

La clorofila **a** absorbe las longitudes de onda violeta, azul, anaranjado-rojizo, rojo y pocas radiaciones de las longitudes de onda intermedias (verde-amarillo-anaranjado).

#### **2.3.1.2 Clorofila b y otros pigmentos accesorios**

Los pigmentos accesorios incluyen clorofilas **b c, d y e**, xantofilas y carotenos. Los pigmentos accesorios absorben energía que la clorofila **a** es incapaz de absorber. La clorofila **b** absorbe en el azul, en el rojo y en el anaranjado del espectro. Actúan como pigmentos antena, conduciendo la energía que absorben hacia el centro de reacción (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

#### **2.3.1.3 Biosíntesis de la clorofila**

Las rutas biosintéticas de la clorofila implican múltiples pasos, todos catalizados por enzimas específicas. El primer paso es la síntesis del precursor ácido  $\delta$  - aminolevulínico (ALA). El precursor pirrol, porfobilinógeno (PBG), se forma a través de la condensación de dos moléculas de ALA. El tetrapirrol cíclico es formado a través de la condensación de cuatro moléculas de PBG con eliminación del  $\text{NH}_3$ . El producto es llamado uroporfirinógeno (urógeno), el cual tiene un ácido acético y un ácido propiónico residual ligado en cada uno de los anillos del pirrol. Se obtiene una mezcla de isómeros, de los cuales el uroporfirinógeno III es el intermedio en la biosíntesis de la clorofila (Gross, 1987).

El segundo paso involucra la descarboxilación de las cadenas laterales del acético a grupos metil y la descarboxilación del oxígeno del ácido propiónico residual a grupos

vinil en los anillos A y B. Después de una subsiguiente oxidación, se forme el macrociclo protoporfirina. La protoporfirina puede quelatarse con metales; en las plantas con el magnesio formando Mg-protoporfirina. A través de múltiples transformaciones, la Mg-protoporfirina es transformada en protoclorofilida con el anillo de ciclopentanona (E) característico de las clorofilas (Gross, 1987).

El tercer paso, es la conversión de la protoclorofilida en clorofila a, que implica la protoreducción del anillo D. De esta manera se forma el cromóforo, al cual la clorofila debe su color verde (Gross, 1987).

El cuarto paso es la esterificación del ácido 7-propiónico residual de clorofilida con fitol, por clorofilasa. Se considera que la clorofilasa tiene actividades, biosintéticas y catabólicas (Moll y Stegwee, citados por Gross, 1987). *In vivo*, la clorofilasa es conocida especialmente como una enzima desdoblada para ambas, clorofilas y feofitinas (Schneider, citado por Gross, 1987).

El último paso en la ruta biosintética de la clorofila es la formación de la clorofila **b**. La clorofila **b** se asume que es formada a través de la oxidación del grupo 3-metil del anillo B o un grupo formil. La evidencia indirecta para esto es el hecho de que la clorofila **b** se forma sólo cuando la clorofila **a** está presente.

Se asume con certeza que todas las enzimas necesarias para la biosíntesis de la clorofila están localizadas en el cloroplasto, dado que la biosíntesis de la clorofila y su

acumulación está directamente relacionada al desarrollo y diferenciación de los plastidios (Sesták, citado por Gross, 1987).

#### **2.3.1.4 Degradación de la clorofila**

La fractura y síntesis de membranas de los tilacoides y sus lípidos en hojas, ocurre durante el desarrollo natural día–noche de las plantas. La producción quizá no es visible dado que la descomposición en la noche es compensada por nuevas síntesis durante el día. En el curso de la degradación de la clorofila, la clorofila **a** desaparece más rápidamente que la clorofila **b**. Consecuentemente la relación de clorofila **a/b** está continuamente cambiando a valores más bajos durante la senescencia de la hoja (Gross, 1987).

En la degradación de la clorofila durante la desintegración del cloroplasto, se observó un incremento en el nivel de clorofila **b**, asumiéndose que la clorofila **a** es metabolizada primero a clorofila **b**. También se demostró que los productos de la degradación de la clorofila no son utilizados en la biosíntesis de la clorofila (Grumbach *et al.*, citados por Gross, 1987).

Ljubescic citado por Gross (1987) encontró que el volumen del cloroplasto disminuye considerablemente debido a la desaparición de los tilacoides y del estroma del plastidio. La grana del tilacoide permanece incambiable aunque el nivel de clorofila disminuye a 50 %. El número y tamaño de los plastoglóbulos se incrementa durante el envejecimiento, llegando a ser la estructura predominante en las hojas amarillas.



### 2. 3.2 Carotenoides

Los carotenoides son lípidos isoprenoides compuestos de cuarenta átomos de carbono ( $C_{40}$ ) con una estructura principal lineal con grupos metilo laterales cada 4 carbonos. Biosintéticamente, son derivados de la fusión de ocho unidades de isopreno (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Los principales carotenoides presentes en todo el cloroplasto vegetal son  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno y 5 xantofilas: luteína, violaxantina, anteraxantina, zeaxantina y neoxantina (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

La función fotosintética principal de los carotenoides es proteger al aparato fotosensible mediante mecanismos de disipación y extinción de energía. De modo secundario, también tienen la función de ser pigmentos antena alternativos, sobre todo en el espectro de luz entre los 450 y 500 nm, en el cual las clorofilas absorben poco (Salisbury y Ross, 1994; Azcón-Bieto y Talón, 2000). Otra función de los carotenoides relacionada con el estrés, es la protección individual de los complejos pigmento-proteína (PPC) y al cloroplasto contra la fotooxidación (Young y Britton, 1990).

Tanto las clorofilas como los carotenoides poseen en su estructura sistemas de dobles enlaces conjugados que se extienden por gran parte de la molécula. La presencia de estos sistemas conjugados es lo que le confiere a esos pigmentos su capacidad para absorber luz visible. Cada doble enlace  $C=C$  está constituido por un orbital molecular tipo  $\delta$  y otro tipo  $\pi$  (Azcón-Bieto y Talón, 2000).



El espectro de absorción de los carotenoides exhibe una banda (con tres claros componentes vibratorios) cuya localización varía según la especie química concreta de que se trate, pero que suele estar entre los 400 y 550 nm.

Entre los carotenoides hay también muchos catalizadores, como aquellos que están implicados en la síntesis de vitamina A, que tiene un papel importante en la visión y el crecimiento. Estos pigmentos son sintetizados por todas las plantas verdes y por muchos hongos y bacterias (Azcon-Bieto y Talón, 2000).

El patrón de los carotenoides del cloroplasto es universalmente uniforme conteniendo cuatro carotenoides básicos, un caroteno y tres xantofilas (Strain, citado por Gross, 1987). Los carotenoides adicionales son encontrados como pigmentos menores:  $\alpha$ -caroteno,  $\alpha$ - y  $\beta$ -criptoxantina, isoluteína (luteína 5-6-epóxido), zeaxantina y anteraxantina (zeaxantina 5,6-epóxido). Los dos últimos pigmentos pueden ser encontrados en el ciclo de las uroxantinas (Hager, IUPAC, citados por Gross, 1987).

#### **2.3.2.1 Biosíntesis de carotenoides**

##### **2.3.2.1.1 Formación del ácido mevalónico.**

El precursor biológico isopreno de carotenoides y todos los terpenoides, es el isopentenil pirofosfato (IPP). Este es formado desde el ácido mevalónico (MVA) que es primero transformado en MVA-5-pirofosfato en la presencia de adenosin trifosfato (ATP). El ácido mevalónico así mismo, es formado a través de la condensación de tres moléculas de acetil-CoA, vía acetoacetil-CoA y  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metil-glutaril-CoA, el último siendo reducido a MVA (IUPAC, Spurgeon y Porte, citados por Gross, 1987).

#### **2.3.2.1.2 Formación del Geranilgeranil Pirofosfato (GGPP) y del Fitoeno.**

El alargamiento de la cadena desde isopentenil pirofosfato ( $C_3$ ) a geranilgeranil pirofosfato ( $C_{20}$ ), es catalizado por la enzima prenil-transfera. A través de la condensación de las dos moléculas de GGPP fitoeno, se forma el primer  $C_{40}$ -caroteno vía el intermedio prefitoeno pirofosfato (Altman *et al.*, citados por Gross, 1987).

#### **2.3.2.1.3 Desaturación del fitoeno.**

El fitoeno es convertido en licopeno, vía fitoflueno,  $\delta$ -caroteno y neurosporeno. El  $\beta$ -caroteno es formado subsecuentemente por ciclización del licopeno (Porter y Lincoln, citados por Gross, 1987). Dado que todos los carotenos coloreados son trans-isómeros, una isomerización cis-trans ocurre a nivel del fitoeno o fitoflueno (Qureshi *et al.*, citados por Gross, 1987).

### **2.3.3 Antocianinas**

Las antocianinas son miembros de un gran grupo de compuestos conocidos como flavonoides. En la nochebuena al igual que en muchas flores, son los pigmentos principales responsables del color (Salisbury y Ross, 1994; Fosket, 1994). Las antocianinas generalmente se encuentran como glucósidos, es decir se pueden hidrolizar por la acción de enzimas o de ácidos en uno o más azúcares y en otra porción de diferente naturaleza llamada aglicon o antocianidina.

En las plantas superiores existen varios tipos de antocianinas, y con frecuencia hay más de una en una flor (u otro órgano) en particular. Las pelargonidinas generalmente dan

lugar a colores naranja, las cianidinas a colores rojos y las delfinidinas a colores púrpura (Jordan, 1993).

Por el método de cromatografía de líquidos de alta resolución, en nochebuena se han identificado algunas antocianinas como la cianidin 3-galactosida, la cianidin 3-glucosida, la cianidin 3-rutinosida y pelargonidina. Dentro de los flavonoles se identifican el 3-rhamnosilgalactósido, 3-rhamnosilglucósido, 3-rhamnósido de quercitina y kaempferol (Asen, 1979). Tanto la cianidina como la pelargonidina se encuentran en las brácteas y en el follaje verde rojizo de la nochebuena (Banerji y Sharma, 1979).

El color de las antocianinas depende de su estructura química, del pH del medio que lo rodea y de su interacción con sales; debido a estas propiedades y a la presencia común de más de una antocianina existe una amplia variación en los matices de las flores. Stewart *et al.* (1980) mencionan que las diversas tonalidades en nochebuena se deben a que son quimeras de tipo periclinal, que también dependen del pH de la vacuola en donde se acumulan (Jordan, 1993; Salisbury y Ross, 1994 ).

Su estructura química es un grupo flavilo formado por una molécula de benzopirano unida a un anillo fenílico; la forma normal en que se encuentra en las plantas es como *B*- glucósido. Siendo los azúcares más comunes la *B* – glucosa, *D* – galactosa, *L* – arabinosa y xilosa (Jordan, 1993; Salisbury y Ross, 1994 ).

Dentro de las funciones de las antocianinas están: la atracción de aves y abejas que llevan polen de una planta a otra, con lo que ayudan a la polinización (Harborne, citado por Salisbury y Ross, 1994).

El primer paso hacia la síntesis de antocianinas, a partir del dihidroflavonol, es una reducción en la posición 4 del anillo del carbono para dar leucoantocianidina, la enzima responsable en el proceso es la dihidroflavonol 4 reductasa. Las leucoantocianidinas son convertidas a antocianinas coloreadas, entre las enzimas que participan se puede incluir una hidroxilasa y una hidratasa (Jordan, 1993).

La síntesis del esqueleto del flavonoide ocurre como un resultado de la condensación de tres moléculas de malonil CoA con una molécula de *p*-cumaril CoA, una reacción catalizada por la enzima chalcona sintetasa. El producto, una chalcona es convertida a una flavonona por la enzima chalcona isomerasa.

El paso final en la biosíntesis de las antocianinas es la transferencia de un azúcar residual desde la intermediaria uridina difosfato glucosa al grupo hidroxil en el carbón número 3 del flavonoide. La enzima que realiza este paso es conocida como UDP-glucosa: flavonoide 3-O-glucosil transferasa o UFGT (Reddy y Coe, 1986; citados por Fosket, 1994).

Kannangara y Hansson (1998) mencionan que la acumulación de clorofila se detiene cuando las hojas jóvenes de *Euphorbia pulcherrima* empiezan a acumular antocianinas en condiciones de días cortos.



## 2.4 Nutrición en nochebuena

La nochebuena es un cultivo que requiere de altos niveles de nitrógeno y de potasio, niveles regulares de fósforo, calcio y magnesio y un suplemento adicional de molibdeno. En la determinación de las dosis de fertilización y del tipo de fertilizante a usar intervienen los siguientes factores: calidad del agua, características del sustrato, estado vegetativo del cultivo, clima, tipo de fertilizante, técnica de cultivo y objetivo de la fertilización (Lee, 1991; Martínez, 1995).

En relación a la fertilización la nochebuena requiere de 200 a 300 mg L<sup>-1</sup> de N y K; 50 a 100 mg L<sup>-1</sup> de P; de 80 a 120 mg L<sup>-1</sup> de calcio; 40 a 60 mg L<sup>-1</sup> de Mg y de 0.1 a 0.2 mg L<sup>-1</sup> de Mo en cada riego; si se fertiliza de manera intermitente, la dosis requerida es el doble (Martínez, 1995). Sin embargo, se puede aplicar una solución nutritiva de 264 mg L<sup>-1</sup> de N, 46 mg L<sup>-1</sup> de P, 135 mg L<sup>-1</sup> de K y 0.1 mg L<sup>-1</sup> de Mo (Cuautle, 1996).

Ecke *et al.* (1990) recomiendan alrededor de 250 mg L<sup>-1</sup> de N para nochebuena con fertirrigación constante. Por otro lado, Rose y White (1994) encontraron que con la aplicación de 75 a 125 mg L<sup>-1</sup> de nitrógeno vía subirrigación a una tasa constante durante el desarrollo vegetativo se producen plantas de calidad aceptable.

Schuch *et al.* (1995) evaluaron la respuesta de seis variedades de nochebuena a tres niveles de fertilización de nitrógeno y dos regímenes de irrigación, encontrando que se obtenían plantas aceptables con 160 mg L<sup>-1</sup> de N aplicado en forma continua con un volumen de irrigación de 240 ml cada tercer día.



Boodley (1969) menciona que al aplicar  $\text{NH}_4$  en nochebuena se ocasiona clorosis en las hojas, necrosis marginal y abscisión de hojas, debido a la reducción en la absorción de agua.

Gaffney *et al.* (1982) observaron un mayor desarrollo de las plantas de nochebuena al aplicar de 84 a 168  $\text{mg L}^{-1}$  de nitrógeno en forma de  $\text{NO}_3$ . La máxima acumulación de nitrógeno en la planta de nochebuena ocurre en la etapa vegetativa y decrece cuando la planta cambia a etapa inductiva, es decir cuando se inicia la formación de brácteas, debido a que los requerimientos de nitrógeno se translocan a las brácteas (Rose y White, 1994).

Un nivel de nitrógeno alto durante la etapa de floración en nochebuena lejos de favorecer el desarrollo de las brácteas, puede ocasionar daño al tejido en crecimiento, caracterizado por áreas necróticas (Boodley, 1969); además de que altas concentraciones de nitrógeno disminuyen el desarrollo de la parte aérea y suprimen la elongación radical (Rose y White, 1994).

La deficiencia de calcio inicialmente detiene el crecimiento de las hojas jóvenes y los entrenudos más cercanos a la yema terminal se quedan muy cortos, seguido de un amarillamiento de las hojas jóvenes a partir de los bordes, que posteriormente se puede convertir en necrosis por la muerte del tejido. Generalmente, las hojas se enrollan del haz hacia el envés y pueden producirse amarillamientos en las nervaduras. Si la deficiencia continúa, la yema terminal puede morir (Marschner, 1986).

En la nochebuena los síntomas de deficiencia de calcio dan como resultado plantas con tallos débiles, provocando que estos se arrugan y deformen; además de provocar una necrosis marginal en la hoja y brácteas con manchas semejantes a huellas de conejo (Jaques *et al.*, 1991). Para prevenir este último efecto, se pueden hacer aspersiones semanales con  $400 \text{ mg L}^{-1}$  de calcio teniendo como fuente el nitrato de calcio, comenzando dos semanas después del pinchado hasta que comienza el cambio de coloración de las brácteas (Harbaugh y Woltz, 1989; Lee, 1991).

Stromme *et al.* (1994) encontraron que los cultivares de nochebuena susceptibles a la quemadura del borde de la bráctea tienen bajos niveles de calcio en el margen de la bráctea, mientras que los cultivares tolerantes tienen altos niveles de calcio. Mencionan que una fertilización continua genera competencia directa entre la absorción de nitrógeno y de calcio, limitando los niveles requeridos de calcio para la expansión celular en los márgenes de la bráctea.

El calcio es más crítico durante la extensión de la bráctea, niveles bajos favorecen la presencia de la necrosis de la bráctea. La cantidad de calcio que alcanzan las brácteas es influenciada no solamente por la fuente del calcio en el medio de crecimiento, sino por el movimiento del agua en las raíces y a través de la planta (Stromme *et al.*, 1994).

Redak y Bethke (1995) mencionan también que con la combinación de 120 ml por maceta con  $80$  y  $240 \text{ mg L}^{-1}$  de N, la altura de la planta disminuyó de 10 a 18 % comparadas con las de alto riego (240 ml por maceta). El área foliar y el peso seco de la

hoja se incrementaron linealmente en respuesta al incremento en la fertilización. Las plantas que fueron regadas con 120 ml por maceta disminuyeron su área foliar, tamaño de hoja y de tallo, así como el peso seco de los brotes en 36-41 %.

Altos niveles de fertilizante sobre todo de nitrógeno en forma de amonio contribuyen a la incidencia de la quemadura del borde de la bráctea (Nell y Barret, 1986). La quemadura del borde de la bráctea fue relacionada con deficiencia de calcio (Harbaugh y Woltz, 1989).

Jungk *et al.* (1970) y Lee (1991) mencionan que la deficiencia de Mo ocasiona necrosis marginal y doblado hacia bajo de los márgenes de las hojas de poinsettia, reduciendo la calidad de la planta durante su producción comercial. Los síntomas foliares de la deficiencia de Mo generalmente ocurren sobre las hojas jóvenes superiores y las hojas medias.

Jungk *et al.* (1970) encontraron que los cvs. Annette Hegg y Paul Mikkelsen bajo condiciones favorables de crecimiento desarrollaron clorosis intervenal severa con deficiencias de Mo; sin embargo, los cvs. Eckespoint C-1 Red fueron menos susceptibles. Cox (1988) menciona que los cvs. Annette Hegg, Brilliant Diamond y Gutbier V-14 Glory desarrollaron síntomas de deficiencias cuando crecieron en suelos ácidos con ausencia de Mo.

La concentración de Mo en las hojas muestreadas de cultivares susceptibles y no susceptibles (excepto Reagal Velvet) para tratamientos sin aplicación de Mo fue próximo al nivel crítico de  $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$  de materia seca sugerido para poinsettias por Ecke *et al.* (1990). La aplicación de  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo incrementó su concentración en las hojas de todos los cvs. pero el incremento fue más significativo para Annette Hegg, Supjibi Gross y Gutbier V-17. La concentración de Mo estuvo dentro del rango considerado como normal para poinsettias ( $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$  de materia seca).

Cox (1988) encontró que hojas del cv. Eckespoint C-1 Red (no susceptible a la deficiencia de Mo) tuvo la misma concentración de Mo que las hojas de cultivares susceptibles, pero la actividad de la nitrato reductasa fue más alta y la concentración de  $\text{NO}_3\text{-N}$  fue más baja en los cultivares no susceptibles. Más  $\text{NO}_3\text{-N}$  no asimilado se acumuló en las hojas de cultivares susceptibles comparado con los cultivares menos susceptibles en los tratamientos sin aplicación de Mo.

La acumulación de  $\text{NO}_3\text{-N}$  en tejidos de la planta es influenciada por factores como nutrición con Mo, rango de nitrógeno aplicado (Cantliffe *et al.*, 1974), intensidad luminosa (Cantliffe *et al.*, 1972), fotoperíodo y la hora del día en que se realiza el muestreo.

#### **2.4.1 Efecto de la nutrición en los pigmentos**

La nutrición adecuada en las plantas depende de varios factores diferentes a la capacidad del suelo para proporcionar los elementos nutritivos. Entre los factores importantes



dentro del crecimiento vegetal se incluyen, la velocidad de absorción, la distribución hacia los sitios funcionales y la movilidad de los nutrimentos dentro de la planta (Mortvedt *et al.*, 1983).

Redak y Bethke (1995) en plantas de los cvs. Lilo Red y Freedom Red fertilizadas con 160 mg L<sup>-1</sup> y 240 mg L<sup>-1</sup> de N, encontraron un alto contenido de clorofila en hojas, mientras que plantas fertilizadas con 80 mg L<sup>-1</sup> de N fueron deficientes en nitrógeno foliar y tuvieron de 40 a 49 % menos contenido de clorofila. Con todos los niveles de fertilización las hojas de Subjibi Red y Angélica White tuvieron un alto contenido de proteína soluble respecto a los demás cultivares.

Eaton (1971) menciona que incrementando la aplicación de nitrógeno, el contenido de pigmentos rojos en cerezo silvestre disminuye. Jeppsson (2000) menciona que la máxima producción de antocianinas por planta de cerezo silvestre se obtuvo con una dosis de fertilización de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, 44 kg ha<sup>-1</sup> de P, 100 kg ha<sup>-1</sup> de K. Eck (1976) detectó una disminución significativa en el contenido de antocianinas como una respuesta al incremento en la aplicación de nitrógeno en un periodo de evaluación de 1-3 años. Davenport (1996) no encontró efecto de los niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido total de antocianinas en arándano.

Rease y Drake (1997) en manzana encontraron una disminución en el contenido de antocianinas al incrementar la dosis de nitrógeno.

Francois y Clark (1979) mencionan que el síntoma visual inicial del exceso de boro en plantas ornamentales es el desarrollo de un semicírculo de antocianinas de 5 mm de diámetro sobre el margen de la hoja.

## **2.4.2 Papel fisiológico de calcio, boro y molibdeno**

### **2.4.2.1 Calcio**

El calcio está catalogado como mensajero secundario en células guarda del estoma, enfocando su relevancia a la regulación de la turgencia de dichas células (Martín *et al.*, 1997).

El Ca es necesario para la división y crecimiento de la célula (Domínguez, 1989); forma parte de los pectatos de calcio de la lámina media de las células. Forma sales con ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células, regulando la presión osmótica de las mismas. También está involucrado en el metabolismo y formación del núcleo o mitocondrias. Una disminución de calcio impide la formación de nuevas paredes, lo que imposibilita la división celular (Bidwell, 1993).

El desarrollo normal de hojas y otros órganos depende de una distribución de calcio soluble, aunque el calcio no se retransloca de tejidos viejos a jóvenes (Jaques *et al.*, 1991).

Mejora la permeabilidad del polen y el crecimiento del tubo polínico; activa enzimas para la división y expansión celular. El calcio está presente en procesos fisiológicos

como gravitropismo, fototropismo y transporte de auxinas (Jones *et al.*, 1991).

Se reconoce la importancia del calcio en la adhesión celular, el efecto cementante es debido a que los pectatos de calcio de la lámina media durante la citocinesis son requeridos en altas cantidades y como las células crecen rápidamente, el área de la superficie de contacto entre éstas se incrementa y en gran medida se necesita un constante abastecimiento de calcio, al no estar disponible éste, se afecta la pared celular (Pocvaiah, 1985).

El calcio se encuentra esencialmente en la estructura de la célula. Particularmente se ubica en los límites de la membrana (Mengel y Kirby, 1982). El calcio está localizado especialmente en la zona de los bordes entre el citoplasma y las paredes celulares, presentándose un alto contenido en el plasmalema (Woltz y Harbaugh, 1986). Actúa en la regulación de la absorción activa de elementos y en la permeabilidad de las membranas celulares (Rodríguez, 1982).

Interviene en la formación de lecitina, que es un fosfolípido importante en la membrana celular, siendo un factor importante en la permeabilidad de las membranas. Actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemos y, particularmente es necesario para el funcionamiento del meristemo apical de la raíz (Roland y Bessoles, citados por Mengel y Kirkby, 1982).

Wunderlich, citado por Mengel y Kirkby (1982) menciona que el calcio juega un papel importante en la absorción de nitrógeno y síntesis de proteínas, estas últimas de alguna forma regulan la respiración excesiva.

El calcio tiene la función de impedir daños a la membrana celular, evitando el escape de sustancias intracelulares, cumpliendo un papel estructural al mantener la integridad de la membrana (Hernández, 1989).

