

**DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE LOS FACTORES  
AGRONÓMICOS CAUSALES DE LA NECROSIS DE LAS  
BRÁCTEAS DE *Dracaena deremensis* Engler EN LOS VIVEROS DE  
ENRAIZAMIENTO DE DRACAENAS DE ALTURA S. A.**

**José David Ruiz Cano**

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2009

**DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE LOS FACTORES  
AGRONÓMICOS CAUSALES DE LA NECROSIS DE LAS  
BRÁCTEAS DE *Dracaena deremensis* Engler EN LOS VIVEROS DE  
ENRAIZAMIENTO DE DRACAENAS DE ALTURA S. A.**

**José David Ruiz Cano**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Lic.

\_\_\_\_\_  
Asesor

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, MSc.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Xiomara Mata Granados, Lic.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_  
Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, MSc.

\_\_\_\_\_  
Director

Escuela de Agronomía

**2009**

## **DEDICATORIA**

A DIOS TODOPODEROSO por permitirme culminar con éxito este largo camino y superar con perseverancia y empeño cada uno de los retos y procesos de la vida.

A mis padres Luis y Cecilia, por su apoyo incondicional en mis estudios y mi formación personal, por enseñarme a valorar el esfuerzo propio y por ser mi fuente de inspiración.

A mis hermanos Gustavo, Stephanie y Pedro, por su apoyo, compañía y comprensión.

A mis tías Zulay y María Isabel, por haber estado siempre pendientes de mi lucha por alcanzar mis objetivos, gracias por su apoyo y motivación.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al señor Arturo Fernández, a la Ing. Kattia Abarca y a todo el personal de Dracaenas del Altura S. A. que muy amablemente me abrieron las puertas de su empresa y me brindaron la oportunidad de aprender con ellos y aplicar mis conocimientos.

Al Ing. Carlos Ramírez Vargas que como asesor hizo posible la realización de este estudio.

A la Ing. Xiomara Mata y al Ing. Arnoldo Gadea, que con sus conocimientos fueron guía y soporte para la elaboración de esta investigación.

A todo el personal docente, administrativo y funcionarios del ITCR - SSC, gracias por permitirme ser parte de esta prestigiosa institución formadora de excelentes profesionales.

A mis amigos por lo mucho que me han enseñado, por todas las experiencias compartidas durante estos años y por ser el soporte para seguir adelante.

A toda la gente que me brindó su apoyo y que hizo posible la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Generalidades del cultivo .....	5
2.1.1. Descripción botánica .....	5
2.1.2. Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
2.1.3. Manejo agronómico del genero <i>Dracaena</i> .....	6
2.1.3.1. Propagación vegetativa a través de esquejes enraizados.....	6
2.1.3.2. Enraizamiento.....	7
2.1.3.3. Viveros de enraizamiento .....	8
2.1.3.4. Nutrición y Fertilización del cultivo.....	9
2.1.3.5. Enfermedades relacionadas al cultivo .....	13
2.1.3.5.1. Pudrición bacterial ( <i>Erwinia</i> sp.) .....	13
2.1.3.5.2. Fusariosis ( <i>Fusarium</i> sp.) .....	15
2.1.3.5.3. Pudrición causada por <i>Phytophthora</i> sp. ....	15
2.1.3.5.4. Pudrición causada por <i>Sclerotium rolfsii</i> .....	16
2.1.3.6. Problemas abióticos .....	17
2.1.3.6.1. Desbalances nutricionales .....	17
2.1.3.6.2. Variaciones edafoclimáticas .....	19
2.1.3.6.3. Daños físicos .....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1. Localización del estudio .....	21
3.2. Material experimental .....	21
3.3. Infraestructura y equipo.....	22
3.4. Tratamientos .....	23
3.5. Diseño experimental.....	24
3.6. Condiciones y variables experimentales .....	25
3.6.1. Elaboración de una escala diagramática de severidad .....	26
3.6.2. Fase evaluativa de campo.....	29
3.6.2.1. Efecto del tamaño de esqueje y uso de ácido cítrico como antioxidante .....	29
3.6.3. Fase evaluativa de laboratorio.....	30
3.6.3.1. Análisis de la composición nutricional de los esquejes .....	30
3.6.3.2. Medición de variables ambientales.....	31
3.6.3.3. Análisis patológico del síntoma .....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Escala diagramática de severidad para la evaluación del síntoma de necrosis de las brácteas de <i>D. deremensis</i> 'Warneckii' lemon lime .....	34
4.1.1. Justificación del uso de escalas de evaluación para la evaluación de la severidad .....	34
4.1.2. Factores influyentes en el diseño y empleo de la escala propuesta..	34
4.2. Evaluación agronómica del estudio.....	39
4.2.1. Ensayo I .....	39

4.2.1.1. Comportamiento del tamaño de esqueje y uso de antioxidante sobre la incidencia de quema de brácteas en el ensayo I .....	40
4.2.2. Ensayo II .....	42
4.2.2.1. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la incidencia de quema de brácteas en el ensayo II.....	43
4.2.2.2. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la severidad de quema de brácteas en el ensayo II.....	45
4.2.3. Ensayo III .....	46
4.2.3.1. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la incidencia de quema de brácteas en el ensayo III.....	47
4.2.3.2. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la severidad de quema de brácteas en el ensayo III.....	48
4.2.4. Ensayo IV .....	49
4.2.4.1. Efecto de la aplicación del ácido cítrico sobre la incidencia y la severidad de quema de brácteas .....	50
4.2.5. Estudio de la relación Incidencia – Severidad del síntoma.....	52
4.3. Influencia del contenido nutricional sobre el comportamiento de la necrosis de brácteas.....	54
4.3.1. Niveles foliares de macroelementos y su relación con la incidencia y severidad del síntoma .....	54
4.3.2. Niveles foliares de microelementos y su relación con la incidencia y severidad del síntoma .....	62
4.4. Variables ambientales .....	68
4.4.1. Humedad relativa .....	68
4.4.2. Temperaturas máximas y mínimas.....	71
4.5. Análisis patológico del síntoma .....	74
5. CONCLUSIONES .....	81
6. RECOMENDACIONES .....	83
7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	85
8. ANEXOS .....	88

## TABLA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Tamaños exportables de esquejes de <i>D. deremensis</i> utilizados en la empresa Agropecuaria Peyra. (Corrales, 2001).....	7
2.	Análisis químico de secciones de caña y tips de <i>D. deremensis</i> 'Janet Craig'. (Berstch, 2003).....	10
3.	Estimación de los nutrientes extraídos por cosecha para una unidad de esqueje de <i>D. deremensis</i> 'Janet Craig' regular., según cada tamaño exportable (Bertsch, 2003).....	11
4.	Niveles estimados de deficiencia y suficiencia nutricional encontrados en <i>Dracaena deremensis</i> 'Warneckii' creciendo en solución nutritiva. (Salas <i>ét al</i> 1991).....	12
5.	Clave para la determinación de los síntomas deficiencias nutricionales en <i>Dracaena deremensis</i> 'Warneckii'. (Salas <i>ét al</i> 1991).....	18
6.	Descripción del diseño de los viveros enraizadores seleccionados para el estudio en la finca de Dracaenas de Altura S.A. ....	22
7.	Tamaños de esqueje según longitud de la caña, utilizados en los ensayos evaluativos realizados en el presente estudio. ....	23
8.	Condición de la aplicación del antioxidante utilizado en los ensayos evaluativos en el estudio.....	23
9.	Tratamientos a utilizar para el ensayo de evaluación del tamaño de esquejes, según los factores contemplados en el estudio. ....	23
10.	Variables evaluadas según cada ensayo de enraizamiento realizado.....	26
11.	Amplitud de rangos de infección determinados para cada nivel, según la escala propuesta. ....	36
12.	Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo I. ....	40
13.	Incidencia de necrosis según cada tamaño para el ensayo I.....	40
14.	Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo II.....	42
15.	Incidencia de necrosis según cada tamaño para el ensayo II.....	43
16.	Severidad de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo II.....	45
17.	Severidad de necrosis según cada tamaño para el ensayo II.....	46
18.	Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo III.....	46
19.	Incidencia de necrosis según cada tamaño para el ensayo III.....	48
20.	Severidad de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo III.....	48
21.	Severidad de necrosis según cada tamaño para el ensayo III.....	49
22.	Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo IV. ....	49
23.	Severidad de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo IV.....	50
24.	Incidencia de necrosis de acuerdo a la aplicación de antioxidante para el ensayo IV... 50	50
25.	Severidad de necrosis de acuerdo a la aplicación de antioxidante para el ensayo IV... 50	50
26.	Niveles foliares de nitrógeno determinados según cada tamaño de esqueje evaluado. 55	55
27.	Niveles foliares de fósforo determinados según cada tamaño de esqueje. ....	57
28.	Niveles foliares de potasio determinados según cada tamaño de esqueje.....	61
29.	Niveles foliares de zinc determinados según cada tamaño de esqueje.....	65
30.	Niveles de boro determinados según cada tamaño de esqueje. ....	67
31.	Diferencias determinadas entre las temperaturas mínimas y máximas registradas para cada vivero según cada ensayo. ....	73

32. ....	Evaluación de los aislamientos de bacterias en fragmentos de tejido y macerado extraídos de hojas con presencia del síntoma de necrosis en estado inicial.....	74
33. ....	Evaluación de los aislamientos de bacterias en fragmentos de tejido y macerado extraídos de hojas con presencia del síntoma de necrosis en estado intermedio.....	76
34. ....	Evaluación de los aislamientos de bacterias en fragmentos de tejido y macerado de tallo extraídos de esquejes con presencia de síntoma de necrosis. ....	78

## TABLA DE FIGURAS

Cuadro	Título	Página
1. ....	Esquejes de <i>D. deremensis</i> 'Warneckii' lemon lime en proceso de enraizamiento: a) en arreglo simple; b) en arreglo de dos pisos.....	21
2. ....	Viveros de enraizamiento o "enraizadores" de tipo multimodular utilizados en la finca de Dracaenas de Altura S. A. (Vivero D: vista interior).....	22
3. ....	Esquema del diseño experimental utilizado en los ensayos de evaluación en el estudio. ....	24
4. ....	Equipo de medición utilizado para el monitoreo de las variables ambientales; a) Higrotermómetro analógico Taylor Modelo #5565, b) Termómetro Taylor Modelo #5458 de temperaturas máximas y mínimas.....	31
5. ....	Escala diagramática de severidad propuesta para la evaluación del síntoma de necrosis de las brácteas de la <i>Dracaena deremensis</i> 'Warneckii' lemon lime. ....	35
6. ....	a) Fotografía de bráctea de <i>D. deremensis</i> 'Warneckii' lemon lime con ausencia del síntoma de necrosis. b) Fotografía de brácteas sobrepuestas en una hoja de papel, mostrando su área de lesión en forma irregular. ....	37
7. ....	Esquejes de <i>D. deremensis</i> 'Warneckii' lemon lime: a) ausencia total del síntoma y b) presencia del síntoma de forma avanzada.....	38
8. ....	Incidencia de necrosis de las brácteas según tamaño para cada invernadero en el ensayo I.....	41
9. ....	Porcentajes de incidencia e índices de severidad del síntoma de necrosis de las brácteas según tamaño para cada invernadero en el ensayo II. ....	44
10. ....	Porcentajes de incidencia e índices de severidad del síntoma de necrosis de las brácteas según tamaño para cada invernadero en el ensayo III.....	47
11. ....	Relación Incidencia – Severidad obtenida para el síntoma de necrosis de las brácteas de <i>D. deremensis</i> . ....	52
12. ....	Niveles foliares de nitrógeno determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	55
13. ....	Niveles foliares de fósforo determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	56
14. ....	Niveles foliares de calcio determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	57
15. ....	Niveles foliares de magnesio determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	59
16. ....	Niveles foliares de potasio determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	60
17. ....	Niveles foliares de azufre determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	61