El calcio parece actuar en la modulación de la acción de todas las hormonas vegetales, regula la germinación, el crecimiento, la senescencia, abscisión de hojas y frutos. El ión calcio juega un papel importante en el desarrollo vegetal y regulación metabólica; un aumento en la concentración del calcio citoplasmático, activa la enzima 1,3  $\beta$ -glucan sintetasa, situada en la membrana plasmática, dando lugar a la formación de calosa (Hernández, 1989).

El modo de acción del calcio sobre mecanismos que dependen de  $\text{Ca}^{2+}$ , se puede resumir en tres partes: 1) la concentración citoplásmica de  $\text{Ca}^{2+}$  libre es menor de un micromol y está bajo control metabólico; 2) la concentración citoplasmática de calcio puede ser regulada por varias señales intra o extracelulares; 3) el calcio citoplasmático se une a proteínas receptoras (calmodulinas), que son activadas y capaces de modificar enzimas, y otras actividades metabólicas como la mitosis, el crecimiento del ápice, la corriente citoplasmática, la formación de yemas en los musgos causada por la citocinina,



la secreción de la  $\alpha$  - amilasa estimulada por la giberelina y el transporte polar de AIA (Hernández, 1989).

#### **2.4.2.2 Boro**

El 90% del boro celular se localiza en fracciones de la pared celular (Loomis y Durst, 1992). Los primeros síntomas de la deficiencia de boro incluyen anomalías en la pared celular y en la lámina media (Hu y Brow, 1994; Matoh *et al.*, 1992).

Yamanouchi (1971) y Yamauchi *et al.* (1986) encontraron que deficiencias de boro en la pared celular de tomate contienen menos calcio.

Teasdale y Richards (1990) apoyan la idea de que los ésteres de borato, formados por la hidrólisis de azúcar o polímeros de pectina o glicoproteína, proveen áreas para la quelatación de calcio o magnesio en las paredes celulares.

El B es un micronutriente asociado con la química de los carbohidratos; se cree que es importante para la síntesis del uracilo, y en actividades celulares (división, diferenciación, maduración, respiración, crecimiento, etc). Está asociado con la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico. Es relativamente inmóvil en las plantas y es transportado principalmente por el xilema, se acumula en las puntas y márgenes de las hojas. Altas concentraciones de B ocurren en ciertos órganos de la planta tales como anteras, estigma y ovario, donde los niveles son tan altos como en los tallos (Jones, 2002).

El boro es esencial para la síntesis de los aminoácidos y la formación y síntesis de proteínas en el protoplasma. Se ha comprobado que el boro participa en el transporte de glúcidos a través de las membranas celulares, es regulador en el ciclo de las pentosas, participa en el metabolismo de las auxinas, en la absorción y metabolismo de los cationes, sobre todo del calcio, así como en la absorción de agua, entre otras funciones (Oliveira, 1978).

Márquez (1987) considera que el papel del boro es activar la enzima almidón fosforilasa, que es la encargada de la translocación de azúcares y carbohidratos en la planta y mantiene el balance entre azúcar y almidón. El boro tiene gran importancia en la formación de lignina, para la lignificación de las paredes celulares (Shokolnik, 1965).

Gauch y Dugger (1954) indican que los azúcares no son utilizados en las regiones meristemáticas de crecimiento en las plantas deficientes en B, no existe un gradiente a favor de la translocación de los carbohidratos hacia los meristemas, por lo que la translocación de los azúcares es reducida o prácticamente nula. Posteriormente, cuando las plantas reciben cantidades adecuadas de B, las regiones de crecimiento son activadas y los azúcares se mueven hacia estas regiones.

Johri y Vasil (citados por Oliveira, 1978) reportan que el efecto del boro sobre la germinación del polen es mucho más pronunciado que el efecto de hormonas, vitaminas y otros compuestos químicos, concluyen que el boro promueve la absorción y el

metabolismo de los azúcares por la formación del complejo boro-azúcar, que incrementa la absorción de  $O_2$  y participa en la síntesis de los pectatos.

O' Kelley (1968) reporta que el B incrementa la absorción de la glucosa y sacarosa, principalmente. Concluyó que el efecto del B sobre la formación del polen puede estar relacionado con la síntesis proteica o con la síntesis de compuestos pépticos.

Plantas con bajo contenido de boro se dañan por efecto de las bajas temperaturas, pues éste fortifica las membranas internas y externas de las células, lo que hace que éstas sean más resistentes y regulen mejor el paso de los solutos. Después de aplicar foliarmente boro, se incrementa la resistencia a las heladas (Márquez, 1987).

La deficiencia de B, ocasiona alteraciones en el desarrollo de tejido meristemático, (puntas de la raíz, o de partes altas de la planta o tejido del cambium). Gupta (1979) menciona que se requiere un continuo suministro de B para mantener la actividad meristemática (Albert, citado por Mengel y Kirkby, 1982). El uracilo es un componente esencial del RNA y si está ausente los ribosomas no serían formados, por lo que se afecta la síntesis de proteína. La síntesis del ácido ribonucleico, formación de ribosa y la síntesis de proteínas son procesos muy importantes en el tejido meristemático; si ellos son alterados por una falta de boro el proceso entero del desarrollo meristemático es dañado (Hundt *et al.*, citados por Mengel y Kirkby, 1982).

Robertson y Loghman citados por Mengel y Kirkby (1982) mediante el uso de  $P^{32}$

demonstraron la intervención del B en la síntesis del RNA. Encontraron que deficiencias severas de B reducen la tasa de incorporación del P en los nucleótidos. En plantas pobremente suministradas con B, el  $\text{NO}_3 - \text{N}$  se acumula en raíces, hojas y tallos, debido a que son inhibidas la reducción del  $\text{NO}_3 - \text{N}$  y la síntesis de aminoácidos.

Cuando existen deficiencias de B, la síntesis de citoquininas disminuye (Wagner y Michael, citados por Mengel y Kirkby, 1982). Por otro lado, hay evidencias de la acumulación de auxinas en tejidos deficientes de B. Coke y Whittington (1968) sugirieron que la necrosis en los puntos de crecimiento de plantas deficientes de B es causada por la acumulación de auxinas.

Una posible relación entre la deficiencia de B y el metabolismo de las auxinas ha sido postulada por Crisp *et al.* (1976) quien observó que el principio del desorden necrótico en lechuga conocido como “Quemado de las puntas de las hojas” se asocia con una marcada deficiencia de B. Shkolnik (1974) propuso que la acumulación de auxinas y fenoles es la causa primaria de necrosis en plantas asociadas con la deficiencia de B.

El boro juega un papel importante en la floración, puede ser necesario para la formación de la yema floral (Kamali y Childers, 1970), producción de los granos de polen (Argawala *et al.*, 1981) y el desarrollo del tubo polínico (Dickinson, 1978; Linskens y Kroh, 1970; Rodríguez – Rosales *et al.*, 1989).

Delgado *et al.* (1994) encontraron que las flores y frutos de olivo movilizan boro en sus



etapas tempranas de desarrollo. El tratamiento con boro incrementó su concentración en flores y frutos comparado con los testigos; este efecto fue más marcado en el fruto de los vástagos cuyos limbos fueron tratados con boro. Aplicaciones foliares de boro cerca de la antesis puede satisfacer la necesidad del elemento durante la floración y el amarre de frutos.

La edad de la hoja influye en la capacidad para movilizar boro. Las hojas jóvenes tienen mayor capacidad de movilización del boro que las hojas maduras. Aunque la concentración del boro fue similar en ambos tipos de hojas (Skok y McIlrath, 1958).

#### **2.4.2.3 Molibdeno**

Es componente de los dos principales sistemas enzimáticos, nitrogenasa y nitrato reductasa. La nitrogenasa consiste de dos complejos enzima-proteína, la más grande contiene Fe y Mo en una tasa de aproximadamente 9:1. El molibdeno es reducido en gran medida si la forma primaria de N disponible a la planta es  $(\text{NH}_4)$ , la nitrato reductasa es la enzima más estudiada que contiene Mo, y cataliza la reducción del  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  (Bergersen, citado por Mengel y Kirkby, 1982).

El Mo interviene en reacciones de óxido-reducción y es muy importante en los mecanismos de síntesis de proteínas, de ácido ascórbico y clorofila. Es esencial para la síntesis proteica y el metabolismo del nitrógeno (Jones, 2002).

Tiffin (citado por Mengel y Kirkby, 1982) ha sugerido que el Mo probablemente puede moverse en el xilema como  $\text{MoO}_4^{2-}$ , como Mo-S aminoácido complejo o como un complejo de molibdeno con azúcares u otros compuestos polihidroxi. De acuerdo a Mengel y Kirkby (1982) el Mo es localizado primariamente en el floema y parénquima vascular, es moderadamente móvil en la planta.

El alto nivel de molibdeno induce, por antagonismo, a una deficiencia de cobre. El fósforo facilita la absorción del molibdeno (Jones, 2002).

## **2.7 Vida en poscosecha**

### **2.7.1 Senescencia**

La senescencia consiste en una serie de procesos degenerativos controlados endógenamente que conducen a la muerte (Ponce de León *et al.*, 1992).

Mayak (1987) sugiere una secuencia de eventos durante la senescencia: cambios en la membrana, aumento en la producción de etileno, pérdida de la permeabilidad de la membrana y reducción de peso debido a la pérdida excesiva de agua. El incremento en la respiración es uno de los eventos metabólicos asociados con la senescencia (Halevy y Mayak, 1979).

Una disminución gradual en la respiración de flores senescentes puede generarse por un bajo contenido de sustratos respiratorios, principalmente azúcares. El contenido de estos

sustratos puede indicar el potencial de vida poscosecha de las flores a una temperatura específica (Nichols, 1973).

A pesar de que existen evidencias de que la senescencia requiere del metabolismo oxidativo, el decremento respiratorio aparentemente no juega un papel importante en la inducción de la senescencia. La pérdida de la capacidad respiratoria puede ser un factor en la etapa final de la senescencia (Noodén, 1986).

### **2.7.2 Senescencia en flores**

El término de vida de algunas flores está dado por la abscisión de la corola o de la flor completa, en otras es por la pérdida gradual del color y turgencia hasta que finalmente se secan. De todos los órganos de la planta, en la mayoría de los casos, la flor es el órgano con el periodo más corto de longevidad (Leshem *et al.*, 1986).

Durante la senescencia de los pétalos dos eventos metabólicos importantes ocurren: un incremento en la respiración e hidrólisis de los componentes de la célula. Los cambios en la actividad enzimática durante la senescencia de los pétalos están principalmente asociados con estos dos procesos. El incremento en la actividad de peroxidasa es típico en los pétalos senescentes. Este incremento en la actividad parece estar relacionado con el incremento en peróxidos y radicales libres, los cuales reaccionan con los componentes celulares y pueden también promover el paso final en la síntesis de etileno (Leshem *et al.*, 1986).

### 2.7.3 Senescencia en hojas

Una característica obvia de la senescencia en hojas es el amarillamiento. El porqué se degrada la clorofila todavía no está muy claro, no puede ser por la foto-oxidación debido a que sucede de igual manera en la oscuridad. Junto con la desaparición de la clorofila también disminuye el proceso de fotosíntesis; sin embargo, información existente demuestra que posiblemente estos procesos no estén estrechamente relacionados (Thimann, 1986).

La ruptura del cloroplasto, que contiene el 70 % de las proteínas de la hoja, significa desde el punto de vista metabólico, que la asimilación del carbono en la fotosíntesis es sustituida por el catabolismo de la clorofila y de macromoléculas tales como proteínas, lípidos de membrana y RNA. El catabolismo de la clorofila empieza cuando esta molécula aún está unida a las proteínas de la membrana en el cloroplasto, y se inicia por la acción de la enzima clorofilasa, que separa la cadena de fitol. Posteriormente el  $Mg^{2+}$  de la clorofila se separa por la acción de una quelatasa de  $Mg^{2+}$  y el anillo tetrapirrólico se abre por la acción de una dioxigenasa. Aunque la pérdida de clorofila es cualitativamente importante, al privar al tejido de su capacidad fotosintética, hay otros procesos metabólicos que son cuantitativamente significativos en la senescencia foliar. Entre éstos, está la degradación de proteínas (Quesada y Valpuesta, 2000).

El hecho de que las hojas se tornen amarillas y no blancas se puede atribuir a que los carotenoides son más estables que las clorofilas; sin embargo, no se ha encontrado información cuantitativa que avale esta hipótesis (Thimann, 1986).



#### **2.7.4 Cambios en la pigmentación de las brácteas durante la senescencia**

La pérdida de color o decoloración es un fenómeno muy común en muchas flores durante su senescencia. Dos pigmentos principales son los que contribuyen al color de las flores: los carotenoides y las antocianinas. Un incremento en la oxidación de los carotenoides se considera una señal degenerativa e incontrolada de los procesos de oxidación (Halevy y Mayak, 1979).

No hay una uniformidad en cuanto al comportamiento de las antocianinas durante la senescencia de los pétalos. El nivel de pigmentación se mantiene estable en algunas flores y en otras cae drásticamente, mientras que en otras aun en proceso de senescencia, la síntesis dramática de antocianinas es evidente (Halevy y Mayak, 1979).

#### **2.7.5 Factores que afectan la vida en poscosecha de la nochebuena**

La longevidad y calidad son influenciadas por factores de producción y postproducción. Los desórdenes de poscosecha incluyen hoja prematura, abscisión de brácteas y ciatios, marchitamiento de brácteas, amarillamiento de hojas y quemadura del borde de la bráctea (Moe *et al.*, 1992).

##### **2.7.5.1 Temperatura**

Los cultivares varían considerablemente en su tolerancia a los desórdenes en poscosecha, temperaturas altas diarias de producción o el uso negativo del DIF durante las últimas semanas de producción incrementa la incidencia de la quemadura del borde

de la hoja y la abscisión de ciatios (Moe *et al.*, 1992). El uso negativo del DIF durante el periodo de coloración de la bráctea disminuye el transporte de calcio hacia la bráctea.

La temperatura afecta directamente los niveles de respiración de las flores cortadas y de follaje. Las velocidades de las reacciones enzimáticas aumentan exponencialmente con el incremento de la temperatura dentro de los rangos de temperatura fisiológica, lo cual será diferente para cada especie (0-20 °C). Por debajo o por arriba de este rango la actividad enzimática disminuye (Elgar, 1998).

La caída de hojas puede estar asociada en casos extremos al daño por frío (Nell y Barret, 1986). La temperatura de producción no influye significativamente en la caída de las hojas.

#### **2.7.5.2 Luz**

Moe *et al.* (1992) demostraron que al incrementar los niveles de luminosidad se incrementa la retención de los ciatios dentro de las primeras 2 semanas. La caída del ciatio se asoció con la disminución de carbohidratos. Sin embargo, no se encontraron diferencias en los niveles de carbohidratos (sacarosa, glucosa y fructosa) en 'Annette Hegg Dark Red' (sensitiva a la caída del ciatio) y 'Gutber V14 Glory' (no sensitiva a la caída de ciatios). Nell *et al.* (1997) mencionan que niveles bajos de carbohidratos provocan una buena retención de ciatios.

#### **2.7.5.3 Nutrición**

Aplicaciones de calcio a las flores de corte retarda la senescencia al dar estabilidad a la membrana celular y aumentar la tolerancia al estrés ambiental.

Boodley (1969) menciona que al aplicar  $\text{NH}_4$  en nochebuena, se ocasiona abscisión de hojas, debido a la reducción en la absorción de agua. Altos niveles de fertilizante, sobre todo de nitrógeno en forma de amonio, incrementan la caída de las hojas (Nell y Barret, 1986).

#### **2.7.5.4 Agua**

La falta de agua ocasiona mayor susceptibilidad de la planta al traslado y reduce su vida de poscosecha, en ocasiones hay caída prematura de las hojas y muerte de raíces (Martínez, 1995).

#### **2.7.5.5 Almacén**

Cuatro problemas son los más frecuentemente asociados con el transporte comercial de poinsettias: epinastia, Botrytis, decoloración de la bráctea y amarillamiento de la hoja. Estos problemas son usualmente el resultado de una inapropiada temperatura de almacenamiento, almacenamiento prolongado o pobre movimiento del aire, alta humedad en los contenedores del medio de transporte. El almacenamiento prolongado, especialmente a temperaturas menores de 16 °C, puede resultar en un incremento en la caída de las hojas (Nell *et al.*, 1997).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El efecto de la aplicación foliar de calcio, boro y molibdeno se evaluó en la etapa de producción que comprendió el desarrollo vegetativo y floración, del 27 de julio al 26 de noviembre del 2002, y la etapa de poscosecha del 01 de diciembre de 2002 al 15 de marzo de 2003.

#### **3.1 Etapa de desarrollo vegetativo y floración**

##### **3.1.1 Material Vegetal**

Se utilizaron plantas de la variedad Subjibi Roja, cuyas características son: floración temprana, brácteas de color rojo brillante, el centro de las brácteas es muy cerrado, hojas y brácteas gruesas y ciatios grandes. Tiene buena ramificación y se adapta bien a climas cálidos, requiere de 8.5 semanas de días cortos para maduración (Ecke *et al.*, 1990). Los esquejes se obtuvieron de la Empresa PLANTEC en el Estado de Morelos.

##### **3.1.2 Localización**

EL experimento se estableció bajo condiciones de invernadero, mismo que se encuentra ubicado en la comunidad de San Diego, Municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado entre los 19° 31' de latitud norte y 99° 53' de longitud oeste y a una altitud de 2310 m. El clima es Cb (w1) (w) (I'') g que corresponde a un templado semiseco, con lluvias en verano y con una temperatura media anual de 15.9 °C (García, 1988).

##### **3.1.3 Tratamientos**

Se establecieron 14 tratamientos los cuales fueron aplicados foliarmente a las plantas de nochebuena cv. Subjibi roja (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Tratamientos aplicados foliarmente a plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

| Tratamiento | Concentración                                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1          | TESTIGO (sin aplicación foliar)                                                                         |
| T2          | 300 mg L <sup>-1</sup> de calcio                                                                        |
| T3          | 400 mg L <sup>-1</sup> de calcio                                                                        |
| T4          | 500 mg L <sup>-1</sup> de calcio                                                                        |
| T5          | 0.2 mg L <sup>-1</sup> de boro                                                                          |
| T6          | 0.5 mg L <sup>-1</sup> de boro                                                                          |
| T7          | 0.8 mg L <sup>-1</sup> de boro                                                                          |
| T8          | 0.3 mg L <sup>-1</sup> de molibdeno                                                                     |
| T9          | 0.4 mg L <sup>-1</sup> de molibdeno                                                                     |
| T10         | 0.5 mg L <sup>-1</sup> de molibdeno                                                                     |
| T11         | 400 mg L <sup>-1</sup> de calcio + 0.5 mg L <sup>-1</sup> de boro                                       |
| T12         | 400 mg L <sup>-1</sup> de calcio + 0.4 mg L <sup>-1</sup> de molibdeno                                  |
| T13         | 0.5 mg L <sup>-1</sup> de boro + 0.4 mg L <sup>-1</sup> de molibdeno                                    |
| T14         | 400 mg L <sup>-1</sup> de calcio + 0.5 mg L <sup>-1</sup> de boro + 0.4 mg L <sup>-1</sup> de molibdeno |

Se utilizaron como fuentes: nitrato de calcio para calcio, molibdato de sodio para molibdeno y ácido bórico para boro.

#### **3.1.4 Trasplante**

El trasplante se realizó el 29 de julio del 2002, el sustrato fué previamente regado a saturación y drenado libremente con la finalidad de favorecer el establecimiento de la plántula y evitar su deshidratación. Después del trasplante se volvió a dar un riego pesado. Se utilizaron macetas tipo estándar de plástico negro de 7". Como sustrato se utilizó hojarasca de oyamel mezclada con tierra de monte en proporción 70: 30 (v:v).

Un día antes del trasplante se realizó el pinchado dejando entre 5 y 7 yemas.

### 3.1.5 Solución nutritiva utilizada

La fertilización se realizó semanalmente utilizándose una solución nutritiva completa (Cuadro 2). La cantidad aplicada por maceta fue de 250 ml.

**Cuadro 2. Solución nutritiva utilizada.**

| Elemento  | Fuente               | Concentración del elemento<br>mg L <sup>-1</sup> | Cantidad de fertilizante en 200 l de agua |
|-----------|----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Nitrógeno | Nitrato de amonio    | 300                                              | 58.114 g                                  |
| Fósforo   | Fosfato monoamonico  | 80                                               | 59.369 g                                  |
| Potasio   | Nitrato de potasio   | 120                                              | 62.176 g                                  |
| Calcio    | Nitrato de calcio    | 350                                              | 413.000 g                                 |
| Magnesio  | Sulfato de magnesio  | 75                                               | 154.067 g                                 |
| Zn        | Sulfato de zinc      | 0.5                                              | 40 ml *                                   |
| Hierro    | Sulfato de fierro    | 1.5                                              | 120 ml                                    |
| Boro      | Acido bórico         | 0.5                                              | 40 ml                                     |
| Molibdeno | Molibdato de amonio  | 0.04                                             | 3.2 ml                                    |
| Cobre     | Sulfato de cobre     | 0.25                                             | 20 ml                                     |
| Manganeso | Sulfato de manganeso | 0.75                                             | 60 ml                                     |

\*Los micronutrientes se prepararon en una concentración de 2500 mg disueltos en un litro de agua (solución madre) y de ahí se tomó la alícuota correspondiente.

### 3.1.6 Análisis del sustrato

Se realizó el análisis químico del sustrato utilizado para determinar el contenido de los macro y micronutrientes. Los resultados fueron los siguientes: 7.2, 0.9, 49.9, 169.22, 0.11, 112.7, 18.8, 28.3, 1.2, 27.3, 109.4, 2.97 y 2.94 de Ph, CE (dS m<sup>-1</sup>), CIC (Cmol(+) kg<sup>-1</sup>), NI, P, K (mg L<sup>-1</sup>), Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn (mg L<sup>-1</sup>), B y Mo, respectivamente.

Posterior al análisis del sustrato, se eliminaron todos los micronutrientes de la solución nutritiva empleada y los riegos subsecuentes se realizaron con solo

macronutrientes, debido a que las necesidades de la planta respecto a estos elementos son muy bajas y el sustrato presentó alto contenido de ellos (Soil and Plant Analysis, Council, Inc. 1999).

### **3.1.7 Análisis químico del agua**

Se realizó el análisis químico del agua utilizada en la aplicación de los tratamientos con el objetivo de ajustar la cantidad del elemento aplicado foliarmente. Los resultados fueron los siguientes: 7.2, 0.24, 0.50, 1.49, 2.75, 0.93, 0.10, 1.07, 0.12 de Ph, CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ),  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ , Cl, Ca, Mg, Na y B ( $\text{meq L}^{-1}$ )

### **3.1.8 Control de plagas y enfermedades**

Para prevenir el ataque de *Phytium* sp. y *Rhizoctonia* sp. se aplicó caldo bordelés a dosis de  $1 \text{ g L}^{-1}$  cada semana durante las primeras tres semanas después del trasplante. Para prevenir la incidencia de mosca blanca, se aplicó una solución de jabón zote ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ).

### **3.1.9 Riegos**

Se proporcionaron tres riegos por semana, dos de agua y uno con solución nutritiva. la cantidad aplicada fue de 500 ml de agua en cada riego y 250 ml de solución nutritiva por maceta.

#### **3.1.10 Tapado de la planta**

A partir del 17 de septiembre y hasta el 11 de noviembre las plantas se cubrieron con plástico negro grueso, desde las 18.00 pm hasta las 8.00 am para inducir la pigmentación de las brácteas.

#### **3.1.11 Aplicación de los tratamientos**

Los tratamientos se aplicaron en tres fechas: 17 de septiembre (inicio del tapado), 10 de octubre (tres semanas después del tapado) y 6 de noviembre del 2002 (final del tapado). Las plantas se asperjaron completamente con atomizadores manuales.

#### **3.1.12 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 14 tratamientos y 10 repeticiones, la unidad experimental fue una maceta con una planta.

#### **3.1.13 Variables evaluadas**

Se realizaron cinco muestreos: el 17 de septiembre se realizó un muestreo inicial en 10 plantas por tratamiento. En los muestreos realizados el 9 de octubre, 5 de noviembre, 27 de noviembre y 27 de enero del 2003, se seleccionaron cinco plantas por tratamiento dando un total de 70. En cada uno de ellos se evaluaron las variables siguientes:

##### **3.1.13.1 Área foliar, peso fresco y peso seco de la hoja**

Se seleccionaron al azar 5 plantas por tratamiento, a cada una de ellas se le cortó una Hoja de la parte media en plena capacidad fotosintética y se midió el área foliar, con un



integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo LI-3100. A esta misma hoja se le determinó el peso fresco mediante una balanza analítica y posteriormente se seco en una estufa y se obtuvo su peso seco. Esta hoja también se utilizó para la determinación de las clorofilas a, b y total, así como para el análisis nutrimental.

#### **3.1.13.2 Peso específico de hoja**

Se determinó mediante la relación peso seco de la hoja entre el área foliar de la misma.

#### **3.1.13.3 Número de brácteas con inicio de coloración**

Se contaron todas las brácteas por planta con inicio de pigmentación. La medición se realizó el 12 de octubre de 2002, fecha en que dió inicio la pigmentación.

#### **3.1.13.4 Evaluación del color externo**

Se evaluó el color en la parte central de la hoja modificada (bráctea) mediante un colorímetro Color Tec-PCM Modelo D25-PC2 (Cole Palmer), el cual generó lecturas de color conforme a las escalas Hunter Lab; dando tres variables: L, a, b, cuyo principio se basa en la medición de longitudes de onda reflejadas por dos haces de color opuesto. El haz de luz reflejado por la muestra es captado por un sensor que es capaz de detectar la longitud de onda, intensidad y opacidad. Con base en estas dimensiones se determinó el tinte (Hue o ángulo de tono) y la pureza del color o croma.

Los datos se expresaron en valores de L, Croma y Hue (McGuire, 1992). Donde

luminosidad: es la capacidad de reflejar la luz a partir del valor L, dado por el colorímetro. El valor de croma (c) es de 0 en el centro y se incrementa acorde con la distancia del centro, se obtuvo con la fórmula:

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Angulo de tono o Hue: se expresó en grados, mediante el cual el color puede ser rojo, amarillo, verde o azul, se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Hue} = \tan^{-1}(b/a)$$

### 3.1.13.5 Extracción y cuantificación de clorofilas en hojas y brácteas

Se determinó el contenido de clorofila a, clorofila b y clorofila total como sugiere la AOAC (1980) y con la técnica descrita por Witham *et al.* (1971). El procedimiento consistió en pesar 0.1 g de tejido fresco de la parte media de la hoja o bráctea, se fragmentó en pedazos pequeños y se maceró el tejido en un mortero con aproximadamente 3 ml de acetona al 80 % v/v. Posteriormente, se filtró y se aforó a 10 ml con acetona. Se determinó la absorbencia a 645 y 663 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy.

La cantidad de clorofila presente en el extracto (en miligramos de clorofila por gramo de tejido fresco) se calculó de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{mg clorofila a/g de tejido} = [12.7(D_{663}) - 2.69(D_{645})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila b/g de tejido} = [22.9(D_{645}) - 4.68(D_{663})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila total/g de tejido} = [20.2(D_{645}) + 8.02(D_{663})] \times V / (1000 \times W)$$

Donde:

D = Longitud de onda a la que se realizó la lectura.

V = Volumen final del extracto clorofila-acetona 80 %

W = Peso fresco en g del tejido.

### **3.1.13.6 Extracción y cuantificación de carotenoides y antocianinas en brácteas**

#### **3.1.13.6.1 Carotenoides.**

Para esta determinación se colectaron 5 brácteas por tratamiento, mismas que se ubicaban en la parte superior de la planta, siempre con la misma orientación. La determinación de este pigmento se realizó a partir del extracto utilizado para clorofilas. La lectura se realizó a 470 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy.

La cantidad de carotenoides presentes en el extracto (en  $\text{mg g}^{-1}$  de tejido fresco) se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{mg g}^{-1} \text{ carotenoides} = (1000 \times \text{lectura a } 470 \text{ nm}) - (1.82 \times \text{cca}) - (85.02 \times \text{ccb}) / 198$$

donde:

cca= contenido de clorofila a

ccb= contenido de clorofila b

#### **3.1.13.6.2 Antocianinas.**

Para esta determinación se colectaron 5 brácteas por tratamiento, mismas que se ubicaban en la parte superior de la planta, siempre con la misma orientación. Se utilizó el procedimiento de Kannangara y Hansson (1998), el cual consistió en lo siguiente: se pesó 0.1 g de tejido fresco de la parte media de la bráctea, se fragmentó en pedazos pequeños y se maceró el tejido en un mortero con nitrógeno líquido, se le adicionaron 10

ml de HCl 0.1 N, el extracto fue vertido a tubos de centrifuga de 16 ml previamente tapados con papel aluminio y se agitó por 10 minutos. Posteriormente se clarificó la solución centrifugando a 2230 x g durante 15 minutos. Se midió la absorbencia a 516 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy.

La cantidad de antocianinas presente en el extracto, se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{mg g}^{-1} \text{ de tejido fresco de antocianinas} = \text{Lectura } 560 \text{ nm} \times 10 / 4.48 \times 100$$

donde:

10= volumen aforado

4.48= coeficiente de extinción

### **3.1.13.6.3 Análisis nutrimental de las hojas.**

Una vez obtenida la cantidad de tejido necesario para el análisis de clorofilas y posterior al lavado de las hojas se procedió a secar el tejido en una estufa a 70 °C durante 48 horas, y se molieron en un mortero. Previamente se preparó la mezcla de digestión (1 L) que consistió en: adicionar en un matraz volumétrico 350 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y 0.42 g de Selenio (Se), además 14 g de sulfato de litio (Stewart *et al.*, 1980). Las muestras se digestaron de la siguiente manera: se pesaron 0.2 g del material vegetal seco y se colocaron en un matraz de digestión de 50 ml, se adicionaron 4 ml de la mezcla digestora; se pusieron a digerir en una plancha de arena a una temperatura de 200 a 230 °C hasta que las muestras estuvieron cristalinas.



Una vez digestadas las muestras se filtraron en matraces volumétricos de 50 ml, se aforaron con agua destilada. De este extracto se hicieron las determinaciones de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn y B. Para la determinación de molibdeno se realizó la digestión siguiendo el procedimiento anterior con la diferencia de que se aforó con agua destilada a 5 y 10 ml.

El contenido de nitrógeno se determinó por el método MicroKjeldahl (Bremner, 1965). El fósforo por el método del fosfovanamolibdato amarillo (Jackson, 1964). El Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn y B se determinaron con el espectrofotómetro de absorción atómica modelo UNICAM 989 AA Spectrometer. El K se determinó por flamometría mediante un aparato modelo Corning 400.

#### **3.1.13.7 Altura de planta**

Semanalmente se midió la altura a todas las plantas, desde la base del cuello del tallo principal hasta el ápice del brote de mayor altura, se utilizó para ello una regla graduada en centímetros.

#### **3.1.13.8 Diámetro de tallo**

El diámetro del tallo se midió semanalmente en la base.

#### **3.1.13.9 Diámetro de inflorescencia principal**

La medición se realizó con una regla y en dos sentidos Norte- Sur y Oriente- Poniente. Se consideró únicamente la inflorescencia principal de cada planta, al final del ciclo de producción.

#### **3.1.13.10 Diámetro de la flor del brote principal**

Técnicamente la flor verdadera de la nochebuena son los ciatios, también llamados centros; para fines prácticos nos referimos como flor al conjunto de ciatios y brácteas, que fue al que se le determinó el diámetro. La medición se realizó en dos sentidos Norte-Sur y Oriente – Poniente.

#### **3.1.13.11 Número de brotes por planta**

A las 140 plantas (10 plantas por tratamiento) se les contó el número de brotes totales.

#### **3.1.13.12 Altura de brotes**

Se midió la altura a todos los brotes de las 140 plantas.

#### **3.1.13.13 Diámetro de brotes**

Mediante un vernier se midió el grosor de los brotes en las 140 plantas. La medición se realizó en el punto de inserción del brote con el tallo principal.

#### **3.1.13.14 Número de brácteas coloreadas totales por planta**

Al final de la etapa de producción se contó el total de brácteas coloreadas completamente por planta.

#### **3.1.13.15 Número de brácteas dañadas por frío**

La medición se realizó el día 23 de noviembre un día después de la incidencia de la helada que ocasionó daños a las plantas. Se contó el número de brácteas por planta con daños por frío.

#### **3.1.14 Análisis estadístico**

Mediante el SAS (Statistical Analysis System) se analizaron los datos como corresponde a un diseño experimental completamente al azar; para el análisis de varianza se utilizó un  $\alpha \leq 0.05$ , así mismo se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey y el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia  $\alpha \leq 0.05$ .

#### **3.2 Etapa 2. Poscosecha de las plantas de nochebuena**

Esta evaluación se llevó a cabo desde el 15 de diciembre 2002 hasta el 01 de marzo del 2003. Para ello al final del ciclo de producción se seleccionaron 5 plantas por tratamiento y se les dio seguimiento hasta el desprendimiento de las hojas, brácteas y ciatios. El diseño correspondió a un completamente al azar. Durante esta etapa se proporcionaron 3 riegos de agua por semana de 250 ml cada uno.

Las variables evaluadas fueron: contenido de clorofila a, b y total en hojas y brácteas, así como contenido de carotenoides y antocianinas en brácteas; únicamente se realizó una determinación (6 de febrero 2003). La caída de hojas, brácteas y ciatios, se evaluó semanalmente. El análisis estadístico fue similar que para las demás variables evaluadas en la primera etapa.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables de crecimiento

#### 4.1.1 Área foliar, peso fresco, peso seco y peso específico

En cada uno de los muestreos realizados para la determinación del contenido de clorofila a, b y total también se determinó el área foliar, peso fresco, peso seco y peso específico de las hojas muestreadas. En el Cuadro 5 se presentan los promedios totales para cada variable donde se observa que el área foliar, peso fresco y peso seco así como el peso específico no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

**Cuadro 3. Área foliar, peso fresco, peso seco y peso específico en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

| Tratamiento                                                                         | Area foliar<br>(cm <sup>2</sup> ) | Peso fresco<br>(g) | Peso seco<br>(g) | Peso específico<br>(mg cm <sup>-2</sup> ) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------------------------|
| Testigo (Sin aplicación)                                                            | 56.784 a**                        | 1.3518 a           | 0.2448 a         | 4.2996 a                                  |
| 300 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                        | 59.087 a                          | 1.5285 a           | 0.2753 a         | 4.4937 a                                  |
| 400 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                        | 56.127 a                          | 1.3733 a           | 0.2374 a         | 4.1051 a                                  |
| 500 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                        | 55.283 a                          | 1.3830 a           | 0.2586 a         | 4.6214 a                                  |
| 0.2 mg L <sup>-1</sup> de B                                                         | 50.190 a                          | 1.2145 a           | 0.2321 a         | 4.5312 a                                  |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de B                                                         | 58.394 a                          | 1.4343 a           | 0.2691 a         | 4.5161 a                                  |
| 0.8 mg L <sup>-1</sup> de B                                                         | 51.866 a                          | 1.2447 a           | 0.2359 a         | 4.3753 a                                  |
| 0.3 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                        | 51.167 a                          | 1.2379 a           | 0.2223 a         | 4.2545 a                                  |
| 0.4 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                        | 52.997 a                          | 1.3309 a           | 0.2591 a         | 4.6877 a                                  |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                        | 52.246 a                          | 1.3302 a           | 0.2276 a         | 4.2491 a                                  |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B                                | 56.506 a                          | 1.4233 a           | 0.2658 a         | 4.5054 a                                  |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                               | 55.449 a                          | 1.4396 a           | 0.2688 a         | 4.7489 a                                  |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                                | 58.473 a                          | 1.4635 a           | 0.2711 a         | 4.6340 a                                  |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4<br>mg L <sup>-1</sup> Mo | 59.427 a                          | 1.5457 a           | 0.2873 a         | 4.7627 a                                  |
| DMS                                                                                 | 16.507                            | 0.4660             | 0.1194           | 1.000                                     |

\*Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas Tukey  $\leq 0.05\%$ .

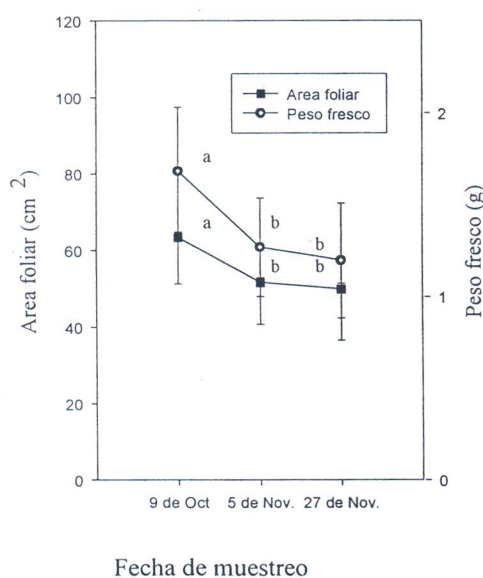
DMS =Diferencia mínima significativa

\*\*Valores promedio de los muestreos realizados 9 de oct, 5 de Nov y 27 de Nov.

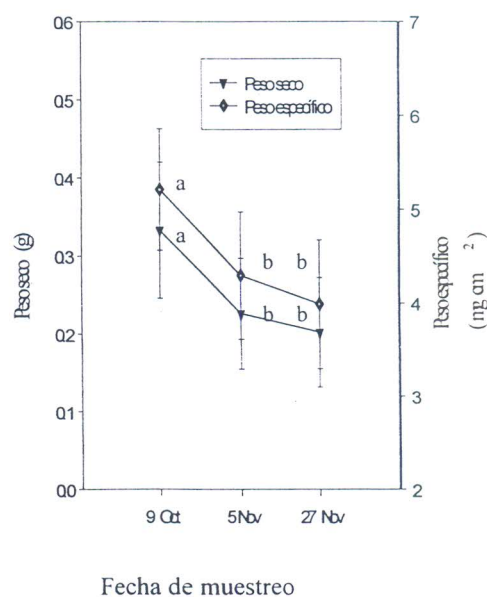


Sin embargo, cuando se evaluaron estas variables en función del tiempo (Figura 1) se observa que hubo diferencias significativas en el área foliar y el peso fresco entre fechas de muestreo. Los mayores valores para estas variables fueron para el muestreo realizado el 9 de octubre. Igual sucedió para las variables peso seco y peso específico (Figura 2).

La disminución en tamaño de las hojas en función del tiempo se debe a que a medida que avanza el ciclo vegetativo las hojas de la posición media que fue donde se realizó el muestreo son más recientes y todavía están en desarrollo por lo que presentaron menor área foliar, peso fresco y peso seco.



**Figura 1.** Comportamiento del área foliar y el peso fresco de hojas de nochebuena cv. Supjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno



**Figura 2.** Comportamiento del peso seco y peso específico de hojas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno

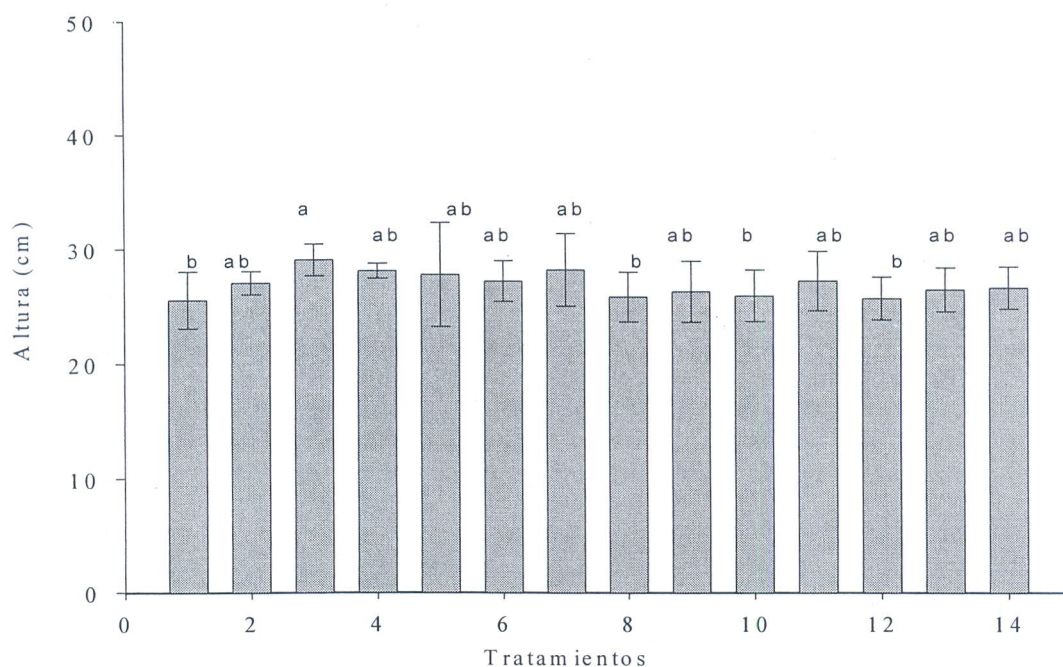
El coeficiente de correlación entre el área foliar y el peso fresco fue de 0.9068 lo que implica un alto grado de asociación; de manera similar el peso seco se correlacionó en 0.7577 con el peso específico y en 0.7202 con el peso fresco (Cuadro 1A).

#### **4.1.2 Altura de planta**

La altura de planta se vió favorecida con las aplicaciones de Ca y B por separado; sin embargo, el efecto del Ca fue superior al de B y a la combinación de ambos; la dosis de 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca incrementó la altura de planta en un 15.2 % con respecto al testigo, presentando diferencias estadísticas (Figura 3).

El Mo aplicado en concentraciones de 0.3, 0.5 mg L<sup>-1</sup> y cuando se combinó con 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca no favoreció la altura de la planta comparada con cualquier concentración de Ca y B e inclusive con la concentración de 0.4 mg L<sup>-1</sup> de este mismo elemento.

Los tratamientos con calcio en cualquier concentración promovieron el crecimiento de la planta quizás debido a: 1) que se utilizó como fuente el nitrato de calcio por lo que indirectamente se estuvo suministrado nitrógeno foliarmente aunado a su concentración en la solución nutritiva. b) también se debe al papel fisiológico que juega el calcio al favorecer la absorción de nitrógeno (Wunderlich citado por Mengel y Kirkby, 1982), y su importancia en la división mitótica de las células como en el funcionamiento del meristemo apical de la raíz lo cual incrementa su capacidad de absorción de agua y nutrimentos (Mengel y Kirkby, 1982).

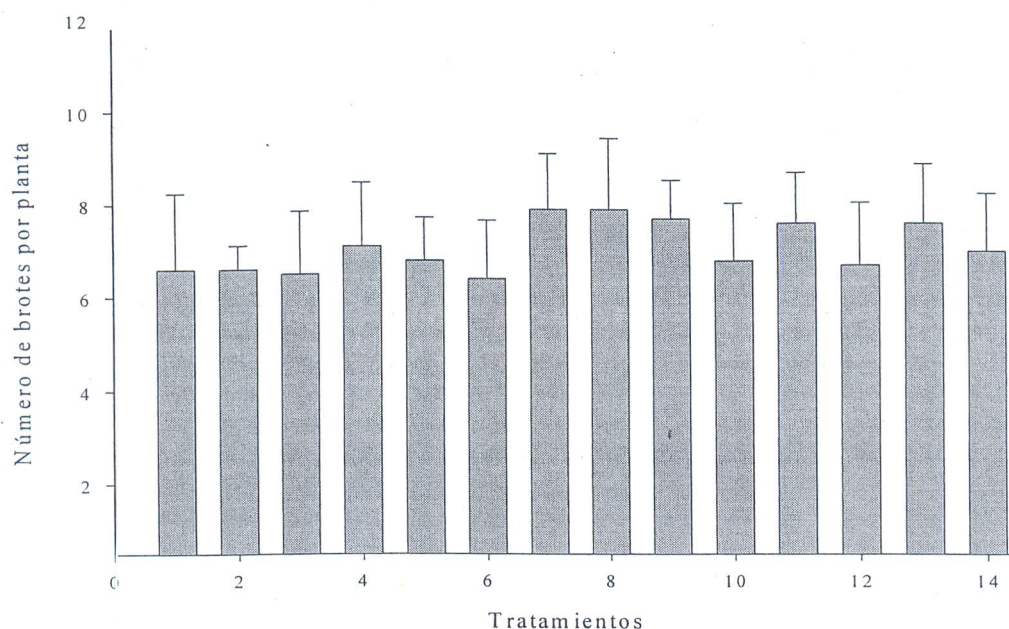


T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 3. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

#### 4.1.3 Número de brotes por planta

La aplicación de B y Mo a concentraciones de 0.8 y 0.3 mg L<sup>-1</sup> favorecieron el número de brotes por planta (7.9) sin presentar diferencias estadísticas (Figura 4). Para Mo se observó la tendencia de disminuir el número de brotes a medida que se incrementó la cantidad aplicada.



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

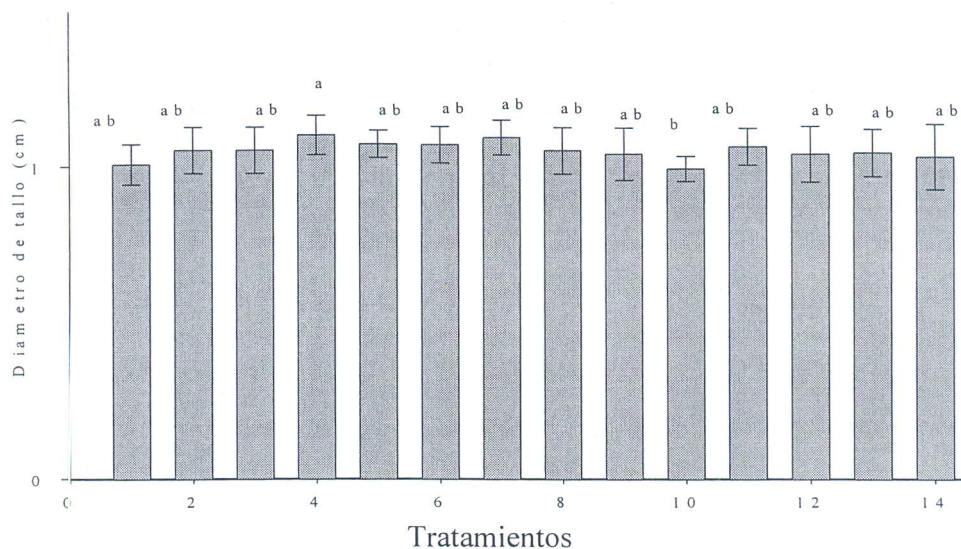
**Figura 4. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brotes por planta de nochebuena cv. Subjibi roja.**

#### 4.1.4 Diámetro del tallo

El Ca a concentración de 500 mg L<sup>-1</sup> incrementó el diámetro del tallo en 10.86 % con respecto a la aplicación de 0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo que presentó el valor más bajo (0.99 cm), siendo estadísticamente diferentes. El Mo solo y combinado con Ca no favoreció el diámetro del tallo (Figura 5), siendo estadísticamente iguales a los tratamientos con B, Ca y combinaciones. Es conocido que el Ca y el B favorecen la división celular; el calcio es un activador de enzimas y también promueve el alargamiento (Jones, 2002); el boro además está involucrado en la biosíntesis de lignina y en la diferenciación de los



vasos del xilema (Jones, 1991).



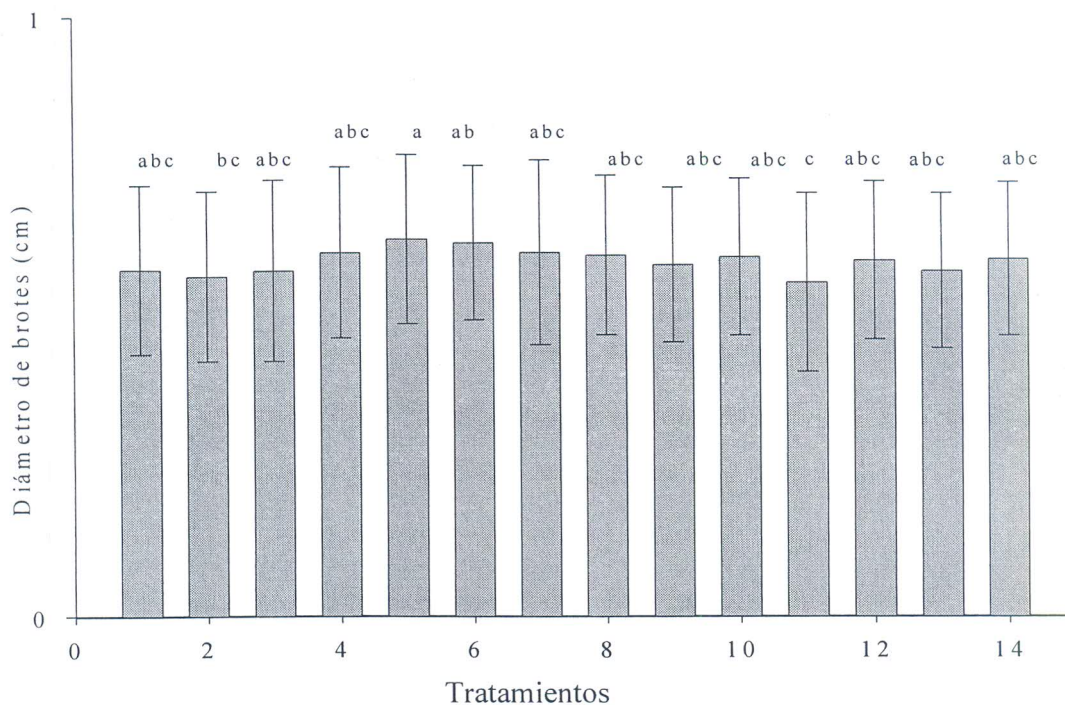
T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 5. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro del tallo de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

#### 4.1.5 Diámetro de brotes

La Figura 6 muestra que el B aplicado en 0.2 mg L<sup>-1</sup> incrementó significativamente el diámetro de los brotes en 13.05 y 8.8 % con respecto al testigo y al tratamiento de 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca+ 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B, el cual presentó el menor diámetro de brotes (0.556). El calcio presentó una tendencia de incrementar el diámetro de los brotes a medida que se incrementó la cantidad aplicada, efecto contrario al que presentó el Mo.