18. ....	Niveles foliares de hierro determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	62
19. ....	Niveles foliares de cobre determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Ámbitos adecuados tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	63
20. ....	Niveles foliares de zinc determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Ámbitos adecuados tomados de Salas <i>et al</i> , 1991. Niveles de Zinc determinados y su relación con las variables en estudio. ....	64
21. ....	Niveles foliares de manganeso determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	65
22. ....	Niveles foliares de boro determinados en los esquejes de <i>D. deremensis</i> y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas <i>et al</i> , 1991.....	67
23. ....	Valores de humedad relativa obtenidos durante el ensayo II según cada punto de muestreo (Periodo comprendido entre el 30/03/08 y el 11/04/08).....	69
24. ....	Valores de humedad relativa obtenidos durante el ensayo III según cada punto de muestreo. (Periodo comprendido entre el 21/04/08 y el 03/05/08).....	69
25. ....	Valores de humedad relativa obtenidos durante el ensayo III según cada punto de muestreo. (Periodo comprendido entre el 29/06/08 y el 11/07/09).....	70
26. ....	Temperaturas mínimas y máximas registradas según cada punto de muestreo para el ensayo II. (Periodo comprendido entre el 30/03/08 y el 11/04/08).....	72
27. ....	Temperaturas mínimas y máximas registradas según cada punto de muestreo para el ensayo III (Periodo comprendido entre el 21/04/08 y el 03/05/08).....	72
28. ....	Temperaturas mínimas y máximas registradas según cada punto de muestreo para el ensayo IV (Periodo comprendido entre el 29/06/08 y el 11/07/09).....	73
29. ....	Desarrollo de colonias bacterianas a partir de fragmentos de tejido y macerado obtenido de muestras de tejido foliar con presencia de necrosis en estado inicial. a) fragmento de tejido con incubación aeróbica, b) fragmento de tejido con incubación anaeróbica, c) macerado de tejido con incubación aeróbica, d) macerado de tejido con incubación anaeróbica.....	75
30. ....	Desarrollo de colonias bacterianas a partir de fragmentos de tejido y macerado obtenido de muestras de tejido foliar con presencia de necrosis en estado intermedio. a) fragmento de tejido con incubación aeróbica, b) fragmento de tejido con incubación anaeróbica, c) macerado de tejido con incubación aeróbica, d) macerado de tejido con incubación anaeróbica. ....	77
31. ....	Desarrollo de colonias bacterianas a partir de fragmentos de tejido y macerado obtenidos de muestras de tallo con presencia de necrosis. a) fragmento de tejido con incubación aeróbica, b) fragmento de tejido con incubación anaeróbica, c) macerado de tejido con incubación aeróbica, d) macerado de tejido con incubación anaeróbica. ....	79

## RESUMEN

El cultivo de especies ornamentales destinadas a la exportación, tales como *Dracaena deremensis* Engler, se constituye como una actividad productiva de particular importancia en Costa Rica. Como consecuencia a la falta de especialización en el manejo agronómico, se han generado la presencia de síntomas a nivel foliar, tales como la necrosis de brácteas, que afecta la calidad final del producto exportable, y disminuye por tanto los beneficios económicos obtenidos de su comercialización.

El experimento se desarrolló en los viveros de enraizamiento propiedad de la empresa Dracaenas de Altura S. A. durante los meses de agosto del 2007 y junio del 2008. El estudio consistió en un análisis exploratorio sobre la relación existente entre ciertos factores agronómicos, ambientales y nutricionales con la intensidad del síntoma particular, caracterizado por la necrosis de brácteas en esquejes en enraizamiento de *D. deremensis*.

El estudio se estructuró en tres fases: primero se propuso una escala diagramática para la evaluación visual de la severidad del síntoma. Luego, llevó a cabo una fase evaluativa a nivel de campo, subdividida en cuatro ensayos, en los que se evaluó, para cada uno, el comportamiento de las variables de respuesta incidencia y severidad del síntoma en función de los factores tamaño de esqueje, el uso de ácido cítrico como antioxidante, y el control de las variaciones ambientales referentes a la temperatura y la humedad relativa. Sumado a esto, se realizó una fase evaluativa de laboratorio en la que se analizó la composición nutricional foliar de los esquejes y se buscó la existencia de signos patogénicos a través del aislamiento de muestras de tejido con presencia del síntoma.

Los resultados obtenidos muestran una relación poco consistente o repetible entre la intensidad del síntoma de necrosis y el tamaño de esqueje. Además, se determinó que la aplicación de ácido cítrico no surtió ningún efecto sobre la disminución de la necrosis, pudiendo incrementar su intensidad. Por otra parte, no se logró determinar relación alguna con los niveles foliares de los distintos elementos en esquejes y la variación en la intensidad del síntoma.

A través del análisis de las condiciones ambientales internas de los viveros, se logró observar una variación muy fluctuante en los parámetros de temperatura y humedad relativa. Además se observa un diferencial entre las temperaturas mínimas y máximas muy amplio lo que supone que las estructuras instaladas presentan un control poco efectivo del ambiente. Adicionalmente, se logró determinar la existencia de crecimiento bacteriano importante en tejido foliar afectado por el síntoma, siendo *Erwinia*, el agente patogénico que más se postula como posible agente causal del síntoma supeditado por condiciones abióticas favorables.

**Palabras Clave:** incidencia, severidad, esqueje, *Dracaena*, necrosis.

## SUMMARY

The cultivation of ornamental species intended for exportation, such as *Dracaena deremensis* Engler, is considered a productive activity of particular importance in Costa Rica. As a consequence to the lack of specialization in the agronomic use, the presence of symptoms at foliar level has been generated, such as necrosis of bracteas which affects the final quality of the exportable product. Therefore, the economical benefits obtained by its marketing decrease.

The experiment was developed in the rooting greenhouses, property of the Dracaenas de Altura S.A. Company, during the months of august 2007 and june 2008. The study consisted of an exploratory analysis about the existing relationship between certain agronomical, environmental and nutritional factors with the intensity of the particular symptom, characterized by the necrosis of bracteas in cuttings, in the rooting of *D. deremensis*.

The study was structured in three phases: first, it was proposed a diagrammatic scale for the visual evaluation of the symptom's severity. Then, an evaluative phase in the field level was held, subdivided in four trials, in which it was evaluated, for each one, the behavior of the response variables, the incidence and severity of the symptom, according to the factors: cutting's size, the use of citric acid as antioxidant and the control of environmental variations regarding temperature and relative humidity. Added to this, a laboratory evaluative phase was made, in which the foliar nutritional composition of the cuttings was analyzed and the existence of pathogenic signs, through the isolation of tissue samples with symptom presence, was searched.

The results obtained show hardly any consistent or repeatable relationship between the intensity of the necrotic symptoms and the size of the cutting. Besides, it was determined that the citric acid application didn't make any effect on the decrease of the necrosis, incrementing its intensity instead. On the other hand, any relationship with the foliar levels of the different elements in the cuttings, and the variation of the symptom's intensity couldn't be determined.

Through the analysis of the internal environmental conditions of the greenhouses, a very fluctuant variation in the parameters of temperature and relative humidity could be observed. Besides, a wide difference between the maximum and minimum temperatures was observed, which supposes that the installed structures present a little effective control of the environment. Added to this, the existence of important bacterial growth in foliar tissue affected by the symptom could be determined, being *Erwinia*, the probably pathogenic agent proposed as the causal agent subject to favorable abiotic conditions.

**Keywords:** incidence, severity, cutting, *Dracaena*, necrosis.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de las plantas ornamentales en Costa Rica es una actividad que se ha intensificado en los últimos quince años, como resultado del incremento en la demanda externa generada a raíz de la gran aceptación de los productos costarricenses en el mercado internacional. (CATIE 2005a)

De acuerdo con datos estadísticos de SEPSA (2005), en el período 1999-2004, el sector costarricense de plantas ornamentales (flores y follajes) obtuvo un crecimiento promedio de un 9%. En el 2004 este sector alcanzó los € 92,3 millones en producción, un 19% por encima del valor registrado durante el año anterior.

En el 2005, Costa Rica representó el 1% de las exportaciones mundiales de plantas ornamentales. Asimismo, para este periodo, este sector representó el 2% del valor de las exportaciones costarricenses. Cerca de 214 empresas costarricenses se dedican a la exportación de este grupo de productos, cuyos mercados de destino sumaron 60 en el año 2005. (COMEX 2007)

Dentro de la amplia variedad de plantas de carácter ornamental cultivadas en el país para la producción de follaje, la especie *Dracaena* sp. constituye una de las más producidas y demandadas en el mercado exterior. Su cultivo se ha intensificado significativamente logrando amplios volúmenes de exportación. Se conoce que las plantas ornamentales de esta especie, logran exportaciones anuales cercanas a los 60 mil millones de colones (US\$ 30 millones) y cuenta con más de 40 exportadores quienes les compran a cerca de 500 pequeños y medianos productores. (CATIE 2005b).

Debido al desarrollo incipiente de esta actividad, existe una marcada deficiencia de conocimientos técnicos y de tecnología especializada que permita incrementar la productividad en este tipo de explotaciones. Las técnicas empleadas actualmente para la producción de plantas ornamentales en Costa Rica se han

adquirido como resultado de la aplicación de métodos foráneos y de criterios generados a través de la práctica.

Como consecuencia a la falta de especialización en el manejo agronómico, sumada a la variabilidad en las condiciones edafológicas y climáticas, se han generado la persistencia de problemas agronómicos en las plantaciones de especies ornamentales. Así, para la especie *Dracaena deremensis* Engler, se han identificado en ciertas plantaciones la presencia de síntomas a nivel foliar que afectan la calidad final del producto exportable, y disminuyen por lo tanto los beneficios económicos obtenidos de su comercialización.

De acuerdo con Gamboa (1988), entre estos problemas, los más comunes son los síntomas característicos de lesiones foliares en forma de quemaduras de tejido o necrosis, moteados, aserramientos, y otros, en los cuales no se observan signos de origen patogénico. Dichos problemas se relacionan principalmente con desbalances nutricionales, aplicaciones excesivas de algunos fertilizantes o condiciones climáticas adversas aunque no se haya establecido la verdadera causa de cada uno de ellos.

Durán *et al* (1998) considera que cuando una planta manifiesta un problema que afecta su desarrollo normal, se debe considerar como causas de esta desviación una serie grande de factores bióticos y abióticos dentro del agroecosistema, que pueden interactuar solos o en combinación. Por su parte, Levitt, citado por Salisbury y Ross (1992), indica que cualquier alteración en las condiciones nutricionales y ambientales que pueda reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta (en sus funciones normales) genera una situación de estrés biológico, la cual desencadena la presencia de síntomas.

En cualquier agroecosistema, las alteraciones de los elementos abióticos y de manejo tales como marcadas fluctuaciones en los factores climáticos, condiciones edáficas inapropiadas, deficiencias y desbalances nutricionales, diseño inadecuado de invernaderos, densidades de siembra no apropiadas, entre otros, son factores que alteran el equilibrio fisiológico de la planta ya que provocan

condiciones de estrés, por lo que es posible relacionarlos con la presencia de síntomas visibles a nivel foliar, no sólo en las plantas a nivel de campo sino también a las plantas ubicadas dentro de las infraestructuras de enraizamiento utilizadas comúnmente para el manejo de material propagativo de *D. deremensis*.