La respuesta en el incremento del diámetro de brotes a la aplicación de B comparado con el Ca y el Mo, podría deberse a una mayor actividad meristemática en las plantas tratadas con este nutrimento, como lo observó Gupta (1979).



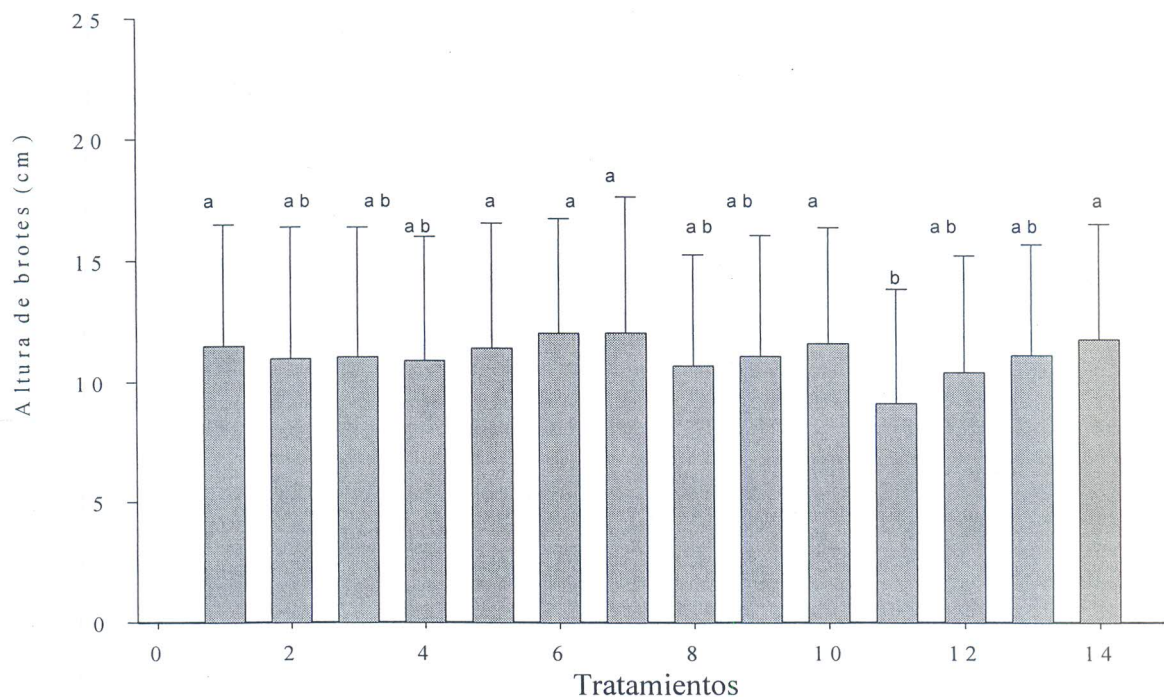
T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 6. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro de los brotes de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

#### 4.1.6 Altura de brotes

Las concentraciones de 0.2, 0.5 y 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B incrementaron la altura de los brotes en 25.23, 32.08 y 30.84 % respectivamente, de manera similar el Mo cuando se aplicó

en la concentración más alta incrementó la altura de los brotes en 27.31 % y la combinación de Ca+B+Mo incrementó la altura de los brotes en 29.12 % comparados con el tratamiento de Ca+B que presentó la menor altura (9.09 cm) siendo estadísticamente diferentes (Figura 7). La combinación de Ca+B disminuyó la altura de los brotes con respecto al testigo. Las aplicaciones foliares de B y Mo tendieron a incrementar la altura de los brotes a medida que se incrementó la dosis.



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 7. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la altura de los brotes de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**



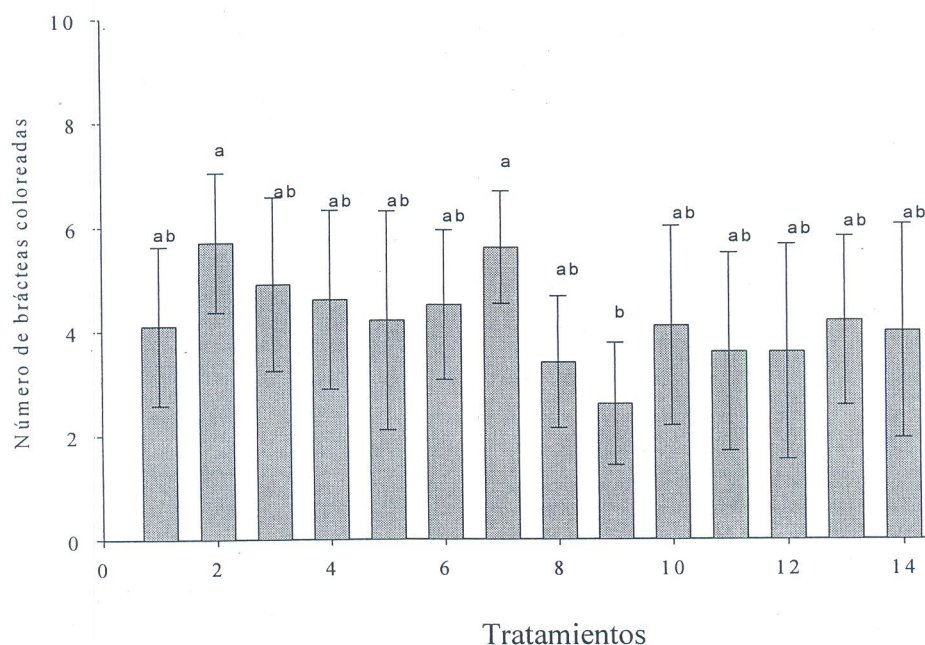
#### 4.1.7 Número de brácteas con inicio de coloración

A las tres semanas y media después de iniciado el fotoperiodo corto, dió inicio la pigmentación de las hojas apicales de la planta, para entonces ya se tenía efecto de dos de las tres aplicaciones foliares. Los tratamientos con Ca y B en concentraciones de 300 y 0.8 mg L<sup>-1</sup> incrementaron significativamente el número de hojas por planta con inicio de pigmentación (5.7 y 5.6 respectivamente) en comparación al tratamiento con 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo que presentó el menor número de hojas (2.6) con inicio de coloración. La aplicación de Ca y B en cualquier concentración favorecieron el inicio de pigmentación en las hojas comparadas con el testigo, aunque para las concentraciones evaluadas se nota una tendencia contraria entre estos elementos; es decir el número de brácteas coloreadas aumentaron conforme aumentó la concentración de B y disminuyeron a medida que se incrementó la concentración de Ca. Las combinaciones de Ca, B y Mo no tuvieron efecto sobre esta variable (Figura 8).

El mayor número de brácteas con inicio de coloración para boro probablemente se puede atribuir al papel fisiológico del boro en la síntesis y transporte de sacarosa a través de las membranas y en los conductos floemáticos, además juega un papel importante en la síntesis de flavonoides (Saure, 1990) lo que ocasionó un aceleramiento de la ruta biosintética de las antocianinas a partir de la estructura del primer flavonoide específico que surge por la condensación de una molécula de 4- cumaroil-CA con 3 moléculas de malonil-CoA, reacción catalizada por la enzima chalcona sintetasa (CHS) que a su vez es codificada por el gen C2, y el gen A1 que codifica la enzima dihydroquercetin



reductasa y el gen Bronze (Bz1), que codifica la enzima UFGT, transfiere glucosa a la antocianina. Ambos, el gen C2 y el gen A1 son esenciales para la formación de antocianinas.



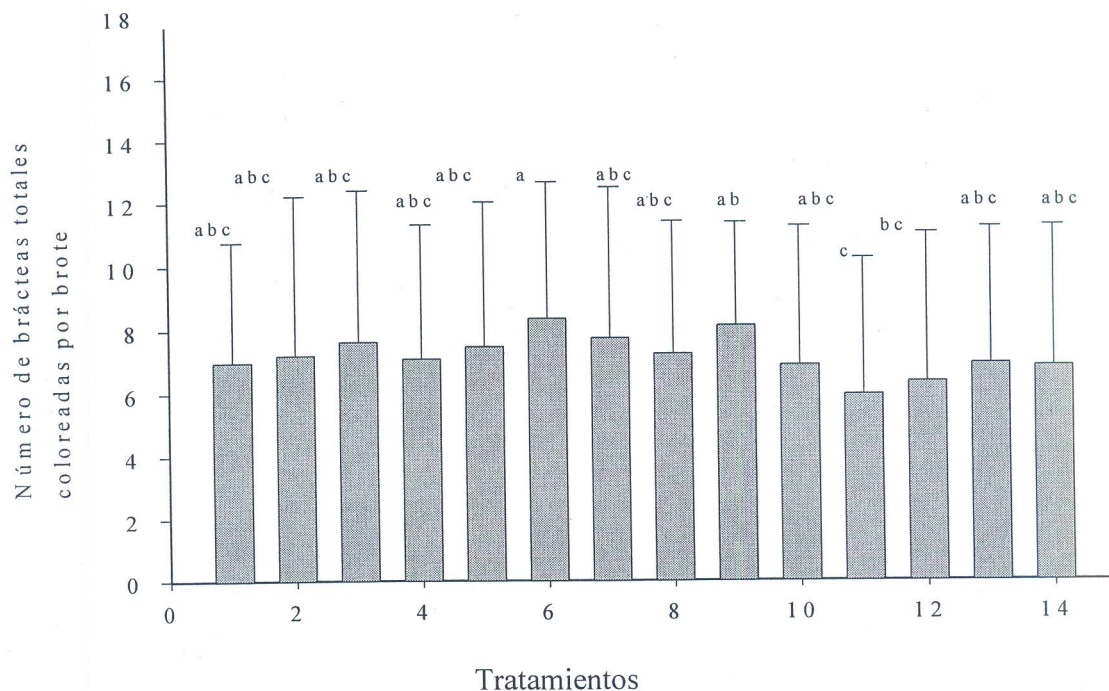
T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 8. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brácteas con inicio de coloración.**

#### 4.1.8 Número de brácteas totales coloreadas por brote

La aplicación de 0.5 mg L<sup>-1</sup> de boro incrementó significativamente el número de brácteas coloreadas totales por brote (8.36), en comparación con las combinaciones de Ca con B y Ca con Mo que disminuyeron el número de brácteas coloreadas totales por

brote (5.97 y 6.36 respectivamente). Sin embargo, en relación al testigo no hubo diferencias entre tratamientos (Figura 9).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 9. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brácteas coloreadas totales por brote en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

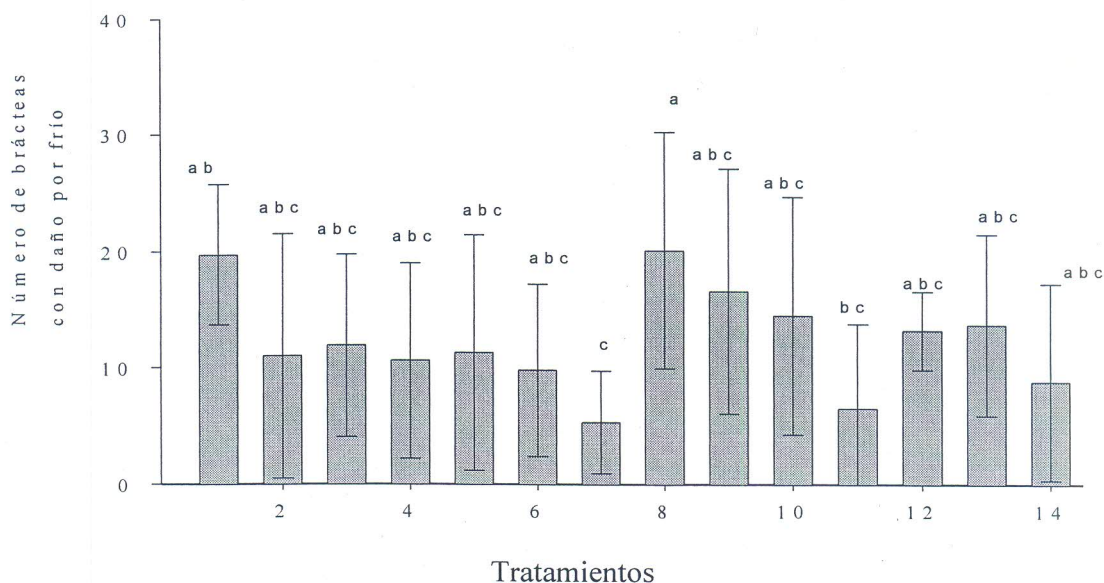
#### 4.1.9 Número de brácteas dañadas por frío

La helada que se presentó el día 22 de Noviembre de 2002, cuando las plantas estaban en su punto óptimo de comercialización permitió evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la resistencia de las brácteas al frío. La helada

tuvo una duración de 6 (1.30 am – 7.30 am), llegándose a registrar una temperatura de – 6 °C. En la Figura 10 se observa el comportamiento de las brácteas tratadas con los diferentes tratamientos con respecto a su resistencia al daño por frío. Las plantas tratadas con 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B fueron las que presentaron menor número de brácteas dañadas por frío (5.3), mientras que la combinación de Ca+B y Ca+B+Mo también influyeron en la resistencia de las brácteas al frío (6.5 y 8.8 respectivamente). La aplicación de 0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo y el testigo presentaron el mayor número de brácteas dañadas (20.1 y 19.7 respectivamente).

El daño causado por las bajas temperatura es principalmente atribuido a la destrucción del sistema de membranas celulares en la planta por oxígeno activo y otros radicales libres (Jiang y Jing, 1993).

El menor número de brácteas con daño por frío para los tratamientos con B y Ca y la combinación de ambos, puede atribuirse a que el boro fortifica las membranas internas y externas de las células, lo que permite que éstas sean más resistentes y regulen mejor el paso de los solutos (Márquez, 1987) y el calcio tiene la función de impedir daños a la membrana celular, evitando el escape de sustancias intracelulares, cumpliendo un papel estructural al mantener la integridad de la membrana (Jones *et al.*, 1991).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 10. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el número de brácteas dañadas por frío en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

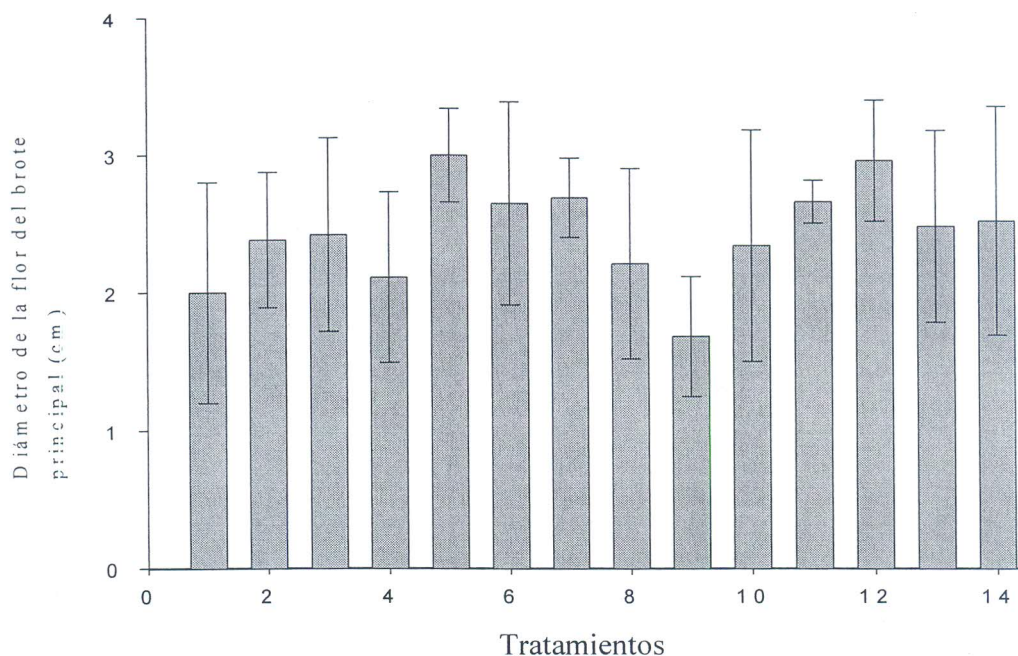
#### 4.1.10 Diámetro de la flor del brote principal

La aplicación de B en cualquier concentración incrementó el tamaño de la flor de los brotes principales; así mismo el B cuando se combinó con Ca favorecieron el tamaño de la flor. El mayor tamaño de flor provocado por las aplicaciones foliares de B y Ca+Mo es atribuido al papel fisiológico que tienen ambos elementos en el desarrollo de las estructuras reproductivas al incrementar la capacidad de metabolizar azúcares, y reducir notablemente la pérdida de carbohidratos, aminoácidos y proteínas en los granos de polen en germinación; y posiblemente regulen la permeabilidad y mantengan



la estructura de las membranas celulares (Dickinson, 1978, Davies, 1987 y Jones, 2002).

El Mo en la concentración de  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  disminuyó el tamaño de la flor (Figura 11).

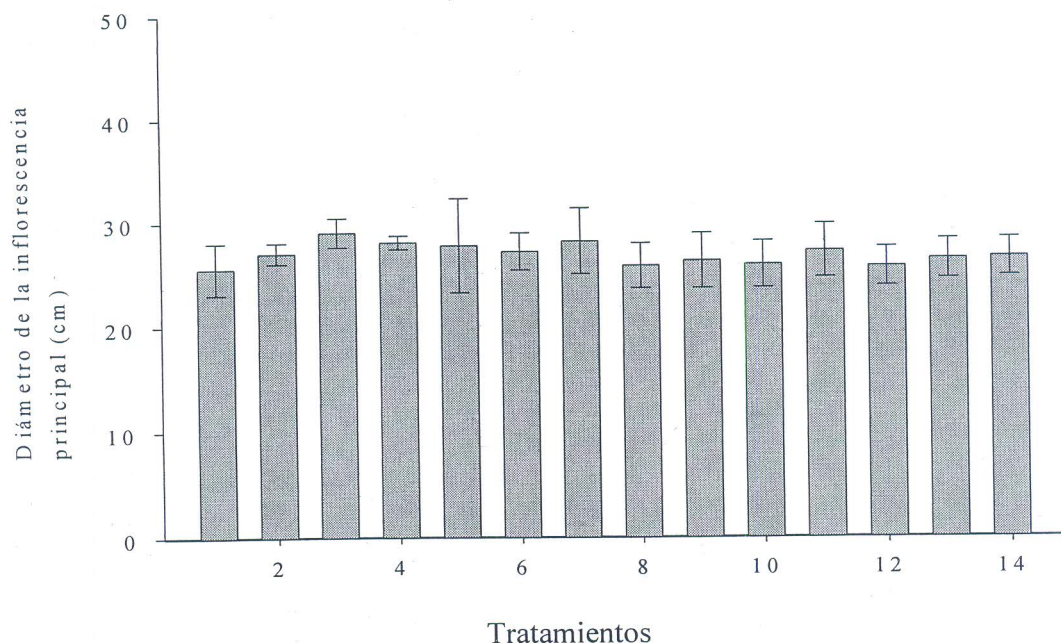


T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 11. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro de la flor del brote principal de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

#### 4.1.11 Diámetro de inflorescencia principal

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para esta variable. Numéricamente la aplicación de 400 y 500 mg L<sup>-1</sup> de Ca presentaron el mayor diámetro de la inflorescencia principal. El Mo en cualquier concentración disminuyó el diámetro de la inflorescencia (Figura 12).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 12. Efecto de las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en el diámetro de la inflorescencia principal de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.**

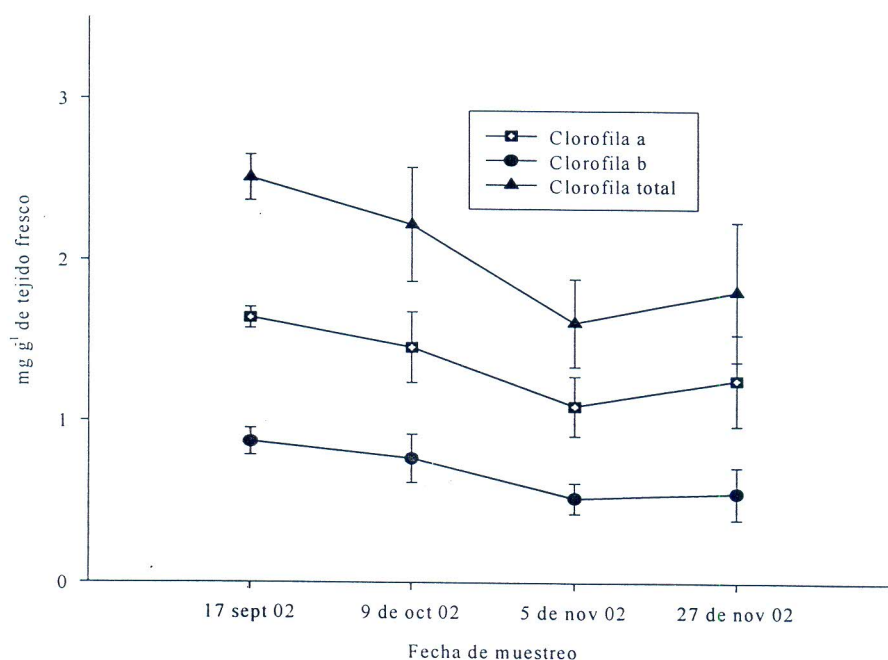
## 5.2 Pigmentos

### 4.2.1 Contenido de clorofilas a, b y total en hojas

No hubo diferencias significativas entre tratamientos. La clorofila a, b y total a las tres semanas del fotoperiodo corto (9 de Octubre) disminuyeron en 11.23, 12.30 y 11.57 % respectivamente. Sin embargo, el contenido más bajo de estos pigmentos en las hojas se tuvo a partir del inicio de pigmentación misma que dió inicio el 12 de octubre, la disminución que se tuvo en el contenido de estos pigmentos a las 6 semanas del fotoperiodo corto (5 de noviembre) fecha en que se realizó el tercer muestreo con

respecto al inicial realizado el 17 de septiembre un día antes de iniciado el periodo de inducción fue de 23.53, 36.71 y 28.102 %. La clorofila a, b y total en función del tiempo presentaron una disminución significativa presentando el mayor contenido de estos pigmentos en el muestreo inicial (Figura 13).

Después de 45 días de terminado el fotoperiodo corto (27 de noviembre) la clorofila a, b y total presentaron un incremento en la clorofila a y total con respecto a los niveles encontrados al final de periodo de inducción a floración (5 de noviembre). Esto implica que la hoja empieza a restablecer su capacidad fotosintética para la producción de fotoasimilados, mismos que son demandados por las brácteas en proceso de formación.



**Figura 13.** Comportamiento de la clorofila a, b y total en hojas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.

#### **4.2.2 Contenido de clorofila a, b, total, carotenoides y antocianinas en brácteas**

Para la evaluación del contenido de estos pigmentos en las brácteas se realizaron tres muestreos: a) a las 6 semanas del fotoperiodo corto (5 de noviembre) donde se muestrearon brácteas con inicio de pigmentación, b) 10 días después de terminado el fotoperiodo corto (21 de noviembre) en este muestreo se seleccionaron brácteas con la mitad pigmentada y c) a los 35 días de terminado el fotoperiodo corto (5 de diciembre) donde ya se seleccionaron brácteas completamente pigmentadas. En el Cuadro 6 se presentan los valores promedio para cada pigmento por tratamiento, se observa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para el contenido de clorofila a, b y total así como para carotenoides y antocianinas en brácteas. Numéricamente, se observa que los tratamientos de  $400 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca combinado con  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo y la combinación Ca+B+Mo, así como el tratamiento de  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo tendieron a aumentar el contenido de clorofila a, b, total y carotenoides. El menor contenido de estos pigmentos en las brácteas se tuvo con la aplicación de Mo en concentraciones de  $0.4$  y  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$ .



**Cuadro 4. Contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratada con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

| Tratamiento                                                                      | Clorofila a | Clorofila b | Clorofila Total | Carotenoides | Antocianinas |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
| mg g <sup>-1</sup> de tejido fresco                                              |             |             |                 |              |              |
| Testigo (Sin aplicación)                                                         | 0.4101 a**  | 0.1915 a    | 0.6014 a        | 2.0189 a     | 142.04 a     |
| 300 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 0.3904 a    | 0.1916 a    | 0.5818 a        | 1.8505 a     | 157.43 a     |
| 400 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 0.3944 a    | 0.1875 a    | 0.5818 a        | 1.9852 a     | 129.88 a     |
| 500 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 0.3831 a    | 0.1921 a    | 0.5751 a        | 2.0089 a     | 150.91 a     |
| 0.2 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 0.4041 a    | 0.1942 a    | 0.5986 a        | 1.9750 a     | 124.69 a     |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 0.4253 a    | 0.2044 a    | 0.6296 a        | 2.1378 a     | 147.57 a     |
| 0.8 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 0.3534 a    | 0.1750 a    | 0.5282 a        | 1.8258 a     | 153.69 a     |
| 0.3 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 0.4600 a    | 0.2115 a    | 0.6713 a        | 2.1366 a     | 135.47 a     |
| 0.4 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 0.3302 a    | 0.1460 a    | 0.4761 a        | 1.6002 a     | 160.31 a     |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 0.3252 a    | 0.1541 a    | 0.4791 a        | 1.6064 a     | 140.43 a     |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B                             | 0.4091 a    | 0.1961 a    | 0.6051 a        | 2.0191 a     | 127.40 a     |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                            | 0.4679 a    | 0.2190 a    | 0.6867 a        | 2.2262 a     | 135.95 a     |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                             | 0.3760 a    | 0.1769 a    | 0.5528 a        | 1.8088 a     | 140.91 a     |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo | 0.4332 a    | 0.2124 a    | 0.6454 a        | 2.2230 a     | 112.99 a     |
| DMS                                                                              | 0.3738      | 0.2146      | 0.4869          | 1.9083       | 64.91        |

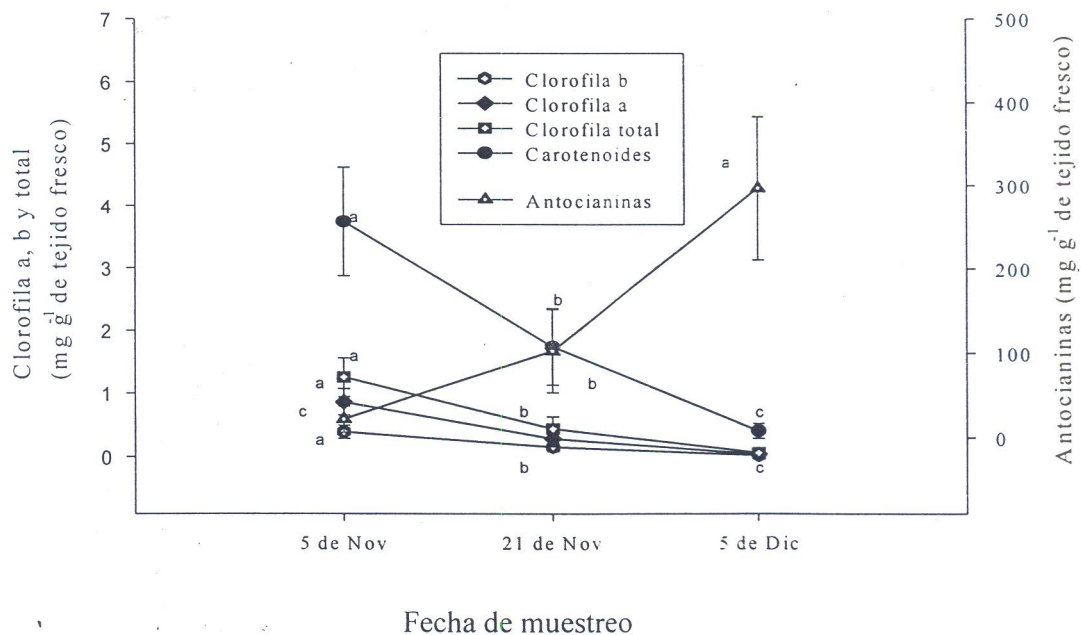
Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas Tukey p ≤ 0.05% .  
DMS = Diferencia mínima significativa.

\*\*Valores promedio de los muestreos realizados 5 de Nov, 21 de Nov y 5 de Dic.

La Figura 14 presenta el comportamiento de las clorofilas a, b y total así como de los carotenoides y antocianinas en función del tiempo. Las clorofilas y carotenoides disminuyeron significativamente a través del tiempo, comportamiento que fue opuesto a las antocianinas las cuales incrementaron significativamente. Del 5 de Nov- al 5 de Dic, la clorofila disminuyó en un 95 % (de 2.25 a 0.06 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco), y los carotenoides disminuyeron en 89 % (de 3.8 a 0.41 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco). Para antocianinas el incremento que se tuvo al 5 de diciembre fue de 1285 % ya que en el muestreo inicial presentaban un contenido de 21.41 mg g<sup>-1</sup> de tejido fresco y al final

tuvieron  $296.7 \text{ mg g}^{-1}$  de tejido fresco. La relación inversa entre la clorofila a, b y total en hojas así como los carotenoides en brácteas con las antocianinas, se comprueba con los coeficientes de correlación que fueron (-0.159, -0.340, -0.106 respectivamente para hojas y -0.181, -0.755, -0.766 y -0.804 para brácteas).

Por su parte la clorofila a en brácteas se correlacionó positivamente con la clorofila b en brácteas y con clorofila b y total en hojas; los valores de los coeficientes de correlación fueron de 0.44, 0.540 y 0.984, respectivamente, lo que implica un alto grado de asociación entre estas variables. La clorofila b en brácteas se correlaciono en 0.939 y 0.929 con la clorofila total y carotenoides, sin embargo este mismo pigmento se correlaciono en -0.7554 con antocianinas (Cuadro 2 A).



**Figura 14.** Comportamiento de la clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.

Kannangara y Hansson (1998) mencionan que durante el fotoperiodo corto la acumulación de clorofilas en las brácteas se detuvo cuando se inició la acumulación de antocianinas, efecto que se observó en el presente trabajo ya que las brácteas al inicio de la pigmentación presentaron el mayor contenido de clorofila a, b, total y de carotenoides y a medida que avanzó el proceso de pigmentación su contenido disminuyó significativamente (Figura 14).

Aproximadamente a la cuarta semana de iniciado el fotoperiodo corto (17 de septiembre al 12 de Octubre) las hojas más jóvenes empezaron a acumular antocianinas y se tornaron rojas, llegando a su nivel óptimo a las 8 semanas de inducción, coincidiendo con lo encontrado por Kannangara y Hansson (1998).

Durante las últimas 2 - 3 semanas del fotoperiodo corto la disminución de clorofila y el aumento en la síntesis de antocianinas se debe a la pérdida de uno o más componentes claves involucrados en la biosíntesis, de cloroplastos, o quizás a la disminución drástica de las dos subunidades Olive y  $\text{CH}_2$  que forman parte del complejo Mg-quelatasa que se encuentra en puntos de la bráctea al igual que la clorofila, canalizando rutas de biosíntesis protoporfirina IX a clorofila (Kannangara y Hansson, 1998).

En todas las plantas se observó que las hojas jóvenes perciben la señal para responder al fotoperiodo al emerger con inicios de pigmentación, coincidiendo con lo encontrado por Lang (1952).

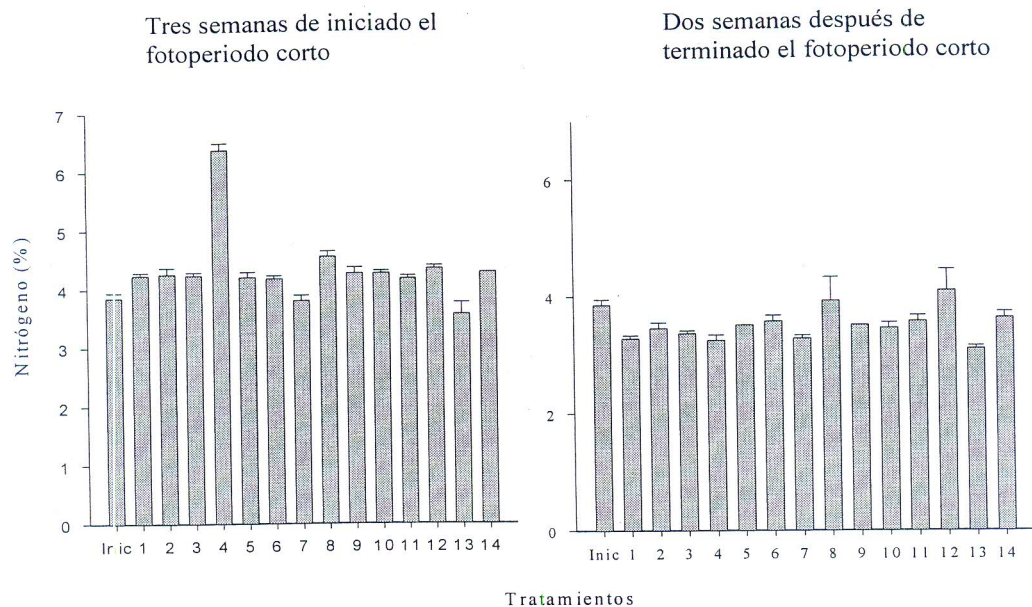
### 4.3 Análisis nutrimental

#### 4.3 .1 Nitrógeno

A las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto (inicio de inducción) la aplicación de Ca en 500 mg L<sup>-1</sup> presentó un incremento significativo de nitrógeno con respecto a todos los demás tratamientos. La aplicación de Mo favoreció el contenido de nitrógeno en las hojas siendo este efecto mas marcado con la concentración más baja, esto atribuido al papel fisiológico en la asimilación de los nitratos. Para este periodo la mayoría de los tratamientos presentaron niveles de suficiencia (4.0 – 6.0 %) sugeridos por Jones *et al.* (1991) y Rodríguez-Rodríguez (2002) para poinsettias, con excepción de los tratamientos de 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B y 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B combinado con 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo que presentaron niveles considerados como críticos o bajos (3.10-3.99) según Ecke *et al.* (1990).

A las dos semanas de terminado el fotoperiodo corto (etapa final del desarrollo de la bráctea) los tratamientos con Ca+Mo, 0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo, y Ca+B+Mo fueron los que mayor contenido de nitrógeno presentaron (Figura 15). En esta etapa las aplicaciones foliares de calcio y molibdeno generaron una tendencia de disminuir el contenido de nitrógeno en las hojas a medida que se incrementó la dosis.





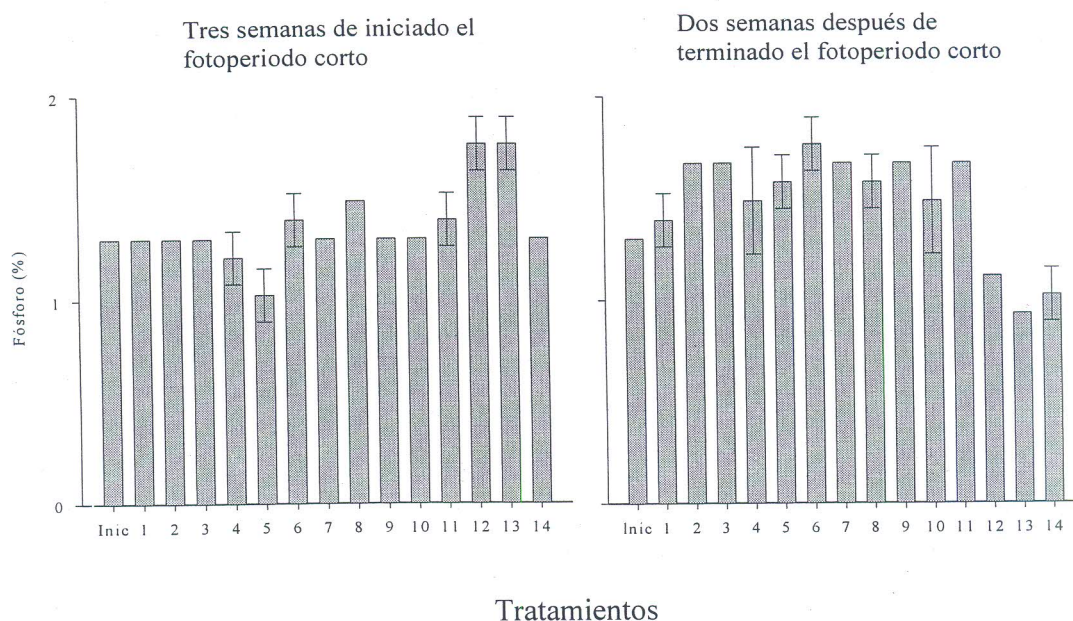
T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 15. Comportamiento del nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

La máxima acumulación de nitrógeno en la planta de nochebuena ocurrió en la etapa vegetativa y disminuyó cuando la planta cambió a etapa inductiva-desarrollo de la bráctea, es decir cuando se inició la formación de la brácteas; esto debido a que el nitrógeno se transloca a las brácteas coincidiendo con lo reportado por Rose y White (1994). Los coeficientes de correlación entre nitrógeno con el área foliar y clorofila a fueron de 0.975 y 0.989, respectivamente lo que implica un alto grado de asociación (Cuadro 3 A).

### 4.3.2 Fósforo

A las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto hubo diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos de Ca+Mo y B+Mo, los que presentaron el mayor contenido de fósforo en las hojas (1.79 y 1.73 % respectivamente). El Ca en cualquier concentración utilizada presentó niveles similares a los iniciales (1.30 %). El B en su concentración más baja fue el que más disminuyó (1.05 %) el contenido de P en las hojas (Figura 16).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 16. Comportamiento del fósforo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

A las dos semanas de terminado el fotoperiodo corto y realizadas todas las aplicaciones foliares de los fertilizantes, se observó que la aplicación de B en la concentración de 0.5 mg L<sup>-1</sup> incrementó el contenido de P en 85.87 % comparado con la aplicación de B+ Mo. Las concentraciones más bajas de Ca (300 y 400 mg L<sup>-1</sup>) y de molibdeno (0.3 y 0.4 mg L<sup>-1</sup>) incrementaron el contenido de P de manera similar.

Las combinaciones de B+Mo y Ca+B+Mo (tratamientos 12 y 14) que presentaron alto contenido de nitrógeno disminuyeron significativamente el contenido de P comparado con el tratamiento 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B y la concentración inicial. La combinación de B+ Mo disminuyó el contenido de N y P.

Los niveles encontrados de este elemento en ambas fechas de muestreo son considerados como altos (0.6-0.7), para poinsettia según Rodríguez-Rodríguez (2002).

#### 4.3.3 Potasio

En ambas fechas de muestreo los niveles encontrados de este elemento en las hojas fueron considerados de suficientes a altos para poinsettias (1.5 – 4.0 %) según Jones *et al.* (1991) y Rodríguez-Rodríguez (2002), el K tendió a incrementarse en la etapa vegetativa. A las tres semanas de inducido el fotoperiodo corto las combinaciones de Ca +B, Ca+Mo y B+Mo fueron las que más disminuyeron el contenido de K comparados con los demás tratamientos y el inicial sin presentar diferencias estadísticas (Figura 17).

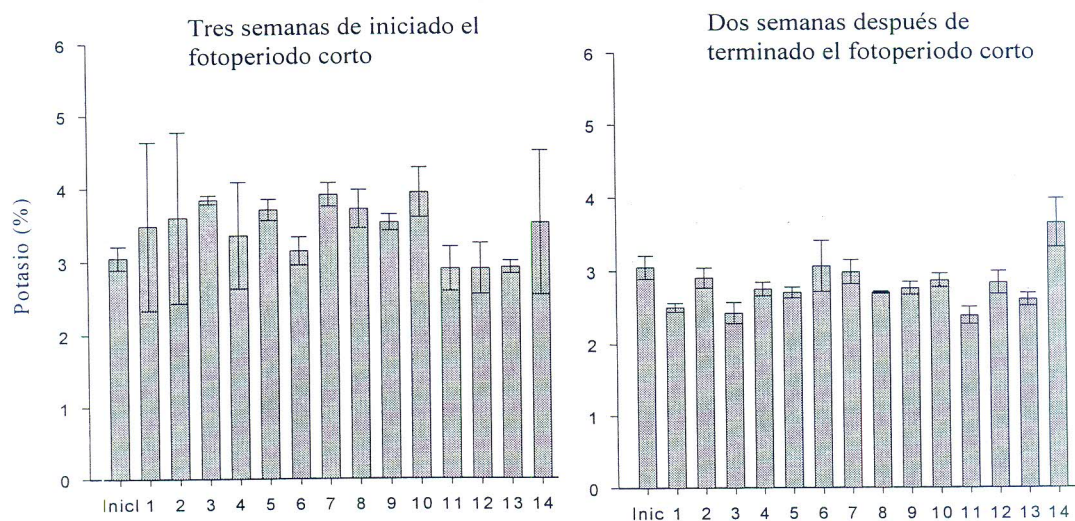
A las dos semanas de terminado el fotoperiodo corto la combinación de Ca+B y la



aplicación de 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca disminuyeron significativamente el contenido de K en las hojas. Para esta fecha la mayoría de los tratamientos presentaron contenidos menores al inicial (3.05 %) con excepción de los tratamientos de Ca+B+Mo y B en una concentración de 0.5 mg L<sup>-1</sup>

La combinación de Ca+B+Mo incrementó significativamente el contenido de K en las hojas con respecto a los demás tratamientos.

Jones *et al.* (1991) mencionan que plantas con alto contenido de N y K en sus hojas usualmente presentan elevados contenidos de P (> 0.25 %)



#### Tratamientos

T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 17. Comportamiento del potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

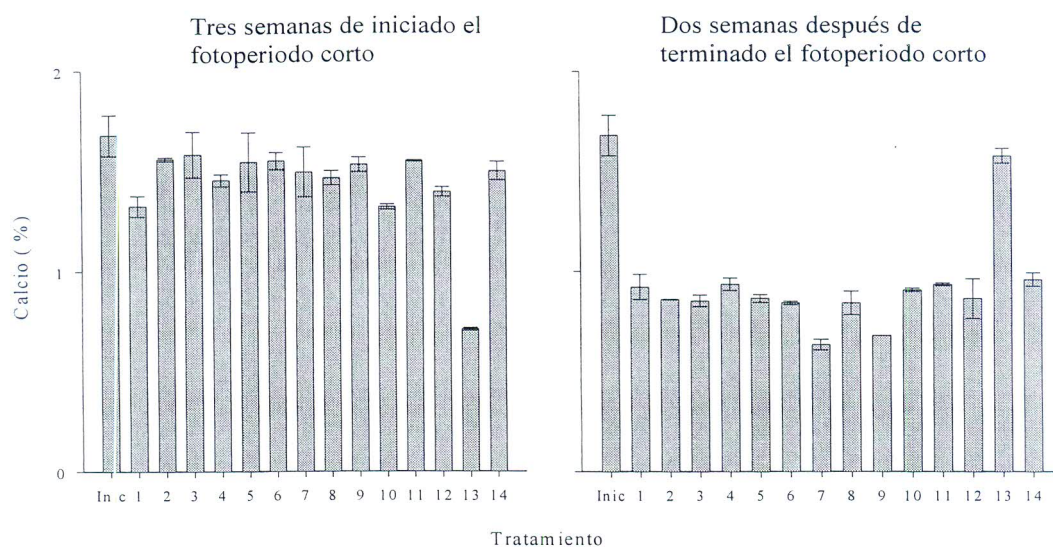


#### 4.3.4 Calcio

A las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto, la aplicación de Mo y Ca en concentraciones de 0.4 y 400 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, incrementaron significativamente el contenido de Ca en las hojas de nochebuena, con relación al tratamiento de B+Mo que fue el que presentó el menor contenido de Ca (0.69 %). Todos los tratamientos presentaron una disminución en el contenido de este elemento con respecto al inicial (1.66 %).

A las dos semanas de terminado el fotoperiodo corto y después de la tres aplicaciones foliares la combinación de B+Mo presentó el mayor contenido (1.57 %) de Ca en las hojas, estableciendo diferencias significativas con todos los demás tratamientos (Figura 18). También se observó que el Ca presentó sinergismo con el Fe y Zn.

Los niveles encontrados de este elemento en las hojas en ambas fechas de muestreo son considerados suficientes (0-7-2.0 %) según Jones *et al.* (1991) y Rodríguez-Rodríguez (2002). En esta etapa el boro tendió a disminuir el contenido de calcio a medida que se incrementó su dosis.

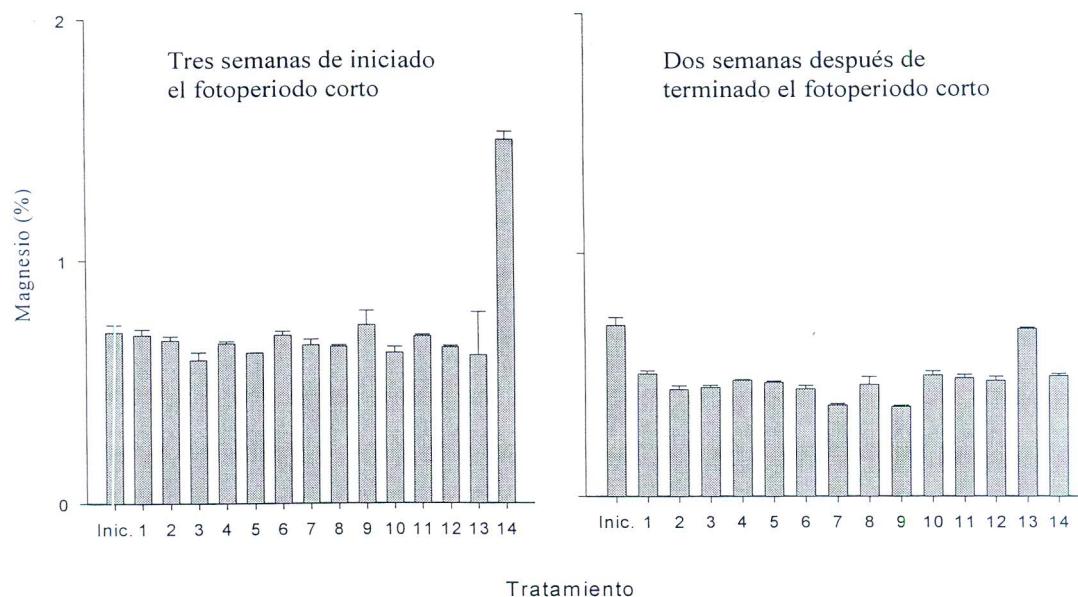


T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 18. Comportamiento del calcio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

#### 4.3.5 Magnesio

Los niveles encontrados de este elemento en ambas fechas de muestreo fueron menores al contenido inicial (0.7021%) que presentaban las hojas antes de las aplicaciones foliares; sin embargo, el contenido de este elemento fue mayor en la etapa vegetativa como lo muestra la Figura 19.



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 19. Comportamiento del magnesio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

A las tres semanas de inducido el fotoperiodo corto se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento 14 (Ca+B+Mo) y todos los demás tratamientos incluyendo al testigo.

A las dos semanas de terminado el fotoperiodo corto el tratamiento de B+Mo incrementó significativamente el contenido de Mg presentando diferencias significativas con todos los demás tratamientos y el testigo. El testigo presentó diferencias significativas con los Tratamientos 2, 3, 6, 7, 8 y 9. Las aplicaciones de B en razón de 0.8 mg L<sup>-1</sup> y de Mo en

una concentración de  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  presentaron el menor contenido de magnesio (0.37 y 0.37, respectivamente).

Las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en las diferentes concentraciones no presentaron diferencias significativas en el contenido de este elemento en las hojas de nochebuena ya que se encontró en cantidades consideradas de suficiencia para poinsettias (0.3-1.0 %), según Jones *et al.* (1991).

Los coeficientes de correlación del magnesio con el área foliar y la clorofila a y clorofila b y nitrógeno fueron de 0.898, 0.911, 0.464 y 0.892 respectivamente (Cuadro 3 A).

#### **4.3.6 Boro**

El B y el Mo cuando se aplicaron en concentraciones de  $0.5$  y  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  incrementaron significativamente el contenido de B en las hojas; este efecto se observó a las tres semanas de inducido el fotoperiodo corto.

La aplicación de Ca en concentraciones de  $400$  y  $500 \text{ mg L}^{-1}$  y de  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo junto con la combinación de B+Mo presentaron el menor contenido de este elemento en las hojas.