Particularmente, la empresa Dracaenas de Altura S. A. tuvo el especial interés de estudiar posibles factores ligados al origen y desarrollo del síntoma caracterizado por la necrosis del tejido foliar de las brácteas en esquejes de *D. deremensis* destinados al mercado de exportación, con el fin de proporcionar información que sirva como punto de partida para establecer medidas necesarias para minimizar la presencia de este problema en sus instalaciones.

El presente trabajo pretende, a través de la investigación, generar un análisis preliminar el cual permita determinar la relación existente entre ciertos factores agronómicos, ambientales y nutricionales con la incidencia y severidad del síntoma de la necrosis de brácteas presente en las plantaciones de *D. deremensis* 'Warneckii' Lemon Lime, pertenecientes a la empresa agrícola Dracaenas de Altura S. A.

### **Objetivo general**

- Determinar los factores causales del síntoma de necrosis de las brácteas presente en el material propagativo de *Dracaena deremensis* producido en la empresa agrícola Dracaenas de Altura S. A.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar una escala diagramática de daño, que permita cuantificar el nivel de severidad del síntoma presentado en las plantas afectadas.
- Evaluar el efecto del tamaño de los esquejes en enraizamiento, en relación con el grado de incidencia y severidad presente del síntoma de necrosis de brácteas.

- Evaluar el efecto de la aplicación de ácido cítrico como antioxidante sobre la incidencia y la severidad de necrosis de las brácteas.
- Relacionar el contenido nutricional del material vegetal en enraizamiento con el grado de severidad presente del síntoma de necrosis de brácteas.
- Medir la temperatura y la humedad relativa dentro de los invernaderos de enraizamiento y relacionar su efecto sobre la incidencia y severidad del síntoma de necrosis de las brácteas.
- Efectuar una prueba de diagnóstico patológico del tejido foliar afectado con el fin de evidenciar la presencia de actividad patogénica asociada al síntoma.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades del cultivo**

#### **2.1.1. Descripción botánica**

Las plantas del género *Dracaena* son monocotiledóneas y pertenecen a la familia Dracaenaceae, del orden Liliales. (Watson y Dallwitz 2007). Estas plantas son nativas de las regiones tropicales de Asia y África, existen cerca de 40 especies, pero únicamente seis de ellas se producen comercialmente como ornamentales (*Dracaena deremensis*, *D. fragans*, *D. godseffiana*, *D. marginata*, *D. reflexa* y *D. sanderiana*). De estas especies, *D. deremensis* y *D. marginata* constituyen las de mayor importancia comercial en Costa Rica. (Salas *ét al* 1991)

En cuanto a la especie *D. deremensis* Engler, en nuestro país se cultivan 6 variedades de las cuales, 'Janet Craig', 'Warneckii' y 'Janet Craig compacta' se describen como las más importantes. (Gamboa 1988).

La variedad 'Janet Craig', es utilizada comúnmente en interiores y se caracteriza por sus hojas gruesas, oscuras y brillantes. Esta variedad puede crecer hasta 305 cm (10 pies). La variedad 'Janet Craig compacta' posee hojas de aproximadamente 12,7 cm (5 pulgadas) que crecen apiñadas en un tallo de lento crecimiento. La 'Warneckii' es una planta variegada (verde con líneas blancas) que logra sobrevivir con muy poca luz y puede alcanzar hasta 122 cm (4 pies) de altura. (Blanco *ét al* 2004)

#### **2.1.2. Requerimientos climáticos y edáficos**

Las variedades de *D. deremensis* se pueden adaptar bien de 0 a 1200 m.s.n.m. pudiendo cultivarse tanto en zonas de alta precipitación como en zonas de época seca definida. En Costa Rica, no hay zonas de cultivo definidas, puesto que se siembran en lugares con condiciones climatológicas muy diferentes. De acuerdo con Salas *ét al* (1991), estas especies se cultivan principalmente en la zona

atlántica (Siquirres, Guácimo, Guápiles), en el valle central (La Garita, Palmares, San Ramón) y en algunos lugares de la zona de San Carlos.

Asimismo, Gamboa (1988) considera que las temperaturas adecuadas para la producción de estas variedades oscilan entre los 18 °C y los 30 °C, obteniéndose mejor calidad en zonas frescas que en zonas cálidas, aunque la productividad es menor. Además, se indica como ideales los suelos bien drenados y sueltos, con contenidos adecuados de calcio. El pH del suelo debe oscilar entre los 5,8 a 6,5 pues son plantas poco tolerantes a los problemas de acidez.

De acuerdo con Villalobos (2007), estas plantas se adaptan bien a condiciones de baja luminosidad (5000 a 6000 candelas pie<sup>-1</sup>), promedios de precipitación anuales de 3000 mm bien distribuidos durante todo el año, y una humedad relativa promedio de 90% a 95%. En general se consideran plantas que toleran bajos contenidos de agua en el suelo, es decir son tolerantes a la sequía.

### **2.1.3. Manejo agronómico del género *Dracaena***

#### **2.1.3.1. Propagación vegetativa a través de esquejes enraizados**

De acuerdo con López y Carazo (2005), el uso de la multiplicación por esquejes para las especies ornamentales, se constituye como un método de propagación eficaz, capaz de obtener material vegetativo uniforme y de calidad, con una adecuada respuesta al trasplante. Entre las ventajas del uso de esquejes, se demuestra la obtención de plantas con un crecimiento más acelerado y una reducción en la presencia de enfermedades, en comparación con otros métodos como la siembra directa.

Acuña *ét al* (1992) y Gamboa (1988) afirman que las especies comerciales de *D. marginata* y *D. deremensis* se propagan asexualmente por medio del acodo aéreo o a través del uso de enraizamiento de hijos o esquejes apicales. Este último método se puede llevar a cabo ya sea en campo o con el uso de infraestructuras diseñadas para promover el enraizamiento. Ambos autores recomiendan el uso de material bien uniforme y no muy suculento. El uso de material muy suculento y de

mayor grosor de tallo hace más susceptibles los esquejes a las pudriciones y problemas de enraizamiento.

De acuerdo con Acuña *ét al* (1992) para la propagación vegetativa de las marginatas, se recomienda el uso de hijos de consistencia leñosa o semi-leñosa (1 a 2 cm de diámetro de caña), con un tamaño uniforme de 30 a 40 cm de altura (del corte a la punta de las hojas). Por su parte, Gamboa (1988) recomienda para las variedades ‘Warneckii’ y ‘Janet Craig’, el uso de esquejes con tallos de 1,5 a 2,5 cm de grosor, con tamaños que van desde los 40 a los 60 cm de altura, aunque este factor puede variar significativamente dependiendo de las exigencias del mercado, tal como lo se indican en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Tamaños exportables de esquejes de *D. deremensis* utilizados en la empresa Agropecuaria Peyra. (Corrales, 2001)

<b>Variedad</b>	<b>Tamaños de esquejes exportables (Pulgadas)</b>	<b>Duración del enraizamiento (Semanas)</b>
‘Janet Craig’ regular	6”, 12”, 18”, 24”, 30”, 36” y 48”	6
‘Janet Craig’ compacta	6”, 12”, 18”, 24”, 30” y 36”	5
‘Warneckii’ regular	6”, 12”, 18”, 24”, 36” y 48”	6
‘Warneckii’ Lemon lime	4”, 6”, 12”, 18”, 24”, 36” y 48”	6

Los esquejes que se produzcan para la exportación deben tener apariencia uniforme y estar libres de plagas, enfermedades y problemas fisiológicos. (Gamboa, 1988)

### **2.1.3.2. Enraizamiento**

Acuña *ét al* (1992) y Gamboa (1988) citan el uso de reguladores de crecimiento para promover, acelerar y uniformizar el proceso de enraizamiento tales como el Ácido Naftalenacético (ANA) o el Ácido Indolbutírico (IBA) a concentraciones de que van de los 500 a las 2000 ppm, dependiendo del tamaño. Con el uso de estos

productos se logra desarrollar un sistema radical de mejor calidad, tamaño y distribución. El proceso de formación de raíces adventicias se tarda aproximadamente seis semanas. Con el uso de reguladores u hormonas se disminuye el tiempo de enraizamiento en una semana y se obtiene una mejor estructura de raíz. (Gamboa 1988).

Acuña *ét al* (1988) recomienda el uso de mesas de enraíce para promover el enraizamiento de manera controlada, promoviendo una mejor ventilación y por tanto mejor control de enfermedades. Dichas mesas se pueden construir utilizando materiales tales como madera, hierro o cemento. Existen mesas en las que el medio de enraizamiento se coloca en el fondo (camas de enraíce), aunque Gamboa (1988) señala que es mejor el uso de mesas levantadas.

Como medios de enraíce, se utiliza principalmente la burucha (residuos finos de madera de ebanistería) debido a su capacidad de drenaje y aireación. Este sustrato se usa para llenar directamente las camas de enraíce o bien en forma individual a través del uso de vasos (net pot) y el uso de "bunch". Esta última técnica consiste en la colocación de una porción de burucha humedecida en la parte inferior del esqueje la cual es atada al tallo mediante el uso de una malla de polietileno y una liga. Gamboa (1988)

### **2.1.3.3. Viveros de enraizamiento**

Para establecer un proceso masivo de producción de esquejes enraizados para el mercado de exportación, es necesario establecer infraestructuras especializadas que faciliten el proceso de enraizamiento y que brinden las condiciones ambientales ideales para tal fin. Según Corrales (2001) estas estructuras se conocen con el nombre de viveros de enraizamiento o enraizadores.

Corrales (2001), define en detalle las funciones principales que cumplen estas estructuras:

- Proteger las plantas contra factores climáticos adversos tales como vientos fuertes y luz solar excesiva.

- Mantener la temperatura ambiental lo más estable posible, siendo los rangos promedios entre los 20°C y 30°C durante el día y 18°C a 24 °C durante la noche.
- Brindar a las plantas la cantidad de luz necesaria para que éstas mantengan o mejoren su color, además de que les está preparando para que al momento de su transporte no sufran estrés, al variar la intensidad lumínica.
- Mantener la humedad relativa alta, generalmente entre un 85 y 95%.

De acuerdo con Acuña *ét al* (1992), los enraizadores ideales son aquellas estructuras cubiertas con sarán y plástico, capaces de mantener condiciones de humedad y temperatura estables, además de evitar problemas de humedad excesiva al regular el ingreso de agua de lluvia durante la estación lluviosa.

Es importante indicar que el sarán que se utilizará en cada enraizador depende de la intensidad lumínica de la zona en donde se establecerá el invernadero, aunque se recomienda el uso de un sarán que brinde un 80% de sombra. Además, se debe tomar en cuenta el uso de plásticos especiales (tratado contra rayos ultravioleta) y su consecuente renovación cada año. Gamboa (1988)

Dentro de los invernaderos de enraizamiento, se debe manejar el riego de tal forma que siempre haya una película de agua sobre las hojas en horas calientes de 9 a. m. a 3 p. m., con una aspersion de 5 segundos de duración cada 30 minutos. En condiciones de exceso de sol, es necesario aumentar la frecuencia de aplicaciones para mantener un buen color en el follaje. (Gamboa 1988)

#### **2.1.3.4. Nutrición y Fertilización del cultivo**

Según Mc Connell *ét al* 2006, citado por Villalobos 2007, para lograr una tasa de crecimiento eficiente en un cultivo, es necesario suplir sus necesidades nutricionales adecuadamente, sin embargo para el caso de las dracaenas, estas han sido poco estudiadas. Durante la etapa de producción de *D. marginata*, se eliminan las hojas maduras, esto con el objetivo de reducir el exceso de follaje y facilitar el control de plagas. Además, las plantas están sujetas a una constante

cosecha de producto. Por lo tanto, para mantener un buen rendimiento del cultivo y sostenibilidad del recurso suelo, se deben reponer todos estos nutrientes que salen del sistema.