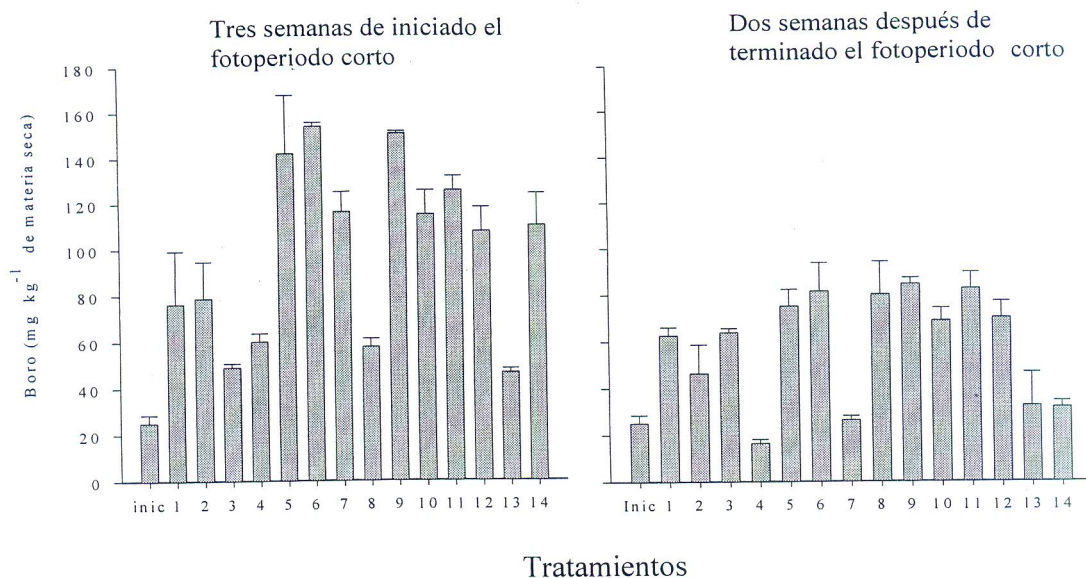
A mayor concentración de B en la solución foliar, hubo un incremento en su contenido en las hojas, ubicándose en el rango alto ( $100\text{-}200 \text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca) sugerido por Jones *et al.* (1991); sin embargo, no se observaron efectos fitotóxicos.



El mayor contenido de B para la totalidad de los tratamientos se observó a las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto luego de una aplicación foliar (Figura 20). Posteriormente durante las etapas de inducción de color a desarrollo de flor, el contenido de este elemento disminuyó significativamente en las hojas lo que implica que fue demandado por la bráctea en la etapa de desarrollo y pigmentación, por lo que se deduce que este elemento mostró alta movilidad en su redistribución vía floema como lo reporta (Van Goor y Van Lune, 1980). Este efecto también fue observado en las plantas sin aplicación aunque fue menos significativo. En esta etapa el B presentó un efecto antagónico con el Ca, Fe, Zn y Cu coincidiendo con lo reportado por Jones *et al.* (1991).

En ambas fechas de muestreo se observó que la aplicación de Ca tendió a disminuir el contenido de B en las hojas, esto atribuido a la adición de N en forma foliar coincidiendo con lo reportado por Jones *et al.* (1991) quienes mencionan que la adición de N induce a bajos niveles de B.

Después de dos semanas de terminado el fotoperiodo corto, el B presentó un efecto antagónico con el Mo y Zn. Los coeficientes de correlación del B con el área foliar, clorofila a, b y total fueron -0.1815, -0.1904 y -0.1879 respectivamente (Cuadro 3 A).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 20. Comportamiento del boro en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

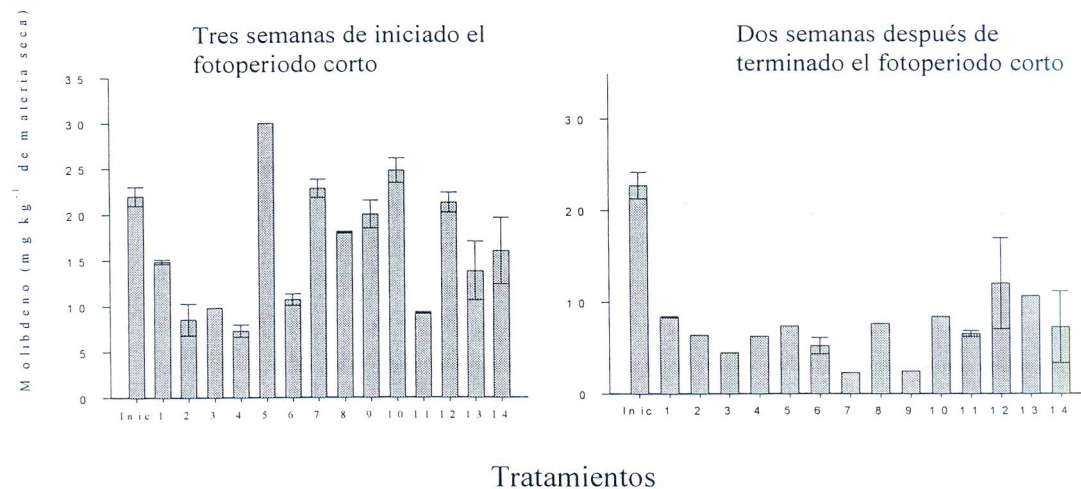
#### 4.3.7 Molibdeno

A las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto se tuvo el máximo contenido de Mo en las hojas, siendo significativo con la aplicación de B en una concentración de 0.2 mg L<sup>-1</sup> (Figura 21).

El calcio en cualquier concentración disminuyó el contenido de Mo en las hojas. En esta etapa el B presentó un efecto antagónico con el Mo. A mayor concentración de Mo en la solución foliar se favoreció su contenido en las hojas.

A las dos semanas de terminado el periodo de inducción se observó que todos los tratamientos presentaron una disminución en el contenido de Mo en las hojas comparado con su contenido inicial ( $22.70 \text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca). El B aplicado en una concentración de  $0.8 \text{ mg L}^{-1}$  y el Mo en una concentración de  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  fueron los que más disminuyeron el contenido de Mo en las hojas, mientras que las combinaciones de Ca+Mo y B+Mo favorecieron el contenido de este elemento.

No se observaron efectos fitotóxicos debido a las aplicaciones de molibdeno. Hubo diferencias significativas entre tratamientos para cada fecha de muestreo. Estos resultados sugieren que la cantidades empleadas de molibdeno estuvieron por debajo de la tolerancia de poinsettias.



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>=  $300 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca; T<sub>3</sub>=  $400 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca; T<sub>4</sub>= $500 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca; T<sub>5</sub>= $0.2 \text{ mg L}^{-1}$  de B; T<sub>6</sub>= $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de B; T<sub>7</sub>=  $0.8 \text{ mg L}^{-1}$  de B; T<sub>8</sub>= $0.3 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo; T<sub>9</sub>= $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo; T<sub>10</sub>= $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo; T<sub>11</sub>= $400 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca +  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de B; T<sub>12</sub>= $400 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca +  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo; T<sub>13</sub>= $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de B +  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo; T<sub>14</sub>= $400 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca +  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de B +  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  de Mo.

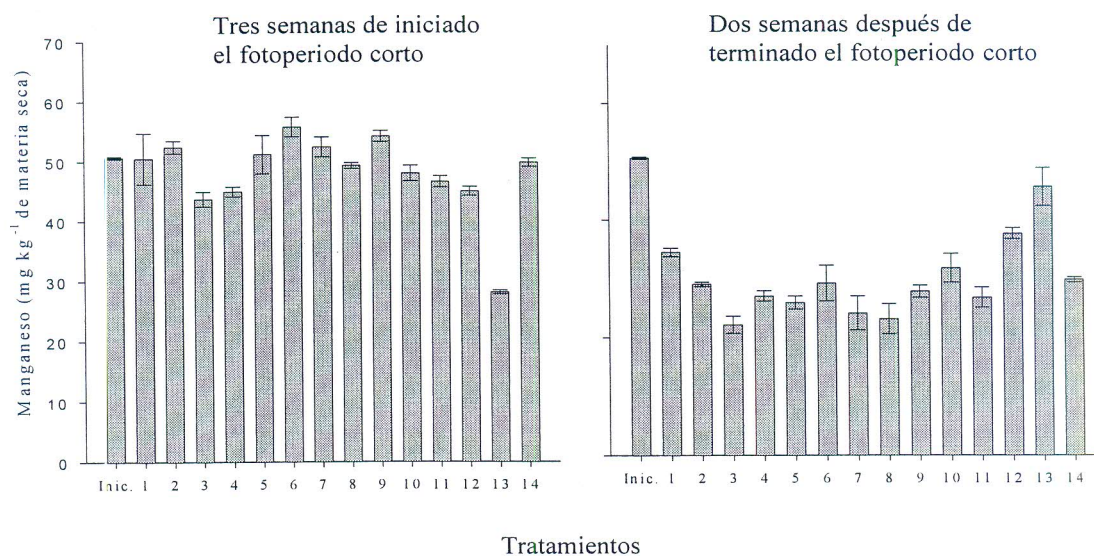
**Figura 21.** Comportamiento del molibdeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.



#### 4.3.8 Manganeso

A las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto el B en cualquier concentración utilizada incrementó el contenido de manganeso en las hojas con respecto a su contenido inicial (49.45 mg g<sup>-1</sup> de materia seca).

En general el B y Mo así como el Ca+B+Mo tuvieron efecto positivo sobre el contenido de Mn (Figura 22).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 22. Comportamiento del manganeso en plantas de nochebuena cv. Subjibí roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

La combinación de B+Mo disminuyó significativamente el contenido de Mn en las hojas comparado con la aplicación de Mo en una concentración de 0.4 mg L<sup>-1</sup> (Figura 22). El



Ca en concentraciones de 400 y 500 mg L<sup>-1</sup> disminuyó drásticamente el contenido de Mn comparado con los tratamientos 2, 6, 7, 9 y 14, presentando diferencias estadísticas. Hubo diferencias significativas del tratamiento 9 con los tratamientos 1, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 12 y 13.

A las dos semanas de terminado el periodo de inducción se observó una disminución para todos los tratamientos en el contenido de Mn en las hojas con respecto a su contenido inicial. Al igual que el muestreo anterior las concentraciones de 400 y 500 mg L<sup>-1</sup> de Ca y el B en concentraciones de 0.2 y 0.8 fueron los que más disminuyeron el contenido de Mn.

Los tratamientos de B+Mo así como Ca+Mo aumentaron en 9.25 y 26.27 % el contenido de Mn respectivamente, comparados con el contenido inicial y siendo los tratamientos que más favorecieron el contenido de este elemento. Los tratamientos 12 y 13 presentaron diferencias estadísticas con los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 y 14 (Figura 22).

En esta etapa el Mo presentó sinergismo con Mn. Los coeficientes de correlación del Mn con Mg, B y Mo fueron de 0.6298, 0.4796, 0.6188, respectivamente, coincidiendo con lo reportado por Jones *et al.* (1991) en hojas de trigo, soya y tomate.

#### 4.3.9 Hierro y Zinc

No hubo efecto significativo de los tratamientos en el contenido de Fe y Zn en las hojas de nochebuena a las tres semanas de iniciado el fotoperiodo corto (Figura 23).

El B en cualquier concentración y cuando se combinó con Mo y Ca mantuvo los niveles más altos de Fe ( $771.84\text{--}742.33\text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca) con respecto a los demás tratamientos. Para el caso del Zn en este muestreo se observó que la combinación de Ca+B+Mo presentó el valor ligeramente más alto ( $37.531\text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca) pero muy por debajo del contenido inicial.

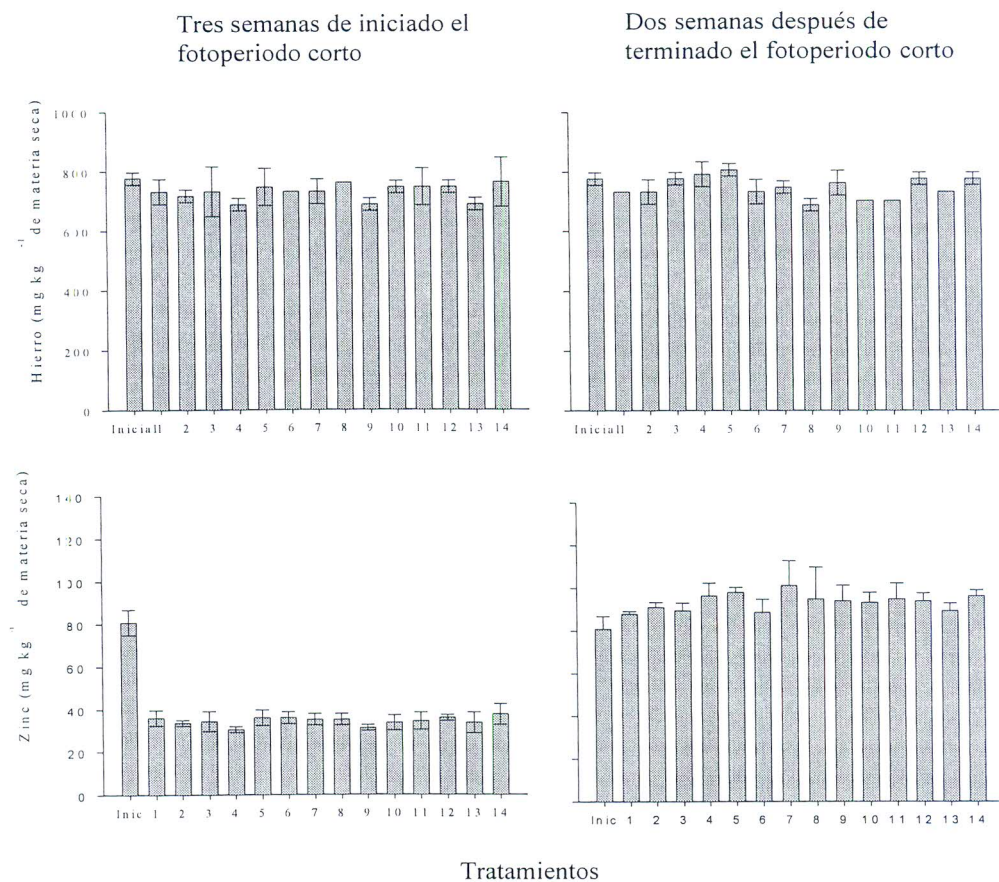
A las dos semanas de terminado el periodo de inducción en ambos elementos se observan contenidos muy similares para casi todos los tratamientos. El tratamiento testigo y el tratamiento de  $0.3\text{ mg L}^{-1}$  de Mo fueron los que menor contenido de Fe presentaron  $663.63$  y  $673\text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca, mientras que para Zn los tratamientos testigo,  $400\text{ mg L}^{-1}$  de Ca y  $0.4\text{ mg L}^{-1}$  de Mo fueron los que menor contenido de este elemento en las hojas presentaron  $87.87$ ,  $89.45$  y  $89.45$ . Para el caso del Fe en todas las etapas muestreadas se observan contenidos muy similares por lo que se infiere que no hubo efecto de los tratamientos ni de las etapas. En el caso del Zn se observa un incremento en el último muestreo realizado en la etapa de dos semanas de terminado el periodo de inducción por lo que se infiere que hubo efecto de la etapa de crecimiento (Figura 23).

El Fe se correlacionó positivamente con el K, B, Ca y Mg ( $0.1583$ ,  $0.0729$  y  $0.0558$

respectivamente) y de manera negativa se correlaciono con P (-0.1545). Los coeficientes de correlación del Fe con el área foliar, clorofila a y nitrógeno en las hojas fueron 0.859, 0.880 y 0.875 (Cuadro 3 A )

El Zn se correlacionó positivamente con el N, Ca y Cu (0.6265, 0.7606 y 0.8547, respectivamente). Sin embargo los coeficientes de correlación con K, Mn, B y Mg fueron -0.6542, -0.8174, -0.4191 y -0.56713 (Cuadro 4 A).

Los valores encontrados para Fe en ambas fechas de muestreo son considerados como muy altos según Jones *et al.* (1991). Mientras que para Zn los valores encontrados son considerados como suficientes. Los contenidos encontrados se deben a que el sustrato presentó altos niveles de ambos elementos durante el ciclo de producción (28.29 y 27.34 mg L<sup>-1</sup>).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 23. Comportamiento del hierro y zinc en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

#### 4.3.10 Cobre

El B y Ca cuando se aplicaron en concentraciones de 0.8 y 500 mg L<sup>-1</sup> incrementaron significativamente el contenido de Cu con respecto a los demás tratamientos. La combinación de B+Mo disminuyó drásticamente el contenido de Cu en las hojas



presentando diferencias estadísticas con todos los demás tratamientos por lo que se infiere que en esta etapa hubo efecto de tratamientos. El Ca en sus concentraciones más bajas disminuyó el contenido de Cu en 39.61 y 15.63 %.

Los niveles encontrados de este elemento a las dos semanas de inducido el fotoperiodo corto son considerados como extremadamente altos comparados con los sugeridos por Jones *et al.* (1991). Los niveles tan altos de Cu en las hojas se debe a un alto contenido de este elemento en el sustrato utilizado y a la adición de este elemento en la primera solución nutritiva utilizada, también a las aplicaciones preventivas contra botrytis a base de sulfato de cobre.

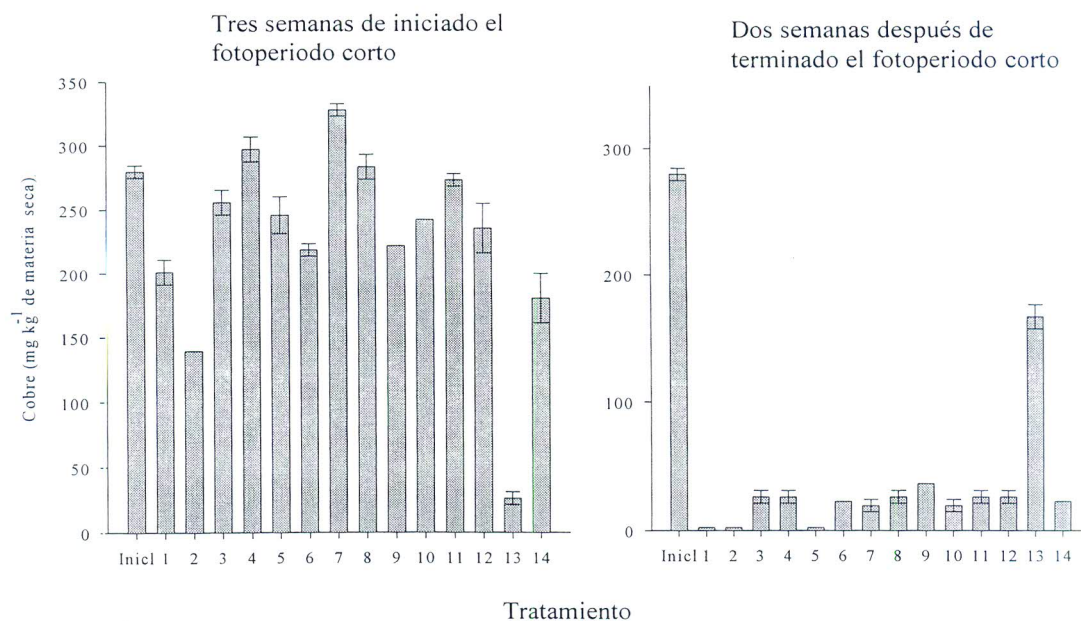
Dos semanas después de terminado el fotoperiodo corto el tratamiento a base de B+Mo que en el muestreo anterior presentó el menor contenido de Cu en las hojas, incrementó significativamente su contenido comparado con el tratamiento testigo y la aplicación de Ca en 300 mg L<sup>-1</sup>.

Se observó que la aplicación de B en cualquier concentración utilizada presentó niveles de cobre considerados como suficientes (3-25 mg kg<sup>-1</sup>) por Jones *et al.* (1991).

Las plantas sin aplicación, como la aplicación de 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca presentaron niveles considerados como bajos para poinsettias (1-2 mg kg<sup>-1</sup>).

El Ca y el B en sus concentraciones más bajas, junto con el testigo fueron los que

presentaron los contenidos más bajos de cobre, no obstante el Ca en sus concentraciones de 400 y 500 mg L<sup>-1</sup> incrementaron el contenido de Cu en las hojas (Figura 24).



T<sub>1</sub>= TESTIGO (sin aplicación foliar); T<sub>2</sub>= 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>3</sub>= 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>4</sub>=500 mg L<sup>-1</sup> de Ca; T<sub>5</sub>=0.2 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>6</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>7</sub>= 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>8</sub>=0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>9</sub>=0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>10</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>11</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B; T<sub>12</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>13</sub>=0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo; T<sub>14</sub>=400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo.

**Figura 24.** Comportamiento del cobre en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.

#### 4.4 Evaluación del color

Se realizaron tres muestreos y en cada uno de ellos se evaluaron las variables de L (brillo), C (pureza de color) y H (intensidad).

De acuerdo a los resultados de la fecha de muestreo 5 de noviembre se presentó un ángulo Hue (de 97.51 a 112.45 °), indicando un color verde. No hubo diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos de Ca+Mo, 0.3 mg L<sup>-1</sup> de Mo, 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B, la combinación de Ca+B+Mo y los testigos (sin aplicación foliar) mostraron una coloración más verde debido a un mayor ángulo Hue, esto atribuido a un mayor contenido de clorofila a, b y total (Cuadro 7). Los tratamientos de 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo, 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca, 0.5 y 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B así como la combinación de B+Mo presentaron los menores valores de Hue; sin embargo, presentaron los mayores contenidos de antocianinas en las hojas.

Para los valores de Croma (pureza) hubo diferencias significativas entre los tratamientos de 500 mg L<sup>-1</sup> de Ca, 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B, 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo con la combinación de 400 mg L<sup>-1</sup> Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo, los primeros tratamientos mencionados presentaron un valor mayor de croma (22-24) y en consecuencia reflejaron una pureza del color mayor. Para L Hunter (brillo) no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 7).

El 21 de noviembre se muestrearon brácteas con media pigmentación y se observó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para los valores de L, Croma y Hue. El tratamiento testigo junto con la aplicación de B en concentraciones de 0.2 mg L<sup>-1</sup> y

**Cuadro 5. Valores de Hue, croma y L por fecha de muestreo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratada con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

| Tratamiento                                                                      | Fecha de muestreo |          |          |                 |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|-----------------|---------|---------|
|                                                                                  | 5 de noviembre    |          |          | 21 de noviembre |         |         |
|                                                                                  | L                 | Croma    | Hue      | L               | Croma   | Hue     |
| Testigo (sin aplicación)                                                         | 35.67 a           | 20.10 ab | 108.83 a | 32.41 a         | 57.13 a | 24.52 a |
| 300 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 35.26 a           | 18.76 ab | 100.42 a | 33.46 a         | 54.81 a | 23.38 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 35.83 a           | 19.59 ab | 108.27 a | 31.07 a         | 56.06 a | 24.05 a |
| 500 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 37.57 a           | 24.56 a  | 108.46 a | 32.03 a         | 58.32 a | 23.49 a |
| 0.2 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 35.12 a           | 19.03 ab | 107.89 a | 31.94 a         | 54.54 a | 24.68 a |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 35.02 a           | 16.72 ab | 102.18 a | 32.19 a         | 52.43 a | 23.10 a |
| 0.8 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 34.20 a           | 22.25 a  | 101.57 a | 32.63 a         | 52.32 a | 22.87 a |
| 0.3 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 34.04 a           | 18.11 ab | 110.87 a | 31.95 a         | 55.73 a | 24.57 a |
| 0.4 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 35.03 a           | 22.05 a  | 97.51 a  | 33.49 a         | 52.47 a | 24.18 a |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 37.67 a           | 20.68 ab | 109.55 a | 34.07 a         | 52.94 a | 21.88 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B                             | 34.20 a           | 18.72 ab | 99.18 a  | 31.06 a         | 52.20 a | 23.09 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                            | 33.12 a           | 11.93 b  | 112.45 a | 31.45 a         | 59.65 a | 23.37 a |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                             | 32.41 a           | 17.89 ab | 105.55 a | 30.61 a         | 57.77 a | 24.14 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo | 34.82 a           | 18.78 ab | 110.19 a | 30.54 a         | 53.77 a | 23.89 a |
| DMS                                                                              | 5.272             | 9.528    | 24.135   | 4.676           | 13.248  | 3.959   |
|                                                                                  |                   |          |          |                 | 5.136   | 19.852  |
|                                                                                  |                   |          |          |                 |         | 5.346   |

\*Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas Tukey  $p \geq 0.05\%$ .  
DMS= Diferencia mínima significativa



de Mo en una concentración de 0.3 y 0.4 mg L<sup>-1</sup> mostraron un color rojo más tenue comparado con los demás tratamientos, atribuido a un mayor ángulo Hue.