Con el fin de establecer los requerimientos nutricionales de un cultivo en función de su productividad, es necesario determinar la concentración de los mismos en la estructura de la planta (Cuadro 2). Además, es necesario tener un aproximado de la cantidad de nutrientes que salen del sistema en cada cosecha. De este modo, Bertsch (2003) estimó la concentración de los nutrimentos en tips de *D. deremensis* 'Janet Craig' y encontró que un tip completo contiene 1,09 g de N, 0,07 g de P, 1,37 g de K, 0,45 g de Ca, 0,12 g de Mg y 0,12 g de S (Cuadro 3). Con esta información, es fácil comprobar la salida de nutrientes del sistema para cada cosecha lo cual sirve como parámetro para la elaboración de un plan de fertilización, ya que indica la mínima cantidad de nutrientes que deben ser incorporados para mantener la sostenibilidad del agroecosistema.

**Cuadro 2.** Análisis químico de secciones de caña y tips de *D. deremensis* 'Janet Craig'. (Bertsch, 2003)

Sección	% humedad	%						mg/kg				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Caña	77	3,16	0,16	3,72	1,72	0,3	0,33	169	16	40	94	27
Tip	84	2,73	0,17	3,44	1,12	0,31	0,3	185	12	43	83	7

De acuerdo con Salas *ét al* (1991), es conveniente programar la fertilización de acuerdo a un análisis previo de suelo de manera que se tome en cuenta el aporte nutricional del mismo y se identifiquen posibles problemas que puedan incidir sobre el estado nutricional de la planta.

**Cuadro 3.** Estimación de los nutrientes extraídos por cosecha para una unidad de esqueje de *D. deremensis* 'Janet Craig' regular., según cada tamaño exportable (Bertsch, 2003)

Sección	% humedad	mg/unidad						µg/unidad				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Caña 6"	76,99	1739	85	2047	946	162	183	9	1	2	5	2
Caña 12"	76,99	3479	171	4095	1892	325	366	19	2	4	10	3
Caña 18"	76,98	4586	225	5398	2494	428	482	24	2	6	14	4
Caña 24"	77,00	5376	264	6328	2924	502	565	29	3	7	16	5
Caña 36"	77,01	6325	310	7445	3440	590	665	34	3	8	19	5
Caña 48"	76,99	7116	341	8376	3870	664	748	38	4	9	21	6
Tip	84,00	1092	68	1376	448	124	120	1	0,5	2	3	0,3

Gamboa (1988) propone establecer un programa de fertilización tomando en cuenta varios aspectos:

- Buscar una proporción 3 - 1 - 2 de nitrógeno, fósforo y potasio.
- Utilizar nitrógeno como nitrato y no en forma amoniacal.
- Buscar una proporción alta de Calcio con relación a Potasio.
- Utilizar como complemento fertilizantes vía foliar para mejorar la apariencia y calidad del follaje.
- Hacer un análisis foliar y de suelo por lo menos dos veces al año para ajustar el programa de fertilización.
- Antes de sembrar incorporar una alta cantidad de fósforo.
- Aumentar la fertilización en los meses de diciembre a abril que son los mejores para la venta de plantas y en los que la luminosidad es mayor y la precipitación menor.
- Aplicar enmiendas una vez al año para controlar el pH y los niveles de calcio en el suelo.

Gamboa (1988) indica que la determinación de la dosis se hace con base a la intensidad (número y frecuencia) de cortes a que se somete la plantación, así como de acuerdo a su productividad y a la intensidad lumínica a la que está sometida.

De este modo, las plantas utilizadas para la producción de tips requerirán mayor cantidad de fertilizante que las plantas que se utilicen para producción de cañas. Las plantas que crecen al sol tienen un ritmo de crecimiento más acelerado que las plantas que crecen bajo sombra, por lo que sus requerimientos nutricionales serán mayores. (Acuña *ét al*, 1992)

**Cuadro 4.** Niveles estimados de deficiencia y suficiencia nutricional encontrados en *Dracaena deremensis* 'Warneckii' creciendo en solución nutritiva. (Salas *ét al* 1991)

<b>Nutrimento</b>	<b>Nivel de deficiencia</b>	<b>Nivel de suficiencia</b>	<b>Nivel recomendado</b>
Nitrógeno (%)	1,74	2,97	2,50 - 4,00
Fósforo (%)	0,15	0,25	0,20 - 0,50
Potasio (%)	1,88	2,94	2,50 - 4,00
Magnesio (%)	0,30	0,45	0,25 - 0,60
Calcio (%)	0,39	1,77	0,90 - 1,20
Hierro (mg/kg)	75,00	136,50	50 - 300
Zinc (mg/kg)	13,00	48,25	20 - 250
Manganeso (mg/kg)	18,00	72,00	50 - 300
Boro (mg/kg)	9,50	18,75	18,50
Azufre (mg/kg)	0,23	0,38	0,20 - 0,40

De acuerdo con Villalobos (2007), una vez formulado el programa de fertilización, el análisis del contenido de nutrientes es una herramienta útil para la identificación de deficiencias o excesos de nutrientes (Cuadro 4), aún cuando no se hayan presentado síntomas visuales en la planta. Además permite evaluar la respuesta de fertilización en el cultivo (Cuadros 3). Esta técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas de la planta normalmente se realiza en el tejido foliar, ya que es el órgano principal donde se elaboran las sustancias de crecimiento y por lo tanto refleja mejor el estado nutricional de la planta.

Gamboa (1988) argumenta que el análisis foliar frecuente es muy importante para llevar el estado nutricional de la planta y corregir el plan de fertilización básica.

En caso de que se encuentren deficiencias en los análisis foliares, una forma rápida y efectiva de corregirlas puede ser mediante aplicaciones foliares. Aunque las especies del género *Dracaena* cuentan con una ancha capa cerosa, responde de manera positiva a la fertilización foliar, siendo esta un buen complemento de la fertilización al suelo. Algunos de los fertilizantes que se aplican foliarmente son el sulfato de magnesio, urea, nitrato de potasio, fórmulas completas N:P:K y micro elementos en forma de quelatos (Acuña *ét al* 1992).

### **2.1.3.5. Enfermedades relacionadas al cultivo**

#### **2.1.3.5.1. Pudrición bacterial (*Erwinia* sp.)**

Gamboa (1988) y Acuña *ét al* (1992) afirman que la presencia de pudriciones de origen bacterial afectan las variedades comerciales de *D. deremensis* y *D. marginata*. Algunos factores tales como la prevalencia de condiciones ambientales de excesos de humedad y calor, asociadas a altas densidades de esquejes en los raicadores, generan condiciones ideales para la presencia de patógenos como *Erwinia*.

En *D. deremensis*, la patología típica de *Erwinia* se manifiesta por un síntoma en el cual la parte inferior del tallo presenta una coloración café suave, cuyo extremo basal se desintegra fácilmente. Estos síntomas son acompañados de un olor fétido similar al pescado en descomposición. (Gamboa 1988)

En general, las especies del género bacteriano *Erwinia* causan un amplio rango de enfermedades en las plantas, con síntomas que incluyen marchitamiento, tizones, cáncer, muerte del tallo, manchas en las hojas, pudriciones suaves, entre otros. El patógeno usualmente entra a la planta a través de las heridas o aberturas naturales como estomas o lenticelas, utilizando su capacidad de movilidad por medio de flagelos peritricos. (Carone 2003).

Rivera (1999) destaca la capacidad del género *Erwinia* de poseer un comportamiento saprófito facultativo, es decir, que puede multiplicarse en el hospedero, con la habilidad de mantenerse como saprófito en residuos de plantas hospederas. También, se hace referencia a la producción de enzimas pectinolíticas en las especies de *Erwinia* del grupo Carotovora. Dichas enzimas provocan en el hospedante, pérdida de su integridad estructural, produciendo así una típica pudrición suave.

Carone (2003) identifica a tres especies del grupo Carotovora como las de mayor importancia, las cuales son: *E. carotovora* pv. *carotovora*, *E. carotovora* pv. *atroseptica* y *E. chrysanthemi*.

*E. carotovora* pv. *carotovora* está ampliamente extendida, y es el más común de los organismos de la pudrición suave. *E. carotovora* pv. *atroseptica* vive a bajas temperaturas, y está restringida principalmente a la papa. *E. chrysanthemi* tiene seis patovares, cuyas propiedades bioquímicas y serológicas han sido correlacionadas con su hospedero original. Muchas de las pudriciones suaves en las hortalizas tienen agentes ecológicas que las propician. Por ejemplo, muerte de los tejidos en la lechuga debido a una nevada, daños mecánicos, toxicidad por exceso de sal o ataque previo por el virus amarillo de la lechuga, preceden la invasión de la pudrición suave por *Erwinia* spp. y *Pseudomonas* spp.

En cuanto a su identificación, las colonias de *E. carotovora* pv. *carotovora* y pv. *atroseptica* en muchos medios son de color blanco grisáceo a blanco cremoso, suaves, redondas, brillosas y ligeramente levantadas y visibles cuando se aíslan en placas después de las 24 h. La colonias de *E. chrysanthemi* en muchos medios son blanco-grisáceas a blanco-cremosas, suaves, redondas con márgenes de ondulados a plumosos, butirosa, planas o ligeramente levantadas. De tres a seis días de sembradas en patata dextrosa agar PDA a pH 6,5, algunas colonias toman la apariencia de huevo frito, al ponerse embonadas con bordes ondulados. (Carone 2003)

Gamboa (1988) recomienda como prácticas de control preventivo en *D. deremensis*, la utilización de “tips” con cortes más lignificados, poco suculentos o

de plantas con algún estrés hídrico. También puede ayudar el dejar los hijos a la sombra, sin agua unas 24 horas antes de enraizar para que formen callosidad. Por su parte, Acuña *et al* (1992) hace énfasis en la disminución de las condiciones ideales para el desarrollo de la pudrición, promoviendo una adecuada aireación, evitando periodos muy prolongados de mojadura foliar en los invernáculos y disminuyendo las densidades en las camas de enraíce.

#### **2.1.3.5.2. Fusariosis (*Fusarium* sp.)**

El género *Fusarium* comprende muchas especies y muchas variedades dentro de cada especie. Se caracteriza por presentar macroconidios hialinos, fusiformes, a veces pedunculados. Los conidióforos son ramificados, pudiendo aparecer, bien salpicados, bien en ramilletes cubiertos por una masa de conidios más o menos mucilaginosos. Todas las especies de *Fusarium* presentan una fase saprofitica. Muchas de ellas son únicamente parásitos facultativos de escaso grado de patogenicidad. Los síntomas de estas enfermedades generalmente se componen de distintos grados de clorosis, enanismo, decoloraciones vasculares y muy a menudo, marchiteces (Walker 1965)

Acuña *et al* (1992) señala la fusariosis producida por *Fusarium moniliforme* como el mayor problema a nivel de campo en *D. marginata*. Como síntoma inicial se destaca la aparición de pequeñas pústulas amarillentas que luego coalescen para transformar una mancha clorótica, la cual con el avance del patógeno se transforman en un área necrosada, rodeada de un halo color café oscuro. Los cambios climáticos, la alta luminosidad y problemas nutricionales son factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad, bajo condiciones de alta presión del inóculo.

#### **2.1.3.5.3. Pudrición causada por *Phytophthora* sp.**

Las especies del género *Phytophthora* generalmente ocasionan síntomas a nivel de la raíz y cuello en especies leñosas, sin embargo, algunas especies se han liberado del suelo haciéndose patógenos foliares. Tal es el caso de *P. infestans*

que ataca a varios miembros del género *Solanaceae* así como algunas especies ornamentales. (Smith ét al 1992)

Según Gamboa (1988), existe la presencia de ataques del hongo en *D. deremensis*, causando lesiones extensivas acuosas de color negruzco. También, el patógeno ataca el tallo en el punto de unión de la hoja, pudiendo aparecer lesiones necróticas oscuras. Así se puede agravar el problema cuando se maneja mal la semilla y se ocasiona mucho daño mecánico.

Por su parte, Smith ét al (1992) describe el ataque del hongo a nivel foliar principalmente en el ápice y en el margen de las secciones se desarrollan lesiones necróticas oscuras, pardo negruzcas. El hongo desarrolla haustorios y tiene un crecimiento biotrófico limitado, pero la rápida colonización del tejido foliar por las hifas intercelulares y la muerte consiguiente de las células invadidas produce lesiones extensas en 5 – 7 días después de la infección. En el tejido del tallo, también pueden aparecer lesiones necróticas oscuras.

Las condiciones ambientales en las cuales se puede desarrollar la enfermedad son principalmente los periodos en los que la humedad relativa se encuentra cercana a un 100%, asociada a periodos de mojadura foliar de menos de 15 horas. La germinación de las zoosporas normalmente es indirecta asociada a un espectro amplio de temperaturas con un ideal de 12 °C, produciendo zoosporas cuyos tubos germinativos penetran las células epidérmicas directamente o en ocasiones por los estomas. (Smith ét al 1992)

#### **2.1.3.5.4. Pudrición causada por *Sclerotium rolfsii*.**

La pudrición causada por este patógeno es citada por Gamboa (1988) como una enfermedad de menor importancia, que causa podredumbres de raíz y cuello principalmente. Otros autores como Smith ét al (1992) relacionan a *S. rolfsii* y otras especies tales como *S. delphinii* y *S. hydrophilum* como agentes causales de podredumbres en algunas especies ornamentales y en otros numerosos huéspedes.

### **2.1.3.6. Problemas abióticos**

En horticultura, los problemas abióticos asociados a condiciones de estrés, se producen por diversos agentes que generan un estado de desequilibrio generalizado en la fisiología de la planta. Entre estos problemas, se pueden nombrar la temperatura, el agua, intensidad y duración de la luz, la nutrición (deficiencias y toxicidades), los pesticidas y los contaminantes medioambientales. (Jarvis 1998)

De acuerdo con Durán *ét al* (1998), cuando se sospecha que la causa de un problema puede ser abiótica, el periodo de aparición del síntoma y la forma en cómo se inicia, pueden ser factores fundamentales para lograr asociarlo a una causa determinada. De este modo, la aparición muy repentina y generalizada del síntoma evidenciaría un origen abiótico del mismo, por ejemplo, una intoxicación por un agroquímico o un cambio violento en las condiciones del clima. Por el contrario, la aparición paulatina del síntoma es un factor característico de una enfermedad infecciosa. Otros factores abióticos como las deficiencias nutricionales presentan un patrón de aparición gradual aunque de manera simultánea para todas las plantas de la población, las cuales están siendo sometidas a dicho factor.

En especies ornamentales como *Dracaena* sp, la diagnosis de problemas de origen abiótico se demuestra a través de síntomas visuales a nivel foliar principalmente. Como agentes abióticos causales de los síntomas foliares sobresalen los desbalances nutricionales, condiciones edafoclimáticas inadecuadas y otros factores más específicos tales como la oxidación fenólica de los tejidos.

#### **2.1.3.6.1. Desbalances nutricionales**

Usualmente, las deficiencias nutricionales generan síntomas foliares evidentes en los cultivos, que van desde la reducción en el tamaño y cantidad de hojas, hasta la clorosis o necrosis generalizada del tejido foliar (Bertsch 1998).

En plantaciones de *D. deremensis*, Gamboa (1988) indica la existencia de un síntoma en el cual, la lámina foliar se decolora y se torna en forma de malla, como resultado de la deficiencia de hierro, asociado a condiciones de poca oxigenación en los suelos, producto de malos sistemas de drenaje.

Asimismo, Salas *ét al* (1991) señala que la deficiencia de calcio produce una malformación en el ápice de crecimiento, produciendo un enroscamiento y una clorosis lateral de las hojas.

**Cuadro 5.** Clave para la determinación de los síntomas deficiencias nutricionales en *Dracaena deremensis* 'Warneckii'. (Salas *ét al* 1991)

<b>I.</b>	Presencia de clorosis y/o necrosis	
A.	Clorosis como síntoma primario	
	1.	Clorosis intervenal y venal
		i. Clorosis evidente en hojas sin desplegar.....S
	2.	Clorosis intervenal.....Mn
		i. Clorosis intervenal y desaparición de la franja blanca.....Mg
		ii. Clorosis intervenal; desaparición de la franja blanca sin desplegar; desarrollo de puntos necróticos en las láminas de las hojas viejas.....Ca, Ca-Mg, Ca-K, Ca-Mg-K
B.	Ambas, clorosis y necrosis presentes	
	1.	Clorosis marginal que se convierte en manchas necróticas.....K
	2.	Clorosis venal o intervenal en toda la planta; las hojas viejas se tornan necróticas.....N
	3.	Clorosis evidente en hojas sin desplegar que se convierte en manchas necróticas.....Fe
<b>II.</b>	Sin presencia de clorosis ni necrosis	
A.	Crecimiento lento; bordes foliares aserrados.....Zn	
B.	Desarrollo retardado y anormal de los puntos de crecimiento.....B	
C.	Crecimiento lento; formación de roseta.....P	

En plantas de coloración variegada como 'Warneckii', Gamboa (1988) relaciona la deficiencia de calcio con la presencia de un síntoma conocido como aserrado, el cual consiste en una rotura del borde de la lámina foliar, en la que se evidencia un crecimiento mayor del centro de la hoja de color verduzco, con respecto a los bordes que son de tonalidad verde lima o blanco. Este problema también se puede relacionar a las aplicaciones muy altas de nitrógeno, la poca sombra, así como

plantas muy vigorosas y la temperatura muy alta de las hojas por exceso de luminosidad. Se puede corregir haciendo uso moderado de nitrógeno en forma de nitratos con una buena relación potasio – calcio en el suelo y aumentando la sombra.

Salas *et al* (1991) logró determinar la mayoría de los síntomas de deficiencias nutricionales para *D. deremensis* 'Warneckii', tal como lo muestra el cuadro 5.

#### **2.1.3.6.2. Variaciones edafoclimáticas**

Las condiciones ambientales constituyen uno de los factores más importantes en el desarrollo de las epifitias, debido a que ellas afectan directamente al patógeno y al hospedero. Por otra parte, determinadas condiciones ambientales pueden convertirse en factores predisponentes a las infecciones, debilitando mecanismos de resistencia en la planta o alterando la fisiología, lo cual es aprovechado por el agente infeccioso para establecerse. (Rivera 1999)

Jarvis (1998) por su parte considera que los problemas asociados a estrés medioambiental generan daños elásticos (reversibles) o plásticos (irreversibles), los cuales se manifiestan en su forma más evidente a través de la aparición de síntomas foliares.

Según Gamboa (1988), los síntomas cuyo origen se relaciona con condiciones climáticas adversas, se caracterizan por la presencia de moteados y decoloraciones en el tejido foliar, localizados en las hojas jóvenes, principalmente. Un síntoma particular que se presentan en *D. deremensis*, consiste en lesiones pequeñas de forma ovalada, distribuidas a lo largo de la lámina foliar. El problema se presenta debido a la infiltración de agua de riego en el tejido foliar, lo cual se relaciona a exceso de succulencia del tejido fomentado por aplicaciones excesivas de fuentes nitrogenadas. Dicho problema ocasiona la entrada de patógenos como *Fusarium* sp o bacterias. (Gamboa 1988)

Otras causas como problemas de drenaje o compactación en suelos, excesiva luminosidad y temperatura ocasionan lesiones foliares en forma de aserrados en

bordes de hojas o quemas. En 'Warneckii', se presenta un síntoma conocido como quema del tejido blanco que ocurre cuando se presentan cambios climáticos. Se presenta como una quema color café claro en la franja blanca de la hoja que se extiende hasta 1,5 cm dentro de este tejido. No se observan signos de patógenos y ocurre con más frecuencia cuando se presentan cambios en las condiciones de luz. (Gamboa 1988).

#### **2.1.3.6.3. Daños físicos**

A menudo, como respuesta fisiológica de la planta ante situaciones de daño físico o mecánico, tales como cortes o heridas, la planta manifiesta síntomas evidentes a nivel foliar. Estas alteraciones son provocadas de forma accidental como de manera controlada a través de alguna práctica cultural tales como la cosecha y la deshoja. Cuando una planta es sometida a algún tipo de corte, el tejido cercano a la herida experimenta una serie de procesos fisiológicos importantes, de los cuales uno de los más notorios es el oscurecimiento o ennegrecimiento. Jarvis (1998) argumenta que una enfermedad de moteado de las hojas afecta a la superficie fotosintética (índice de superficie foliar); las hojas enfermas sombrean a otras hojas y pueden producir toxinas que afecten la capacidad fotosintética de las restantes.

Según Velázquez *ét al* (2004) el fenómeno de ennegrecimiento ocurre por acción de enzimas tipo polifenoloxidasas y tirosinasas que se liberan o sintetizan cuando los tejidos sufren heridas. Bajo técnicas de cultivo *in vitro*, estas enzimas actúan sobre los polifenoles y la tirosina, oxidándolos a quinonas que son fitotóxicas, sustancias que a su vez pueden polimerizarse y afectar a las proteínas, y en consecuencia, inhiben el crecimiento y la viabilidad de los explantes.

Según Echenique *ét al* (2004), para contrarrestar los efectos de la oxidación polifenólica, en ocasiones es necesaria la incorporación de agentes antioxidantes (L cisteína, ácido ascórbico, ácido cítrico, polivinilpirrolidona, ácido málico y carbón activado), que a su vez, pueden ser inhibidores de la polifenoloxiladasa o adsorbentes.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

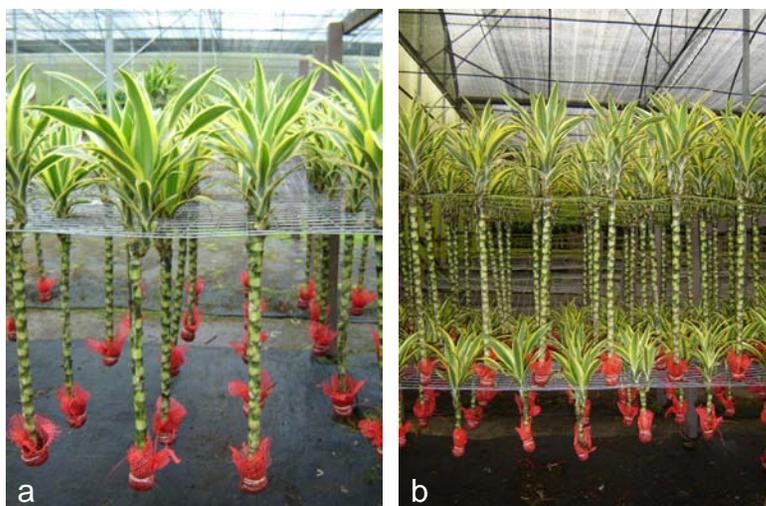
#### 3.1. Localización del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa Dracaenas de Altura S. A. la cual se ubica en el distrito Los Ángeles, del cantón de San Ramón, Alajuela. Dicha localidad se encuentra a una altura de 1111 m.s.n.m. y se sitúa a 10° 08' 06" latitud norte y a 84° 28' 33" longitud oeste.