Los tratamientos de Ca+B, 0.5 y 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B y el Mo en concentraciones de 0.4 y 0.5 mg L<sup>-1</sup> presentaron menor pureza de color reflejado en menores valores de croma. En cuanto a la variable L (brillo) se observaron valores muy similares entre tratamientos.

En el muestreo final realizado el 5 de diciembre se observó que los tratamientos sin aplicación foliar, 0.5 y 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B y 400 mg de Ca + 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo presentaron un color rojo menos intenso. En esta fecha de muestreo se seleccionaron brácteas con pigmentación completa. Sin embargo, el tratamiento testigo, 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B así como la combinación de Ca+B presentaron una mayor pureza de color. Al igual que en los muestreos anteriores la variable L presentó valores muy similares (Cuadro 7).

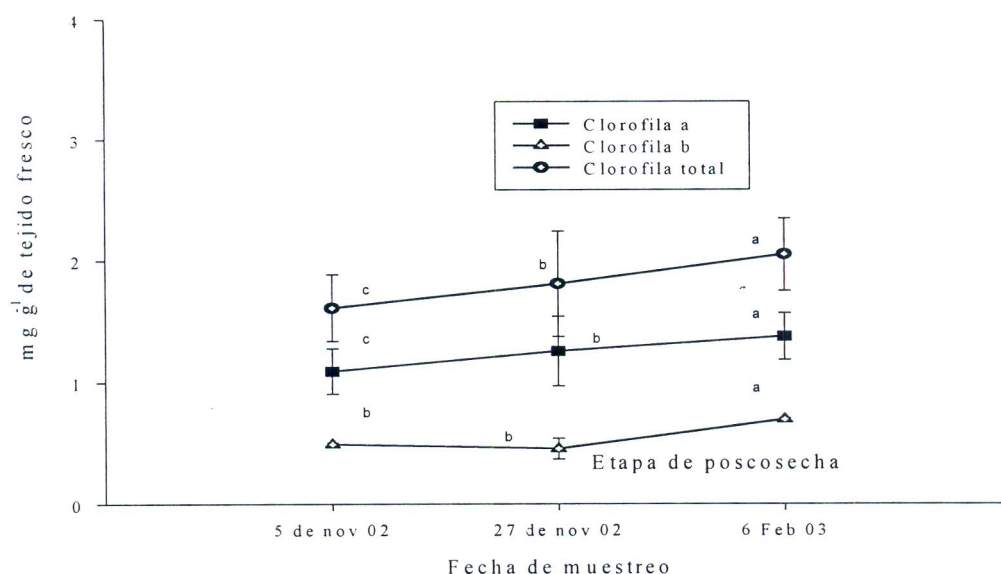
#### **4.5 Pigmentos en la etapa de poscosecha**

##### **4.5.1 Contenido de clorofilas a, b y total en hojas**

Se realizó un muestreo el día 6 de febrero del 2003. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para el contenido de estos pigmentos en las hojas. La Figura 25 muestra el comportamiento de estos pigmentos en la etapa de poscosecha comparados con los dos últimos muestreos realizados en la etapa de producción. Se observó que el contenido de clorofila a, b y total presentaron diferencias significativas con los muestreos realizados el 5 y 27 de noviembre. En la etapa de poscosecha se observó un

incremento significativo en el contenido de clorofila a y total.

El incremento que se tuvo en estos pigmentos en esta etapa es debido a la posición de la hoja dentro de la planta y además en esta fecha de muestreo las hojas han recuperado su actividad fotosintética aunado a que las brácteas han completado su pigmentación por lo que han dejado de ser una demanda de fotosintatos.



**Figura 25. Comportamiento de la clorofila a, b y total en hojas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la etapa de poscosecha.**

#### 4.5.2 Contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas

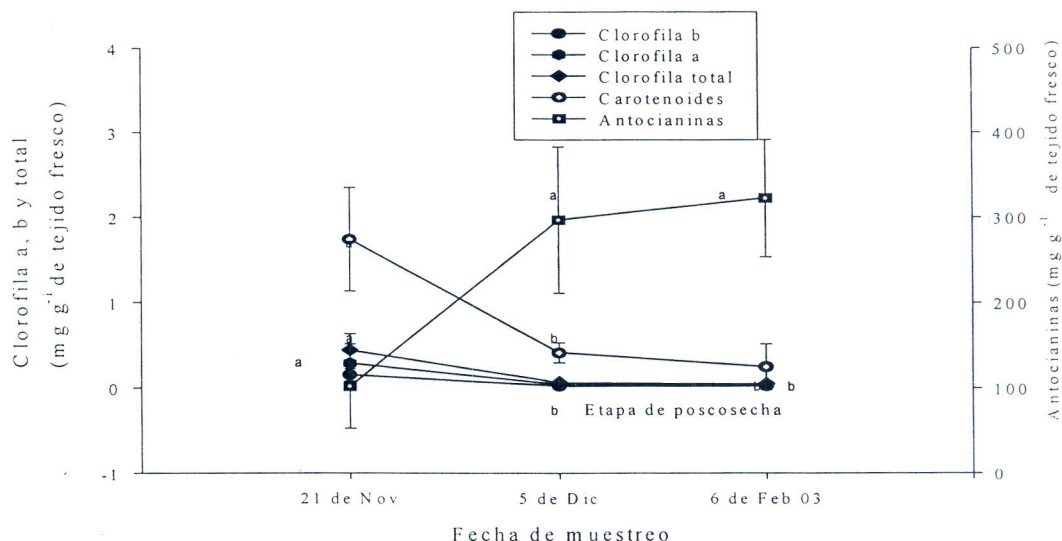
##### 4.5.2.1 Clorofila a, b y total

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para el contenido de estos pigmentos en la brácteas en la etapa de poscosecha: sin embargo, numéricamente se observó que la aplicación de Ca+B+Mo presentó el mayor contenido. La aplicación

de Ca+B también favoreció el contenido de estos pigmentos en las brácteas en esta etapa.

El B en cualquier concentración disminuyó el contenido de clorofila a , b y total en brácteas mismo efecto presentó la concentración de 400 mg L<sup>-1</sup> de calcio y las plantas sin aplicación foliar, esto comparado con el contenido que tuvo la aplicación de 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca + 0.5 mg L<sup>-1</sup> de B+ 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo. Todas las combinaciones tendieron a incrementar el contenido de estos pigmentos en las brácteas.

Cuando se evaluó el contenido de estos pigmentos en función del tiempo se observa que no hubo diferencias significativas con el muestreo realizado el 5 de diciembre por lo que se infiere que el nivel de estos pigmentos se mantuvo constante (Figura 26), dado que ya se había desarrollado el color final de las brácteas.



**Figura 26.** Comportamiento de la clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja en la etapa de poscosecha.

El contenido de clorofila a, b y total disminuyó más con la aplicación de B en cualquier concentración que con el Ca y Mo.

#### **4.5.2.2 Carotenoides y antocianinas**

Hubo diferencias significativas para carotenoides. Los tratamientos de 0.2 mg L<sup>-1</sup> de B y la combinación de Ca+B+Mo presentaron el mayor contenido de este pigmento en las brácteas en la etapa de poscosecha. La aplicación de Ca en cualquier concentración y la aplicación de Ca+Mo disminuyeron de manera significativa el contenido de carotenoides en las brácteas (Cuadro 8).

El contenido de antocianinas presentó diferencias significativas entre los tratamientos de 0.8 mg L<sup>-1</sup> de B con el tratamiento de 0.4 mg L<sup>-1</sup> de Mo. Sin embargo, cuando este elemento se aplicó en una concentración de 0.5 mg L<sup>-1</sup> produjo una disminución significativa en el contenido de este pigmento en las brácteas.

El Mo en una concentración de 0.4 mg L<sup>-1</sup> presentó el menor contenido de antocianinas con respecto a los demás tratamientos y el testigo sin presentar diferencias significativas.

El incremento en el contenido de antocianinas que se tuvo al final de la etapa de poscosecha con las aplicaciones de boro quizás debió a: que las antocianinas son compuestos glicosados de la cianidina, por lo que la presencia de los azúcares para su formación es necesaria (Chalmers *et al.*, 1973). El B es un elemento que interviene en la



**Cuadro 6. Contenido de clorofila a, b, total, carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la etapa de poscosecha.**

| Tratamiento                                                                      | mg g <sup>-1</sup> de tejido fresco |             |                 |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|---------------------------|
|                                                                                  | Clorofila a                         | Clorofila b | Clorofila total | carotenoides Antocianinas |
| Testigo (Sin aplicación)                                                         | 0.10910 a                           | 0.08073 a   | 0.1898 a        | 0.1640 bc 308.48 ab       |
| 300 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 0.13519 a                           | 0.11932 a   | 0.2544 a        | 0.0744 c 328.13 ab        |
| 400 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 0.10762 a                           | 0.07489 a   | 0.1820 a        | 0.0547 c 312.35 ab        |
| 500 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 0.12310 a                           | 0.15401 a   | 0.2770 a        | 0.1192 c 349.51 ab        |
| 0.2 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 0.07106 a                           | 0.05707 a   | 0.1281 a        | 0.8435 a 364.82 a         |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 0.11194 a                           | 0.08757 a   | 0.1995 a        | 0.2317 bc 377.53 a        |
| 0.8 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 0.08992 a                           | 0.07750 a   | 0.1674 a        | 0.2398 abc 402.68 a       |
| 0.3 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 0.14089 a                           | 0.08536 a   | 0.1650 a        | 0.2147 bc 354.02 ab       |
| 0.4 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 0.14750 a                           | 0.11171 a   | 0.2591 a        | 0.2602 abc 234.71 b       |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 0.15599 a                           | 0.07879 a   | 0.2347 a        | 0.4043 abc 341.82 ab      |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B                             | 0.19112 a                           | 0.14997 a   | 0.3410 a        | 0.1431 bc 294.79 ab       |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                            | 0.16514 a                           | 0.14360 a   | 0.3086 a        | 0.0866 c 295.09 ab        |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                             | 0.12264 a                           | 0.10926 a   | 0.2318 a        | 0.3613 abc 277.01 ab      |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo | 0.19844 a                           | 0.16732 a   | 0.3657 a        | 0.7491 ab 273.04 ab       |
| DMS                                                                              | 0.2337                              | 0.1623      | 0.2823          | 0.637 141.10              |

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas Tukey  $p \geq 0.05\%$

DMS= Diferencia mínima significativa

síntesis y transporte de sacarosa a través de las membranas y en los conductos floemáticos, además juega un papel importante en la síntesis de flavonoides (Saure, 1990; Lancaster, 1992). Dixon *et al.* (1995) consideran que la L-fenilalanina (PAL) es el compuesto de mayor interés, dado que es el precursor común de los flavonoides, y además es la primera enzima que actúa en la vía sintética y tiene un papel fundamental en la regulación de la síntesis hacia metabolitos secundarios del tipo fenilpropanoides, los cuales posteriormente se modifican y transforman en compuestos fenólicos para dar lugar finalmente a los cianidín glicósidos.

#### **4.6 Caída de hojas, brácteas y ciatios**

La conservación de estas estructuras es muy importante desde el punto de vista estético y de la comercialización de estas plantas.

A los 15 días de iniciada la evaluación de estas variables se tiene que las aplicaciones foliares de B y Mo en concentraciones de 0.8 y 0.3 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, disminuyeron la caída de las hojas pero incrementaron la caída de ciatios (23.38 y 18.01 %) y brácteas (1.624 y 1.58 %), respectivamente. El Ca y el Mo al ser aplicados en concentraciones de 500 y 0.4 mg L<sup>-1</sup> incrementaron la caída de las hojas en 5.54 y 4.54 % siendo los tratamientos que mayor caída de hoja presentaron, sin establecer diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 9).

El Ca y el B cuando se aplicaron en concentraciones de 300 y 0.5 mg L<sup>-1</sup> favorecieron la

**cuadro 7. Porcentaje de hojas, ciatios y brácteas caídos en plantas de nochebuena cv Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno en la etapa de poscosecha.**

| Tratamientos                                                                     | Caída de hojas (%) |         |         |         | Caída de ciatios (%) |         |         |         | Caída de brácteas (%) |        |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|-----------------------|--------|---------|---------|
|                                                                                  | 15                 | 30      | 45      | 63      | 15                   | 30      | 45      | 63      | 15                    | 30     | 45      | 63      |
| Días de evaluación                                                               |                    |         |         |         |                      |         |         |         |                       |        |         |         |
| Testigo (sin aplicación)                                                         | 2.51 a             | 17.88 a | 25.15 a | 44.77 a | 13.59 a              | 38.63 a | 63.18 a | 93.47 a | 0.20 a                | 2.07 a | 13.05 a | 34.79 a |
| 300 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 3.57 a             | 4.97 a  | 6.59 a  | 31.83 a | 4.70 a               | 25.49 a | 52.17 a | 90.55 a | 0.29 a                | 0.29 a | 2.97 a  | 15.65 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 3.45 a             | 3.45 a  | 7.24 a  | 20.50 a | 17.29 a              | 42.16 a | 64.14 a | 88.08 a | 0.67 a                | 1.36 a | 10.75 a | 20.42 a |
| 500 mg L <sup>-1</sup> de Ca                                                     | 5.54 a             | 6.21 a  | 8.35 a  | 31.90 a | 11.97 a              | 32.19 a | 55.88 a | 89.68 a | 0.52 a                | 0.75 a | 3.63 a  | 20.42 a |
| 0.2 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 1.86 a             | 1.86 a  | 9.96 a  | 26.40 a | 13.93 a              | 31.56 a | 53.99 a | 92.64 a | 0.66 a                | 2.23 a | 18.89 a | 24.18 a |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 1.98 a             | 1.98 a  | 7.03 a  | 29.88 a | 8.33 a               | 29.91 a | 55.54 a | 85.16 a | 0.19 a                | 0.70 a | 7.55 a  | 19.39 a |
| 0.8 mg L <sup>-1</sup> de B                                                      | 1.42 a             | 4.46 a  | 9.40 a  | 45.50 a | 23.48 a              | 46.11 a | 64.12 a | 93.25 a | 1.62 a                | 3.40 a | 16.56 a | 34.79 a |
| 0.3 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 1.45 a             | 1.45 a  | 3.38 a  | 16.81 a | 18.01 a              | 36.59 a | 58.04 a | 91.18 a | 1.58 a                | 2.42 a | 9.38 a  | 19.08 a |
| 0.4 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 4.54 a             | 4.54 a  | 5.04 a  | 19.81 a | 9.78 a               | 32.50 a | 54.24 a | 90.86 a | 0.73 a                | 0.73 a | 7.58 a  | 17.35 a |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> de Mo                                                     | 2.43 a             | 7.28 a  | 14.79 a | 36.13 a | 15.33 a              | 34.29 a | 54.79 a | 89.35 a | 0.49 a                | 1.24 a | 12.15 a | 25.45 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B                             | 4.42 a             | 5.03 a  | 9.42 a  | 25.67 a | 17.68 a              | 39.72 a | 53.27 a | 90.60 a | 0.54 a                | 0.81 a | 5.37 a  | 15.55 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                            | 2.64 a             | 2.64 a  | 3.96 a  | 26.83 a | 14.25 a              | 38.79 a | 58.31 a | 92.34 a | 0.23 a                | 1.89 a | 11.31 a | 23.03 a |
| 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo                             | 3.49 a             | 5.19 a  | 7.70 a  | 27.24 a | 16.75 a              | 38.45 a | 57.98 a | 91.18 a | 1.27 a                | 1.53 a | 6.09 a  | 12.37 a |
| 400 mg L <sup>-1</sup> Ca + 0.5 mg L <sup>-1</sup> B + 0.4 mg L <sup>-1</sup> Mo | 2.22 a             | 3.93 a  | 8.43 a  | 27.89 a | 12.93 a              | 35.33 a | 55.69 a | 87.30 a | 0.79 a                | 2.52 a | 10.87 a | 22.00 a |
| DMS                                                                              | 4.73               | 17.84   | 22.91   | 31.934  | 19.16                | 26.82   | 12.81 a | 9.513   | 1.40                  | 3.1    | 17.14   | 26.64   |

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas Tukey  $p \geq 0.05\%$   
DMS= Diferencia mínima significativa.

retención de los ciatios y brácteas. El Ca incrementó la caída de las hojas con respecto al B.

Al mes de la etapa de poscosecha el B aplicado en  $0.8 \text{ mg L}^{-1}$  incrementó en 80.89 y 1072.4 % la caída de ciatios y brácteas con respecto a la aplicación de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  de Ca. Las plantas testigo para esta fecha presentaron la mayor caída de hojas (17.88 %) con respecto a todos los tratamientos.

A los 45 días del periodo de posproducción, el B en concentraciones de  $0.8 \text{ mg L}^{-1}$  siguió incrementando la caída de los ciatios y de las brácteas (64.137 y 16.563 % respectivamente). El 25.152 % en la caída de las hojas en las plantas testigo fue superior al porcentaje de la totalidad de los tratamientos.

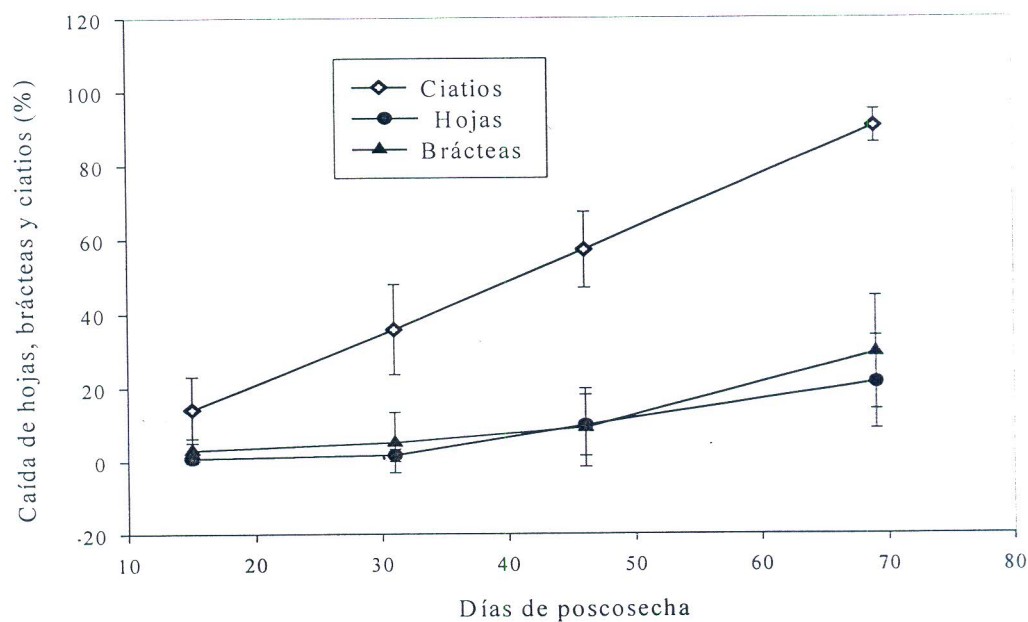
El Ca en concentraciones de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  favoreció la retención de los ciatios y de las brácteas al presentar los menores valores (52.174 y 2.971 %), sin presentar diferencias estadísticas con los demás tratamientos.

Al término del periodo de posproducción (63 días) las plantas testigo y las que tuvieron aplicación de B en una concentración de  $0.8 \text{ mg L}^{-1}$  presentaron la mayor caída de hojas (44.77 y 45.50 %), brácteas (34.791 y 34.49 %), y de ciatios (93.47 y 93.25). No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. Sin embargo, el B cuando se aplicó en concentraciones de  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  indujo la mayor retención de ciatios (16.81 y 19.81 %)



comparado con el testigo y los demás tratamientos. En hojas la aplicación de Mo en concentraciones de 0.3 y 0.4 mg L<sup>-1</sup> genero la mayor retención de hojas. El Ca en cualquier concentración utilizada favoreció la retención de ciatios y brácteas comparado con el Mo, B y las combinaciones utilizadas (Cuadro 9).

La Figura 28 presenta el comportamiento de las hojas, brácteas y ciatios en el periodo de posproducción de las plantas de nochebuena, observándose que la caída de estas estructuras se incrementó a medida que se incrementó el periodo de evaluación. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para fechas de muestreo.



**Figura 28. Comportamiento de la caída de ciatios, hojas y brácteas en las plantas de nochebuena cv. Subjibí roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno durante poscosecha.**

## CONCLUSIONES

Las aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno por separado y en combinación no influyeron significativamente en el contenido de clorofilas a, b y total en hojas y brácteas así como en los carotenoides y antocianinas en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja en las etapas final del crecimiento vegetativo, inicio de pigmentación y desarrollo de la bráctea.

La aplicación foliar de Ca (300, 400 y 500 mg L<sup>-1</sup>) y B (0.2, 0.5 y 0.8 mg L<sup>-1</sup>) por separado y en combinación (400 mg L<sup>-1</sup> + 0.5 mg L<sup>-1</sup>) favorecieron el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta de nochebuena cv. Subjibi roja.

La aplicación foliar de B en concentración de 0.5 mg L<sup>-1</sup> incrementó la altura de brotes, número de brácteas coloreadas por planta, diámetro de inflorescencia principal y disminuyó el daño por frío, así mismo favoreció el contenido de B y Mn, y la vida poscosecha de las plantas al disminuir en 54.93 y 8.67 % la caída de hojas y ciatios.

La aplicación foliar de B en una concentración de 0.8 mg L<sup>-1</sup> favoreció el número de brácteas por planta, diámetro del tallo, altura de brotes, número de brácteas con inicio de coloración, pureza y color de la flor, así como mayor contenido de K y Cu en las hojas a las dos semanas después de inducido el fotoperiodo corto.

La combinación de Ca+B favoreció el contenido de clorofilas a, b, total, carotenoides y antocianinas en brácteas, el diámetro de la flor del brote principal, el contenido de P a las tres semanas de inducido el fotoperiodo corto, así como Mn y Mo a las dos semanas de terminado el fotoperiodo corto.

La aplicación de Ca a  $400 \text{ mg L}^{-1}$  favoreció la altura de la planta, el diámetro de la inflorescencia principal, así como el contenido de N y Ca a las tres semanas de inducido el fotoperiodo corto.

## LITERATURA CITADA

- Asen, S. 1979. Flavonoid Chemical Markers in Poinsettia Bracts. J. Amer. Soc. Hort. Sci 104: 223-226.
- Argawala S., C., P. N. Sharma, C. C, and C. P. Sharma. 1981. Development and enzymatic changes during pollen development in boron deficient maize plants. J. Plant Nutr. 3:329-336.
- Azcón, J-Bieto, M. Talón. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edicions University de Barcelona. Editorial McGraw – Hill Interamericana.
- Association of official Analytical Chemistry (AOAC). 1980. Official methods of analysis. 12th. Ed. Washinton, D. C., U.S.A. P. 1018.
- Ball, V. 1991. Ball Red Book. Ball Publishing. 15 th. Ed. Minnesota. USA.
- Banerji, D; V. Sharma. 1979. Parallelism in Hill and antocyanidin content in *Euphorbia pulcherrima*. Phytochemistry. 18(10) 1767-1768.
- Bremer J. M. 1965. Total Nitrogen in: C. A. Black (ed), Méthods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. pp 1149-1178
- Bidwell, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal . A.G.T. Editor. México. 783 pp.
- Boodley J., W. 1969. Nutrient content of 'Paul Mikkelsen' poinsettia from juvenile to mature growth. Flor. Rev. 155(4021): 16-17, 69-73.
- Cantliffe D., J. 1972. Nitrate accumulation in Spinach grown under different light intensities. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:152-154.
- Cantliffe, D. J., G. E. MacDonald, and N. H. Peck. 1974. Reduction in nitrate accumulation by molybdenum in spinach grown at low pH. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 5:273-282.



- Carmichael Jr, J. L. 1990. Manual de Nochebuena. PLANTEC. Cuarta Edición. Amacuzac, Morelos, México.
- Chalmers, D., J. D. Faragher, and J. W. Raff. 1973. Changes in anthocyanin synthesis as an index of maturity in red apple cultivars. *Journal of Horticultural Science*. 48: 387-392.
- Coke, L. and W. J. Whittington. 1968. The role of boron in plant growth, IV. Interrelationships between boron and indol-3-yl acetic acid in the metabolism of bean radicles. *J. Exp. Bot.* 19, 295-308.
- Cox D., A. 1988. Lime molybdenum, and cultivars effects on molybdenum deficiency of poinsettia. *J. Plant nutr.* 11: 589-603.
- Cuautle S., P. 1996. Influencia del triacontanol sobre el desarrollo y crecimiento vegetativo en el cultivo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) cv. Supjibi. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Crisp, P., G. F. Collier, and T. H. Thomas. 1976. The effect of boron tipburn and auxin activity in lettuce. *Sci. Hort.* (Amsterdam) 5, 215-226.
- Davenport J., R. 1996. Effect of nitrogen fertilizer rates timing on cranberry yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121, 1089-1094.
- Davies P., J. (ed). 1987. Pt. Hormones and their role in plant growth and development. Boston: Martinus Nijhoff. 681 p.
- Delgado, A., M. Benlloch, and R. Fernández-Escobar. 1994. Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. *HortScience* 29(6): 616-618.