La finca propiedad de la empresa se ubica a la altura del kilómetro 17 sobre la carretera que comunica la ciudad de San Ramón con La Fortuna de San Carlos.

#### 3.2. Material experimental

El material experimental utilizado consistió en secciones de tallo o esquejes de diferentes longitudes y arreglos espaciales (Figura 1), en proceso de enraizamiento. Para efectos de este estudio, se utilizó la variedad conocida como 'Warneckii' lemon lime, ya que en esta, se ha observado una mayor susceptibilidad al síntoma, según la información del productor.



**Figura 1.** Esquejes de *D. deremensis* 'Warneckii' lemon lime en proceso de enraizamiento: a) en arreglo simple; b) en arreglo de dos pisos.

### 3.3. Infraestructura y equipo

El estudio se realizó en los viveros de enraizamiento de la empresa (figura 2; anexo 1), ya que en estos, se encuentra el material experimental necesario para el desarrollo del mismo. Además, es durante la etapa de enraizamiento en la cual se presenta el síntoma en cuestión.



**Figura 2.** Viveros de enraizamiento o “enraizadores” de tipo multimodular utilizados en la finca de Dracaenas de Altura S. A. (Vivero D: vista interior).

La empresa cuenta con 8 viveros enraizadores de tipo multimodular o de canales conectados. Para efectos del estudio, se utilizaron 4 enraizadores identificados como los viveros A, B, D y F, respectivamente (Cuadro 6). Estos viveros se seleccionaron estratégicamente tomando como criterio de selección la ubicación, la separación entre los mismos y variación entre el diseño de cada uno (Anexo 1).

**Cuadro 6.** Descripción del diseño de los viveros enraizadores seleccionados para el estudio en la finca de Dracaenas de Altura S.A.

Identificación del vivero de enraizamiento	Ancho aproximado (m)	Altura aproximada (m)	Apertura cenital	Ventilación lateral
A	25	3,5	Si	moderada
B	60	4,5	Si	moderada
D	25	4,5	Si	limitada
F	80	3,5	No	limitada

### 3.4. Tratamientos

Los tratamientos evaluados para cada evento de enraizamiento (cuadro 9) se generaron a partir de la combinación del tamaño de esqueje, en términos de longitud de caña (cuadro 7) y el uso condicionado de una disolución de ácido cítrico a una concentración única de 1000 ppm (cuadro 8), como agente antioxidante. (Sánchez - Cuevas y Salaveria 2004).

**Cuadro 7.** Tamaños de esqueje según longitud de la caña, utilizados en los ensayos evaluativos realizados en el presente estudio.

Identificación del factor Tamaño	Longitud de la caña (cm)
1	15,24
2	30,48
3	45,72
4	60,96
5	91,44

**Cuadro 8.** Condición de la aplicación del antioxidante utilizado en los ensayos evaluativos realizados en el estudio.

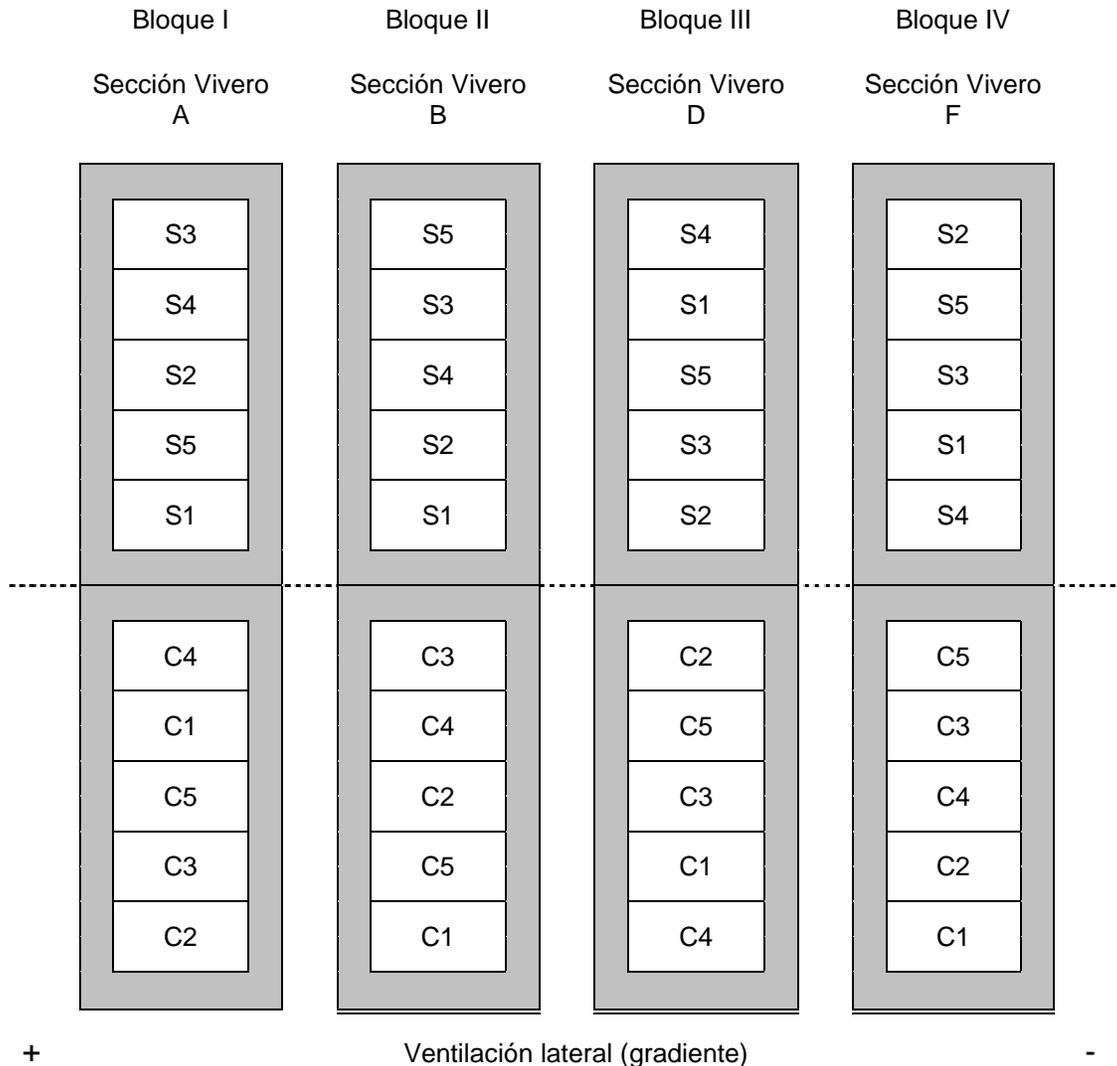
Identificación del factor Antioxidante	Condición de aplicación
C	1000 mg/L <sup>-1</sup> de ácido cítrico
S	Sin aplicación

**Cuadro 9.** Tratamientos a utilizar para el ensayo de evaluación del tamaño de esquejes, según los factores contemplados en el estudio.

Factores		Tratamiento
Tamaño de esqueje (cm)	Aplicación de antioxidante	
15,24	Sin	S1
	Con	C1
30,48	Sin	S2
	Con	C2
45,72	Sin	S3
	Con	C3
60,96	Sin	S4
	Con	C4
91,44	Sin	S5
	Con	C5

### 3.5. Diseño experimental

Para cada ensayo, se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados con arreglo factorial 2 x 4. En el diseño, se estimó el efecto del tamaño de esqueje y el efecto de la aplicación del antioxidante, además de la interacción entre ambos factores, según el arreglo espacial esquematizado en la figura 3.



**Figura 3.** Esquema del diseño experimental utilizado en los ensayos de evaluación en el estudio.

Como criterio de bloqueo, se consideró la variación de la ventilación lateral interna según la posición de cada invernadero, ya que se genera un gradiente de ventilación en el sentido de los vientos predominantes (figura 3), tomando en

cuenta la posición continua de cada vivero, tal como lo indica el anexo 1. De este modo, dentro de cada vivero se ubicó un bloque. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente tal y como lo muestra la figura 3.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + A_j + T_k + (A \times T)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

I = Efecto de bloque (invernadero).

A = Efecto de factor Antioxidante.

T = Efecto de factor Tamaño de esqueje.

A x T=Efecto de la interacción entre los factores “Tamaño” y “Antioxidante”

$\varepsilon$  = Efecto del error experimental.

Para el estudio de las variables de respuesta, se utilizaron los análisis de la varianza como mecanismos estadísticos para evaluar diferencias significativas. Además, los resultados obtenidos de los mismos se interpretaron a través del uso de la diferenciación de medias (test de Tukey) y el análisis de regresión lineal.

### 3.6. Condiciones y variables experimentales

El estudio basado en la evaluación preliminar de la causa del síntoma de necrosis de las brácteas se realizó en el mes de agosto del año 2007 y los meses de marzo, abril y mayo del año 2008.

El experimento se caracteriza por poseer un enfoque ampliamente exploratorio, en el que fue necesario establecer procedimientos previos antes de la evaluación exhaustiva de las variables. Su diseño se estructuró en tres fases experimentales:

- a. **Elaboración de la escala diagramática de severidad:** comprendió el periodo inicial del estudio, ya que es a través de este procedimiento mediante el cual se logró cuantificar la severidad como variable de respuesta.

- b. **Fase evaluativa de campo:** comprende los ensayos de evaluación de las variables Incidencia y Severidad mediante a través del uso de la escala diseñada. Otras variables evaluadas durante esta etapa fueron las condiciones ambientales (Temperatura y Humedad Relativa),
- c. **Fase evaluativa de laboratorio:** comprende el análisis de la determinación del contenido nutricional (análisis químico foliar) y el estudio patológico (aislamiento de muestras de tejido afectado)

**Cuadro 10.** Variables evaluadas según cada ensayo de enraizamiento realizado.

<b>Identificación del ensayo</b>	<b>Periodo de ejecución</b>	<b>Variables evaluadas</b>
I	Agosto 07	Incidencia de necrosis de brácteas, Análisis Nutricional
II	Marzo 08	Incidencia y Severidad de necrosis de brácteas, Condiciones Ambientales, Análisis Nutricional.
III	Abril 08	Incidencia y Severidad de necrosis de brácteas, Condiciones Ambientales, Análisis Nutricional
IV	Junio 08	Incidencia y Severidad de necrosis de brácteas, Condiciones Ambientales, Análisis Nutricional, Estudio patológico

### **3.6.1. Elaboración de una escala diagramática de severidad**

Para obtener valores cuantitativos sobre el grado de severidad del síntoma en evaluación, se propuso el diseño de una escala diagramática de severidad, la cual consta de 7 diferentes niveles de severidad. Cada nivel se encuentra calibrado a un respectivo rango de porcentaje de área foliar dañada.

El procedimiento empleado para el diseño de la escala diagramática de severidad se resume a continuación:

- a. Se tomaron muestras de esquejes dañados que presenten todos los posibles grados de severidad del síntoma. De esta forma, se logra asegurar que la escala abarcará todos los valores de severidad presentes en el síntoma.
- b. Se extrajeron las brácteas dañadas y se clasificaron en orden ascendente de acuerdo a su grado de severidad (entiéndase bráctea como hoja de menor tamaño, cuya función no es netamente fotosintética, sino más bien de protección durante los primeras etapas de crecimiento del brote).
- c. Se definieron los niveles intermedios de la escala. Los niveles 0 y 6 se definirán como 0% y 100% de área foliar dañada, respectivamente. Los niveles intermedios se establecerán como rangos de severidad de acuerdo al criterio de clasificación ascendente y al comportamiento del síntoma.
- d. Se fotografiaron muestras de brácteas referentes a cada nivel, con el fin de establecer la escala de acuerdo a un carácter diagramático y facilitar de esta forma, el proceso de clasificación del síntoma a nivel de campo.

Para estimar el valor de severidad de necrosis de las brácteas por cada parcela/tratamiento a través del uso de la escala, se procedió de la siguiente manera:

- a. Una vez presente el síntoma, se extrajo una muestra de 10 esquejes en enraizamiento por cada parcela/tratamiento. Para cada planta, se determinó el grado de intensidad del síntoma con base a la escala, para cada una de las 15 primeras hojas basales o brácteas de cada tip.
- b. Se realizó la sumatoria de los valores estimados para cada grado de la escala y se determinó el porcentaje para el grado, es decir, la proporción en

términos porcentuales de cada uno de las sumatorias de cada grado con respecto al total de brácteas evaluadas por parcela/tratamiento.

- c. Para establecer un valor de severidad confiable en el cual se estime el nivel de intensidad del daño para cada parcela/tratamiento evaluada, se utilizó el Promedio Ponderado de la Intensidad (PPI), el cual es un índice que se genera a partir del porcentaje de los grados para cada nivel con respecto al total de hojas evaluadas por parcela/tratamiento (Hernández *ét al* 2005), de la siguiente manera:

$$\text{Promedio Ponderado de Infección (PPI)} = \sum_{i=1}^6 \left[ \frac{(\% \text{ Grado } n) \times n}{100} \right]$$

**n** = Grado **n** según la escala diagramática de la severidad de necrosis de brácteas.

% Grado **n** = Porcentaje para el grado **n**

El valor de incidencia de necrosis de las brácteas, se determinó estimando la proporción en términos porcentuales, de brácteas dañadas por cada esqueje evaluado con respecto al total de brácteas evaluadas por esqueje, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{total de brácteas dañadas}}{\text{total de brácteas evaluadas}} \times 100$$

### **3.6.2. Fase evaluativa de campo**

#### **3.6.2.1. Efecto del tamaño de esqueje y uso de ácido cítrico como antioxidante**

Los ensayos de evaluación del efecto de tamaño del esqueje y el uso de antioxidante sobre la incidencia y severidad del daño, se establecieron de acuerdo a las siguientes premisas:

- a. Se evaluaron dos factores, el tamaño de esqueje (5 diferentes tamaños comercializables) de la variedad “Warneckii lemon lime”, sumado a la aplicación o no del ácido cítrico a una dosis de  $1000 \text{ mg/L}^{-1}$ , como agente antioxidante e inhibidor de la polifenoloxidasas. La dosis de ingrediente activo utilizada se definió en base a la dosis recomendada como fertilizante según las principales casas comerciales.
- b. Los factores anteriores se evaluaron en 4 ambientes, los cuales se ubicaron en secciones de invernadero independientes (los viveros A, B, D, y F respectivamente). Cada bloque correspondió a una cama de enraizamiento.
- c. Se estableció una repetición por bloque, dividida en 10 parcelas/tratamiento de 30 unidades experimentales. Las parcelas de cada tratamiento se dispusieron en distribución aleatoria dentro de los bloques. (Figura 3)
- d. Para efectos de estudio, se evaluó una parcela efectiva de 10 unidades experimentales por cada parcela/tratamiento.
- e. La evaluación de cada tratamiento se realizó a los 13 días después de la siembra, inmediatamente antes de ser efectuada la labor de eliminación de brácteas muertas.
- f. Para cada unidad experimental contenida en cada muestra, se determinaron las variables Incidencia (%) y Severidad (%) del síntoma de necrosis de brácteas, a través del uso de la escala diagramática previamente diseñada.

### 3.6.3. Fase evaluativa de laboratorio

#### 3.6.3.1. Análisis de la composición nutricional de los esquejes

Con la intención de analizar los niveles de los nutrimentos extraídos por los esquejes y establecer posibles relaciones con los niveles de severidad e incidencia del síntoma evaluado, se estimó la composición nutricional de los esquejes a través de la elaboración de análisis foliares.

La toma y el procesamiento de las muestras para los análisis se llevaron a cabo de la siguiente manera:

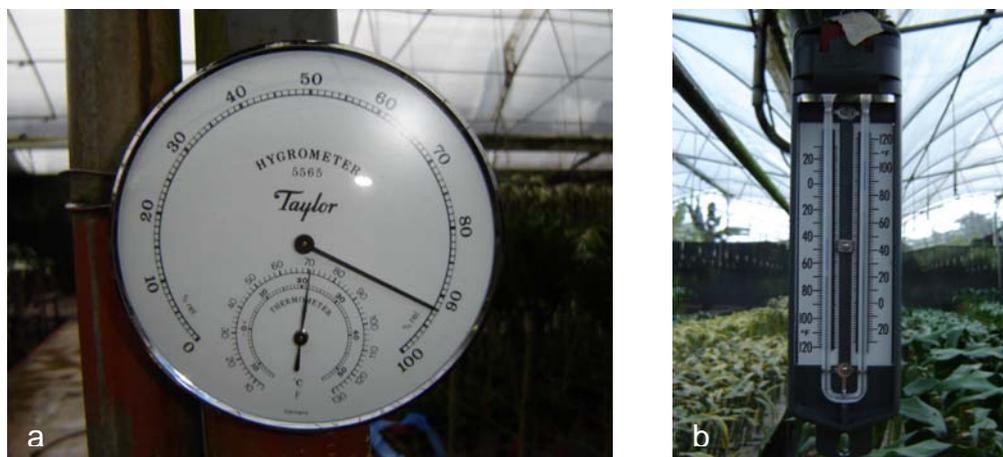
- a. Se tomaron tres muestras de 5 esquejes distribuidas de la siguiente manera:
  - **Muestra inicial:** se tomó a la siembra o comienzo de cada periodo de enraizamiento.
  - **Muestra final con antioxidante:** obtenida en el momento de la evaluación de incidencia y severidad, a partir de las unidades experimentales a las cuales se les realizó la aplicación del antioxidante.
  - **Muestra final sin antioxidante:** obtenida en el momento de la evaluación de incidencia y severidad, a partir de las unidades experimentales a las cuales no se les aplicó el tratamiento antioxidante.
- b. Las muestras se pesaron y se llevaron al horno para su secado. Luego de ser molidas y uniformizadas se enviaron al laboratorio de análisis de tejidos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la UCR, para su respectivo análisis.
- c. Una vez determinados los niveles para cada elemento, se procedió a establecer las posibles relaciones entre el comportamiento de los nutrimentos para cada muestra y los valores de incidencia y severidad

determinados. Se utilizó el análisis de correlación como herramienta estadística.

### 3.6.3.2. Medición de variables ambientales

Se establecieron mediciones de las variables ambientales en tres puntos de monitoreo establecidos estratégicamente tal y como se indica en el anexo 1. Estas se obtuvieron a través del uso de equipo que permitió la obtención de registros diarios. Para efectos de este estudio se evaluaron las siguientes variables ambientales:

- **Temperatura (°C):** se determinaron las temperaturas máximas y mínimas diarias con la ayuda de termómetros (Figura 4) ubicados en los puntos de monitoreo. Se realizaron 3 lecturas al día durante el periodo de evaluación, las cuales se realizaron en tres periodos: 6:00 am, 1:00 pm y 4:00 pm.
- **Humedad relativa (%):** con el uso de higrotermómetros ubicados en cada punto de monitoreo, se determinaron los datos de humedad relativa, los cuales se registraron simultáneamente con respecto a la lectura de las temperaturas.



**Figura 4.** Equipo de medición utilizado para el monitoreo de las variables ambientales; a) Higrotermómetro analógico Taylor Modelo #5565, b) Termómetro Taylor Modelo #5458 de temperaturas máximas y mínimas.

### 3.6.3.3. Análisis patológico del síntoma

Las pruebas de origen patológico se realizaron en el laboratorio de biocontroladores de la Sede San Carlos del ITCR. Para ello, se recolectaron muestras de tejido provenientes de esquejes afectados por el síntoma y se sometieron a pruebas de aislamiento para determinar el desarrollo de estructuras o signos que evidencien un posible agente patológico causal. El procedimiento metodológico empleado a nivel de laboratorio se describe de la siguiente manera:

- a. **Selección de las muestras:** se utilizaron muestras de tejido foliar con manifestación del síntoma en estados iniciales e intermedios. Además, se tomaron muestras de la porción del tallo cercana a la zona de manifestación del síntoma, en esquejes afectados.
- b. **Preparación y desinfección:** se procedió a cortar el tejido seleccionado y se le realizó un lavado con agua para eliminar impurezas. Luego, las muestras fueron llevadas a una cámara de flujo laminar previamente desinfectada y en pleno estado de asepsia, en donde se seccionaron en trozos pequeños y se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Posteriormente, se pasaron por alcohol durante un periodo de 30 segundos y finalmente se les realizó un enjuague con agua destilada.
- c. **Macerado:** Dentro de la cámara de transferencia, una vez esterilizadas, se procedió a colectar la mitad de las muestras, las cuales se colocaron sobre una cápsula de porcelana esterilizada donde se maceraron con la ayuda del pistilo estéril. Se les agregó 10 ml de agua estéril, obteniendo de esta forma un macerado del cual se extrajo una alícuota de 1 ml que se colocó en un vial con 10 ml de agua destilada. Este último procedimiento se realizó repetidamente hasta obtener una dilución cuya concentración fue de  $10^{-4}$ .
- d. **Siembra de las muestras:** se realizó de dos maneras: siembra de macerado y siembra de fragmento de tejido. Ambos métodos se llevaron a cabo bajo condiciones de asepsia. Para el procedimiento de siembra de

macerado, se tomó una alícuota de 0.3 ml de la dilución a concentración de  $10^{-4}$  y se colocó en cajas de petri que contenían un medio de cultivo. La alícuota se distribuyó en forma estriada dentro de las cajas petri. Por su parte, la siembra en fragmentos se realizó tomando una porción de tejido (tanto hoja como tallo) de aproximadamente  $0,50 \text{ cm}^2$ , la cual se sembró directamente sobre el medio de cultivo en cajas petri. Para ambos casos, se utilizó el Agar Nutritivo como medio de cultivo ideal para el crecimiento de bacterias aeróbicas y anaeróbicas.