- Dickson D., B. 1978. Influence of borate and pentaerythritol concentrations on germination and tube growth of *Lilium longiflorum* pollen. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:413-416.
- Dixon R. A and N. L. Pavia. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. Plant Cell 7: 1085-1097.
- Domínguez, V. A. 1989. Tratado de Fertilización. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 51 p.
- Eaton G., W. 1971. Effect of N, P and K fertilizer application on cranberry leaf nutrient composition, fruit color and yield in mature bog. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96, 430-433.
- Eck, P. 1976. Relationship of nitrogen nutrition of 'Early black' cranberry to vegetative growth, fruit yield and quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101, 375-377.
- Ecke, P. Jr., O. Matkin, and Hartley. D. E. 1990. The poinsettia manual. 3<sup>a</sup> ed. Paul Ecke poinsettia. Encinitas, California. pp 268.
- Elgar, J. 1998. Cut flowers an foliage: Cooling requirements and temperature management. Hortnet <http://www.horner.co.nz/publications/hotfacts/hf305004.htm>.
- François L., E and R. A. Clark. 1979. Boron tolerance of twenty five ornamental shrub species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(3): 319-322.
- Fosket, E. D. 1994. Plant growth and development a molecular approach. Academic Press. USA.
- Gaffney, J. M., R. S. Lindstrom., A. R. Mcdaniel, and Lewis, A. J. 1982. Effect of ammonium and nitrate nitrogen on growth of poinsettias. HortScience. 17 (4): 603-604.
- García M., E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

- Gauch, H. G and Dugger, Jr. W. M. 1954. The physiological action of boron in higher plants: a review and interpretation, Maryland Agr. Exp. Sta. Bull. 43 p.
- Gross, J. 1987. Pigments in fruits. Food Science and Technology. Academic Press Inc. Orlando, Florida.
- Gupta U., C. 1979. Boron nutrition of crops. Adv. Agron. 31, 273-307.
- Halevy A., H. and S. Mayak, 1979. Senescence and Postharvest Physiology of Cut Flowers. Part 1. Hort. Rev. 1: 204-236.
- Hanan J., J. 1959. Influence of day temperatures on growth and flowering of carnations. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74:692-703.
- Harbaugh K. B. and S. S. Woltz. 1989. Fertilization practice and foliar-bract calcium sprays reduce incidence of marginal bract necrosis of poinsettia. HortScience 24(3):465-468.
- Hernández Gil., R. 1989. Nutrición Mineral. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida 81p.
- Holcomb E. J., C. Lee y R. Berghage. 1996. Interaction of DIF and irrigation method on poinsettia. Bulletin-Pennsylvania-Flower-Growers. No. 437, 1-2.
- Hu H, Brown PH. 1994. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. Plant Physiol. 105:631-689.
- Jackson, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. De la 1<sup>ra</sup>. Edición Norteamericana por José Belmont. Barcelona, 662 p.
- Jaques D., R. E. Bonermer, and J. C. Peterson 1991. The effect of calcium spray on leaf and bract distortion, bond: unbound calcium ratio, and calcium distribution in two poinsettia

cultivars. Journal of Plant Nutrition. 14 (12): 1391-1410.

Jeppsson, N. 2000. The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. Viking. Scientia Horticulturae 83, 127-137.

Jiang, M. Y., J. H. Jing. 1993. Generation of hydroxyl radical in plants and its relation to the initiation of lipid peroxidation. Plant Physiology Communications 29, 300-305.

Jones, Jr., J. B., Wolf, B and A. H. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook A Practical Sampling, Preparation Analysis and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Inc. U.S.A.

Jones, Jr., J. B. 2003. Agronomic Handbook Management of Crops, Soils, and their Fertility, CRC Pres. Boca Ratón, Florida, U.S.A.

Jordan B., R. 1993. The Molecular Biology of Flowering. C.A.B. International. 265 pp.

Jungk, A., B. Malaheb, and J. Wehrmann,. 1970. Molybdenum deficiency on poinsettias, a cause of leaf damage. Gartenwelt 17:31-35.

Kamali A., R. and Childers, 1970. Growth and fruiting of peach in sand culture as affected by boron and fritted form of trace elements. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 95:652-656.

Kannangara C., G and M. Hansson. 1998. Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. Plant Physiol. Biochem. 36(12), 843-848.

Kiplinger D., C. 1963. Finishing the crop. In poinsettias-culture and use as potted plants. Ed. R. O. Miller and D. G. Kiplinger, Ohio Agr. Exp. Sta. Pub. Inf. Serie 5. 81-88 p.



- Kirby, E. 1982. Principles of plant nutrition. International. Potash Institute. England. pp 665.
- Lancaster J., E. 1992. Regulation of skin color in apples. *Critical Review in Plant Science*. 10: 487-502.
- Lang, A. 1952. Physiology of flowering. *Annu. Rev. Plant Physiol*. 3:265-306.
- Larson, R. A. 1988. Introducción a la floricultura. Ed. A.G.T. Editor, S.A. 3ª Edición. México, D.F. 151 pp.
- Lee, M. E. 1991. Fertilización, secreto clave de la nochebuena. *Floricultura Intensiva*. 10:12-13.
- Leshem, Y. Y., A. H. Halevy, and C. Frenkel. 1986. Processes and Control of Plant Senescence. Ed. Elsevier. The Netherlands. 215 p.
- Linskens H., F. and M. Kroh,. 1970. Regulation of pollen tube growth. P89-113. In: A.A. Moscana (ed.). Current topics in development biology. Vol 5. Academic, London.
- Loomis, W. D., R. W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors* 3:229-239.
- Márquez C., J. A. 1987. Prevención de la mancha amarga (Bitter Pit) de la manzana (*Malus pumilla* Mill) selección rayada, mediante productos de calcio y boro y coadyuvantes. Tesis de Maestría en Ciencia. Colegio de Posgraduados . Chapingo México.
- Marshner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Londres Inglaterra. 674 pp.
- Martín, R., C. Brownlee, and A. Hetherington. 1997. Calcium ions as second messengers in guard cell signal transduction. *Physiologic Plantarum*. 100:16-29.
- Martínez M., F. 1995. Manual práctico de nochebuena. Consultoría OASIS. Jiutepec Morelos, México. 87 pp.

Martínez S., M. 1996. Evaluación de mezclas de sustratos y sus componentes en flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) cv. Freedom. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH Chapingo, México.

Matoh, T., K. Ishigaki., M. Mizutani, Matsunaga, Takabe K. 1992. Boron nutrition of cultured tobacco by-2-cells. I. Requirement for and intracellular localization of boron and selection of cells that tolerate low levels of boron. Plant Cell Physiol. 33:1135-1141.

Mayak, S. 1987. Senescence of cut flowers. HortScience, 22: 863-865.

McGuire R., G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12): 1254-1255.

Mengel, K. and E. A. Kirby. 1982. Principles of plant nutrition. 3ª Edición. Publisher International Potash Institute P.O. Box, CH-3048. Woorblaufen-Bern/Switzerland.

Mortvedt, J. J., P. M. Giordano, y W. L. Lindsay. 1983. Micronutrientes en Agricultura, Trad. Del inglés por Vaquero G.C., AGT Editor. México D.F.

Moe, R., T. Fjeld, and L. M. Mortensen. 1992. Stem elongation and Keeping quality in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch.) as affected by temperature and supplementary lighting. Scientia Hort. 50:127-136.

Nell T., A. and J. E. Barrett. 1986. Growth and incidence of bract necrosis in 'Gutbier V-14 Glory' poinsettia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:266-269.

Nell, T. A., J. E. Barrett, and R. T. Leonard. 1997. Production factors affecting postproduction quality of flowering potted plants. HortScience. 32. 817-819.

- Nichols, R. 1973. Senescence of cut carnation flower: respiration and sugar status. *J. Hort. Sci.* 48:111-121.
- Noodén L., D. 1986. Senescence in the whole plant. *In: Senescence in plants*. Thimann, K. V. (ed.) CRC Press. pp. 219-258.
- Nowak, J and Rudnicki. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, Florist Greens, and Potted. Timbers Press. Portland, Oregon, USA. 584 P.
- O' Kelly, J. 1968. Mineral nutrition of algae. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 19: 89-112.
- Oliveira S., A. 1978. La influencia de B en el crecimiento y nutrición mineral de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) Tesis doctoral. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos Méx. pp 4-32.
- Pérez, G. F. y J. B .Martínez. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 218 pp.
- Ponce de León, G. L., Pérez F. L. J. y Pelayo Z. C. 1992. El proceso de senescencia. Consideraciones acerca de su función y de los alcances de su control. *Ciencia* 45:121-126.
- Poovaiah, B. 1985. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. *Hort. Science.* 20:(3) 347-352.
- Quesada, M. A. y V. Valpuesta,. 2000. Juvenilidad, senescencia y abscisión. *In: Fundamentos de fisiología vegetal*. J. Azcón-Bieto y M Talón (eds.). McGraw Hill. pp. 451-464.

Rease, J. T., S. R. Drake. 1997. nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. J. Plant Nutrition 20, 1797-1809.

Redak A., R and J. Bethke. 1995. Whole-plant response of six poinsettia cultivars to three fertilizer and two irrigation regimes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(1): 69-76.

Rodríguez-Rosales, M. P., M. Roldan, A. Belver and J.P. Donaire. 1989. Correlation between in vitro germination capacity and proton extrusion in olive pollen. Plant Physiol. Biochem. 27:723-728.

Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes, Nutrición vegetal. AGT Editor, S.A. México.

Rodríguez, F. H y A. J. Rodríguez. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. Ed. Trillas. México, D.F 196 p.

Rose M., A. and J. W. White. 1994. Nitrogen rate and timing of nitrogen application in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotz). HortScience. 29 (11): 1309-1313.

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

Saure M., C. 1990. External control of anthocyanin formation in apple. Scietia Horticulturae. 42: 181-218

Schmidt R., G. 1957. Some effects of night temperatures on carnations. M.S. thesis. Colorado State University. 56 p.

Schuch, U., R., A. Redak, and J. Bethke. 1995. Whole-plant response of six poinsettia cultivars to three fertilizer and two irrigation regimes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(1): 69-76.



Shokolnik M., Y. 1965. The physiological role of boron in plants. Trad. Of International Symposium of Mineral Nutrition of Plants and Animals (Jan- Nov).

Shokolnik M., Y. 1974. General conceptions of the physiological role of boron in plants Sov. Plant. Physiol. 21:140-150.

Skok, J. and W. J McIlrath. 1958. Distribution of boron in cells of dicotyledonous plants in relation to growth. Plant Physiol. 33:428-431.

Soil and Plant Analysis Council, Inc. 1999. Soil Analysis. Handbook of reference methods. CRC Press.

Stewart E. A; H. M. Grimshaw, J. A, Parkinson and C. Quarmby, 1980. Chemical Analysis of Ecological Materials. Institute of Terrestrial Ecology Merlewood Research Station Grange-Over-Sands, Cumbria. Blackwell Scientific Publications. Oxford London Edinburgh Melbourne.

Stromme, E., A.R. Selmer-Olsen., H.R. Gislerod, and R. Moe. 1994. Cultivar differences in nutrient absorption and susceptibility to bract necrosis in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch). Gartenbauwissenschaft 59(1):6-12.

Teasdale R., D., D. K. Richards. 1990. Boron deficiency in cultured pine cells. Plant Physiol. 93:1071-1077.

Thimann K., V. 1986. The senescence of leaves. In: Senescence in plants. Thimann, K. V. (ed.) CRC Press. pp. 85-115.

Van-Goor, B. J. and P. Van Lune. 1980. Redistribution of potassium, boron, iron, magnesium and calcium in apple trees determined by and indirect method. Physiologia Plantarum. 48:21-26.

- Witham, F. H., D. F. Blaydes, and R. M. Devlin, 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. N.Y. pp 16-18 y 55-58.
- Woltz, S. S. and B. K. Harbaugh, 1986. Calcium deficiency as the basic cause of marginal bract necrosis of 'Gutbier V-14 Glory' poinsettia. HortScience 21(6):1403-1404.
- Yamanouchi, M. 1971. The role of boron in higher plants. I. The relations between boron and calcium or the pectic substances in plants. J. Sci. Soil Manure 42:207-213.
- Yamauchi T., T. Hara., Y. Sonoda. 1986. Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall. Plant Cell Physiol. 27:729-732.
- Young, A. and G. Britton. 1990. Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanism: carotenoids and Stress, 87-112.

## ANEXOS

**Cuadro 1A. Análisis de correlación de Pearson entre área foliar, peso fresco, seco y específico de la hoja con el contenido de clorofila a, b y total en plantas nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

|     | P.F                                | P.S              | P.E              | C. A             | C.B              | C. T             |
|-----|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| A.F | $\delta=0.9068$<br>$\alpha=0.0001$ | 0.6769<br>0.0001 | 0.5435<br>0.0001 | 0.4325<br>0.0001 | 0.4429<br>0.0001 | 0.4487<br>0.0001 |
| P.F |                                    | 0.7202<br>0.0001 | 0.6949<br>0.0001 | 0.4054<br>0.0001 | 0.4693<br>0.0001 | 0.4423<br>0.0001 |
| P.S |                                    |                  | 0.7577<br>0.0001 | 0.3373<br>0.0001 | 0.4075<br>0.0001 | 0.3748<br>0.0001 |
| P.E |                                    |                  |                  | 0.2992<br>0.0001 | 0.4197<br>0.0001 | 0.3557<br>0.0001 |
| C.A |                                    |                  |                  |                  | 0.8876<br>0.0001 | 0.9829<br>0.0001 |
| C.B |                                    |                  |                  |                  |                  | 0.9572<br>0.0001 |

$\delta$ = Coeficiente de correlación de Pearson.

$\alpha$ = Nivel de significancia.

**Cuadro 2A. Análisis de correlación de Pearson entre el contenido de clorofila a, b y total, carotenoides y antocianinas con el area foliar, contenido de clorofila a, b y total en hojas en plantas de nochebuena cv. Supjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

|     | CBB                                | CTB               | CAR               | ANT                | AF                 | CAH                | CBH                | CTH                |
|-----|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| CAB | $\delta=0.4472$<br>$\alpha<0.0001$ | 0.1275<br>0.0650  | 0.1268<br>0.0785  | 0.1813<br>0.0085   | -0.2139<br>0.0018  | 0.1219<br>0.0779   | 0.5342<br><0.0001  | 0.9897<br><0.0001  |
| CBB |                                    | 0.9395<br><0.0001 | 0.9289<br><0.0001 | -0.7554<br><0.0001 | 0.2542<br>0.0002   | 0.2569<br>0.0002   | 0.5742<br><0.0001  | 0.3659<br><0.0001  |
| CTB |                                    |                   | 0.9840<br><0.0001 | -0.7659<br><0.0001 | -0.3784<br><0.0001 | 0.3545<br><0.0001  | 0.4564<br><0.0001  | 0.0429<br>0.5364   |
| CAR |                                    |                   |                   | -0.8084<br><0.0001 | 0.3682<br><0.0001  | 0.2976<br><0.0001  | 0.4176<br><0.0001  | 0.0327<br>0.6373   |
| ANT |                                    |                   |                   |                    | -0.2903<br><0.0001 | -0.1596<br><0.0207 | -0.3407<br><0.0001 | -0.1061<br>0.1254  |
| AF  |                                    |                   |                   |                    |                    | 0.3437<br><0.0001  | 0.1909<br>0.0013   | -0.1865<br>-0.0279 |
| CAH |                                    |                   |                   |                    |                    |                    | 0.7198<br><.0001   | 0.6424<br><0.0001  |
| CBH |                                    |                   |                   |                    |                    |                    |                    | 0.5600<br><.0001   |

$\delta$ = Coeficiente de correlación de Pearson.

$\alpha$ = Nivel de significancia

**Cuadro 3A. Análisis de correlación de Pearson entre área foliar, contenido de clorofila a, b y total en hojas con el contenido nutrimental en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.**

|     | C. A                                | C.B               | C. T              | Ca               | B                 | N                 | Fe                 | Mg                |
|-----|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| A.F | $\delta=0.9598$<br>$\alpha=<0.0001$ | 0.4408<br><0.0001 | 0.5435<br>0.0001  | 0.4708<br>0.6706 | -0.1818<br>0.0984 | 0.9754<br><0.0001 | 0.8597<br><0.0001  | 0.8980<br><0.0001 |
| C.A |                                     | 0.4186<br><0.0001 | -0.0961<br>0.1090 | 0.0417<br>0.7066 | -0.1904<br>0.0828 | 0.9896<br><0.0001 | 0.8804<br><0.0001  | 0.9112<br><0.0001 |
| C.B |                                     |                   | 0.8078<br><0.0001 | 0.0017<br>0.9876 | -0.1879<br>0.0869 | 0.4792<br><.0001  | -0.4909<br><0.0001 | 0.4644<br><0.0001 |
| C.T |                                     |                   |                   | 0.0615<br>0.6580 | 0.0615<br>0.5782  | -0.4233<br><.0001 | 0.3011<br>0.0054   | -0.3551<br>0.0009 |
| Ca  |                                     |                   |                   |                  | -0.3816<br>0.0003 | 0.0737<br>0.5130  | 0.0729<br>0.5147   | -0.1833<br>0.0950 |
| B   |                                     |                   |                   |                  |                   | -0.2511<br>0.0212 | 0.1583<br>0.1554   | -0.0279<br>0.8011 |
| N   |                                     |                   |                   |                  |                   |                   | 0.8752<br><0.0001  | 0.8926<br><.0001  |
| Fe  |                                     |                   |                   |                  |                   |                   |                    | -0.7893<br><.0001 |

$\delta$ = Coeficiente de correlació de Pearson.

$\alpha$ = Nivel de significancia.



Cuadro 4 A. Análisis de correlación de Pearson entre nutrimentos en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno.

|    | P                                  | K                                      | Fe                                                          | Mn                                                                               | B                                                                                                   | Ca                                                                                                                         | Mg                                                                                                                                            | Cu                                                                                                                                                                   | Zn                                                                                                                                                                                          | Mo                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | $\delta=0.2251$<br>$\alpha=0.0420$ | -0.3229<br>0.0031<br>-0.3390<br>0.0018 | -0.0116<br>0.9172<br>-0.1546<br>0.1656<br>-0.1356<br>0.2242 | -0.3742<br>0.0005<br>-0.1821<br>0.1015<br>0.5647<br><0.0001<br>-0.0560<br>0.6173 | -0.4783<br><0.0001<br>0.0469<br>0.6752<br>0.1244<br>0.2655<br>0.1583<br>0.1554<br>0.4796<br><0.0001 | 0.2236<br><0.0001<br>0.1306<br>0.2420<br>-0.5328<br><0.0001<br>0.0729<br>0.5147<br>-0.9008<br><0.0001<br>-0.3553<br>0.0011 | -0.2361<br>0.0327<br>-0.1083<br>0.3327<br>0.3116<br>0.0044<br>0.0558<br>0.6183<br>0.6298<br><0.0001<br>0.3693<br>0.0006<br>-0.5437<br><0.0001 | 0.3195<br>0.0034<br>0.2494<br>0.0238<br>-0.6031<br><0.0001<br>0.0371<br>0.7402<br>-0.8739<br><0.0001<br>-0.3497<br>0.0013<br>0.9109<br><0.0001<br>-0.5995<br><0.0001 | 0.6265<br><0.0001<br>0.1864<br>0.0936<br>-0.6542<br><0.0001<br>0.1650<br>0.1358<br>-0.8174<br><0.0001<br>-0.4191<br><0.0001<br>0.7603<br><0.0001<br>-0.5713<br><0.0001<br>0.8547<br><0.0001 | -0.4245<br><0.0001<br>-0.0875<br>0.4340<br>0.5452<br><0.0001<br>0.0370<br>0.7411<br>0.6188<br><0.0001<br>-0.4518<br><0.0001<br>0.5887<br><0.0001<br>-0.4731<br><0.0001<br>-0.5634<br><0.0001<br>-0.6294<br><0.0001 |
| P  |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| K  |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Fe |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Mn |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| B  |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Ca |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Mg |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Cu |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Zn |                                    |                                        |                                                             |                                                                                  |                                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                    |

$\delta$ = Coeficiente de correlación de Pearson.

$\alpha$ = Nivel de significancia.

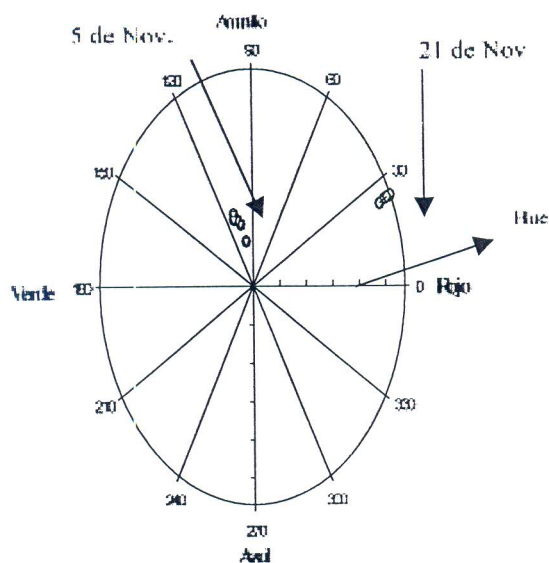


Figura 1 A. Comportamiento de Hue en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 y 27 de Nov.

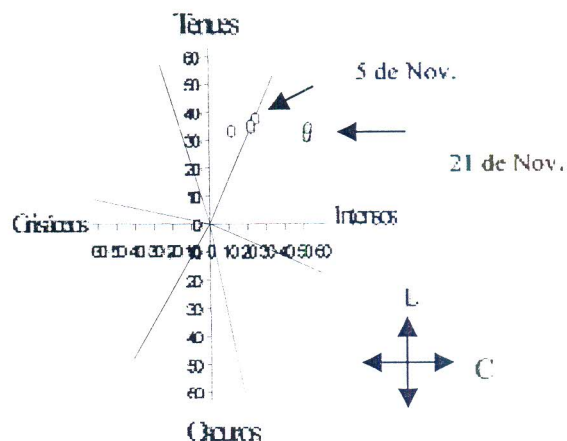


Figura 2 A. Comportamiento de C (Croma) y L en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 y 27 de Nov.

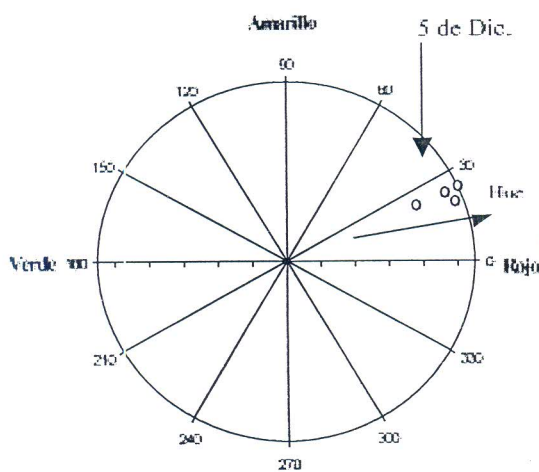


Figura 3A. Comportamiento de Hue en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 de Dic.

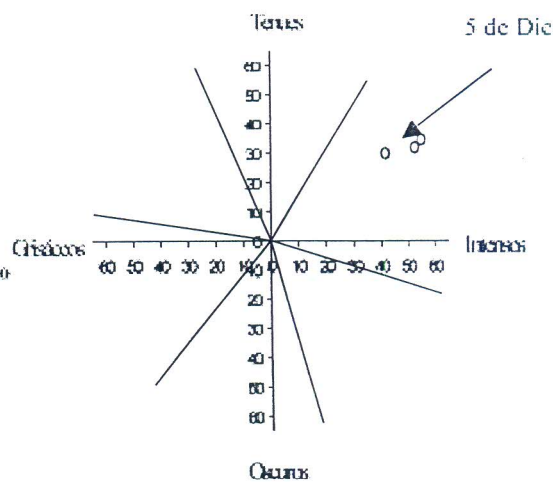


Figura 4 A. Comportamiento de C (Croma) y L en brácteas de nochebuena cv. Subjibi roja tratadas con aplicaciones foliares de calcio, boro y molibdeno al 5 de Dic.