- e. **Incubación:** Para la determinación del crecimiento de bacterias aeróbicas, se incubaron las cajas petri en una cámara a  $28^{\circ}\text{C}$  por un período de 72 horas. Para la determinación de bacterias anaeróbicas, se colocaron las cajas petri dentro de una jarra de anaerobiosis al que se le extrae el contenido de oxígeno. Este recipiente se colocó dentro de la cámara bajo las mismas condiciones que las muestras para determinación de bacterias aeróbicas.
- f. **Evaluación:** Una vez cumplido el periodo de incubación, se extrajeron las muestras a las que se les evaluó el crecimiento de colonias de bacterias y su coloración principalmente. Además, se realizó la tinción de gram, con el objetivo de verificar si las mismas eran positivas o negativas.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Escala diagramática de severidad para la evaluación del síntoma de necrosis de las brácteas de *D. deremensis* 'Warneckii' lemon lime**

#### **4.1.1. Justificación del uso de escalas de evaluación para la evaluación de la severidad**

La severidad de las plantas se evalúa para determinar el nivel de intensidad de un determinado problema, independientemente de su origen biótico o abiótico. De acuerdo con Navarro (1999) con este valor, es posible estimar la efectividad de prácticas de manejo del problema, tomar decisiones sobre el manejo de la plantación y servir de base para estimar el daño al cultivo y su posible repercusión en el rendimiento.

Bajo estas suposiciones, es de suma importancia generar metodologías confiables y prácticas para la evaluación de la severidad, con el fin de poder establecer de forma efectiva relaciones entre el comportamiento de esta variable con los niveles de rendimiento y productividad de las plantaciones.

Cuando aparecen síntomas de cierta persistencia, en los cuales no se ha establecido una metodología que estime con precisión la intensidad del daño, es válido proponer o generar algún método mediante el cual se pueda cuantificar en términos objetivos el nivel de infección del síntoma.

#### **4.1.2. Factores influyentes en el diseño y empleo de la escala propuesta**

Ante la presencia del síntoma y como parte de la investigación generada en el estudio, se propuso una escala diagramática de severidad, la cual se evaluó en la práctica para determinar una estimación cuantitativa de la intensidad del síntoma.

La escala diagramática propuesta para la evaluación del síntoma de necrosis de las brácteas (Figura 5) evalúa la severidad del daño a través del análisis visual de las

Niveles de daño	Grado 0	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5	Grado 6
Rango de infección	0,0	0,1 ↔ 25,0	25,1 ↔ 40,0	40,1 ↔ 60,0	60,1 ↔ 75,0	75,1 ↔ 99,9	100,0
Descripción del síntoma	Ausencia total de necrosis en brácteas	Menos de un 25% del área foliar se encuentra afectada.	La necrosis alcanza a afectar hasta un 40 % del área foliar	La necrosis alcanza a afectar hasta un 60% del área foliar	La necrosis alcanza a afectar hasta un 75% del área foliar	La necrosis alcanza a afectar hasta un 99,9% del área foliar. Puede presentarse la caída de brácteas.	Toda el área de la bráctea se encuentra necrosada. Existe mayor probabilidad de caída de brácteas.
Representación gráfica							
% área foliar infectada	0%	25%	40%	60%	75%	99%	100%

**Figura 5.** Escala diagramática de severidad propuesta para la evaluación del síntoma de necrosis de las brácteas de la *Dracaena deremensis* 'Warneckii' lemon lime.

brácteas, utilizando fotografías ajustadas a determinados rangos de porcentaje de área foliar dañada.

El evaluador debe ser capaz de observar en campo el patrón de comportamiento del tejido de las plantas dañado o enfermo (figura 6), determinar la proporción del área foliar afectada y asignar una calificación de daño, de acuerdo con los niveles de daño propuestos en la escala.

Con base en la escala generada, la intensidad del síntoma se subdivide en 6 niveles, de los cuales el primer nivel corresponde al grado 0 como ausencia total de necrosis, y el grado 6 corresponde a una bráctea totalmente afectada por la necrosis o en estado de senescencia tardía. Los grados 2 y 4 representan rangos que van de un 25,1% a 40% y de 60,1% a 75%, correspondientemente (cuadro 11). Ambos rangos abarcan una amplitud de 15 puntos porcentuales, respectivamente, lo cual facilita en gran medida la labor del evaluador. Sin embargo, en la práctica se observa que los grados 2 y 4 presentaron mayor dificultad de evaluación, principalmente con brácteas que presentaron una proporción muy cercana a los límites mínimos y máximos de cada rango.

**Cuadro 11.** Amplitud de rangos de infección determinados para cada nivel, según la escala propuesta.

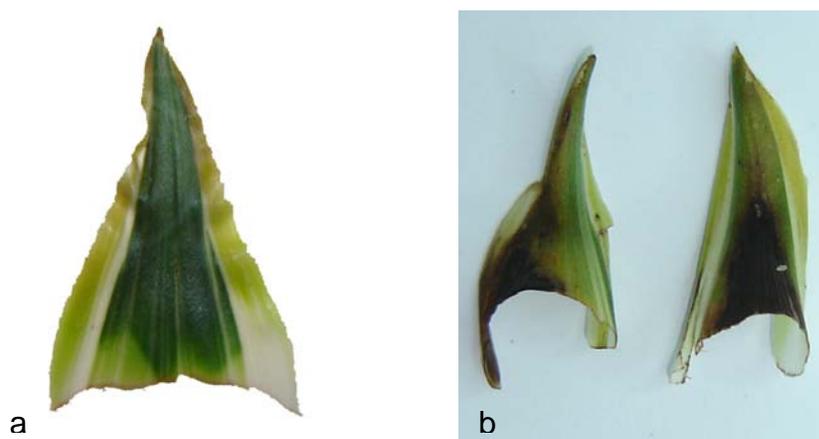
<b>Grado</b>	<b>Rango de infección (área foliar afectada)</b>	<b>Amplitud del rango (Puntos porcentuales)</b>
0	0%	0
1	0,1% a 25%	25
2	25,1% a 40%	15
3	40,1% a 60%	20
4	60,1% a 75%	15
5	75,1% a 99,9%	25
6	100%	0

Por su parte, el grado 3 indica la presencia del síntoma en un rango que va de un 40% a un 60% de la proporción total de tejido foliar. Este nivel presentó una amplitud de 20 puntos porcentuales, por lo que su designación a nivel práctico fue

relativamente sencilla. Los niveles 1 y 5 presentan la mayor amplitud de rango por lo que no se requirió de una observación muy exhaustiva para su identificación.

A pesar de la practicidad del método propuesto de evaluación con el uso de esta escala, el hecho de que dos evaluadores distintos pueden obtener lecturas diferentes de grado para una misma bráctea, se supone como una desventaja, en el sentido en que se pone en duda la repetibilidad y el nivel de discriminación del método, lo cual conllevaría a la obtención de resultados imprecisos.

La estimación efectiva de la severidad a través del uso de la escala de evaluación desarrollada, depende en gran medida de la capacidad de observación y el grado de entrenamiento del evaluador. Navarro (1999) indica que la evaluación de la severidad en forma visual a través de pictogramas es la que menor precisión o confiabilidad aporta dada la escasa repetibilidad que presenta el método. Además, la principal desventaja que se presenta es el hecho de que la evaluación produce un grado, es decir un valor subjetivo y no una medición objetiva.



**Figura 6.** a) Fotografía de bráctea de *D. deremensis* 'Warneckii' lemon lime con ausencia del síntoma de necrosis. b) Fotografía de brácteas sobrepuestas en una hoja de papel, mostrando su área de lesión en forma irregular.

A pesar de estos problemas, los métodos visuales de evaluación son una buena alternativa debido a la facilidad de su empleo, siempre que exista una adecuada calibración visual por parte del evaluador, la cual se lograría a través del

entrenamiento efectivo y la correcta organización del proceso de toma de datos, de tal manera que se pueda reducir cualquier sesgo introducido por el evaluador.

Además, es imprescindible tomar en cuenta los aspectos intrínsecos asociados al cultivo, tales como las condiciones morfológicas de la planta y su relación con el desarrollo del síntoma (Figura 7). De este modo, el problema de necrosis de brácteas muestra lesiones foliares que tienden a comenzar en la base de la brácteas aunque también pueden presentarse en forma de manchas bien distribuidas, las cuales pueden coalescer y tomar la apariencia de una lesión en forma irregular (Figura 6).

Es importante que el evaluador tome en cuenta estas irregularidades, de tal forma que se pueda visualizar una proporción de daño foliar que se ajuste a un grado de severidad determinado dentro de la escala.



**Figura 7.** Esquejes de *D. deremensis* 'Warneckii' lemon lime: a) ausencia total del síntoma y b) presencia del síntoma de forma avanzada.

Además, según el proceso metodológico propuesto para la evaluación con base en la escala, el evaluador debe estar seguro de asignar los grados de intensidad a cada uno de las 15 brácteas a evaluar. Para ello, se apoyó la evaluación en

campo con el uso de un formulario (anexo 2), el cual permite obtener la información de manera prescrita para cada unidad experimental. Esta labor permite el procesamiento de la información obtenida hasta determinar el índice de infección, según la metodología desarrollada. Una vez generados los valores de intensidad del daño para cada esqueje, se pueden corregir los datos generados a través del uso de fórmulas que relacionen con precisión la gradación con índices de carácter más cuantificable como es el caso del Promedio Ponderado de la Infección. La idea es obtener un único valor de PPI para cada muestra de 10 esquejes por tratamiento.

## **4.2. Evaluación agronómica del estudio**

El estudio se diseñó con la intención de generar información de carácter preliminar sobre el comportamiento de la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de las brácteas, independientemente para cada ensayo. La fase de campo del experimento se subdividió en cuatro ensayos de enraizamiento, de los cuales cada uno comprendió un periodo de enraizamiento individualmente y a su vez tuvieron diferencias en los procedimientos y las variables evaluadas para cada evento.

### **4.2.1. Ensayo I**

El ensayo I se llevó a cabo en el mes de noviembre del 2007 y comprendió la fase inicial de la investigación. De este modo, se diseñaron las metodologías de evaluación y el diseño de la escala diagramática, con el fin de poder cuantificar los valores de severidad obtenidos en cada uno de los siguientes ensayos, al evaluar el efecto de los tratamientos del estudio. Debido a que todavía no se contaba con la escala de severidad y su metodología de aplicación, el ensayo se limitó a estimar únicamente la variable incidencia, la cual se evaluó estadísticamente a través del uso de análisis de varianza.

#### 4.2.1.1. Comportamiento del tamaño de esqueje y uso de antioxidante sobre la incidencia de quema de brácteas en el ensayo I

De acuerdo con Mendoza *ét al* (1995), la incidencia se define como el número de hojas afectadas por un determinado problema expresado en forma porcentual con respecto al total de hojas sujetas a la evaluación. La estimación de los porcentajes de incidencia para una muestra de 10 unidades experimentales por parcela, mostró comportamientos diferentes para cada factor evaluado.

Para el análisis de los datos obtenidos a partir de la estimación de la variable incidencia, se realizó un análisis de varianza (anexo 3). El mismo mostró diferencias significativas por efecto del tamaño de esqueje ( $P < 0,0001$ ). No se determinó ningún efecto por parte de la aplicación del antioxidante ni la interacción entre ambos factores.

**Cuadro 12.** Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo I.

Antioxidante	Tamaño (cm)				
	15,24	30,48	45,72	60,96	91,44
Sin aplicación	22,56 a	26,07 ab	33,73 cd	32,24 bc	40,63 de
Con aplicación	23,38 a	26,15 ab	34,19 cd	31,11 bc	44,29 e

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

De este modo, los esquejes que menos incidencia del síntoma reportaron fueron los que presentaron una longitud de tallo de 15,44 cm (cuadro 13) presentando un promedio de incidencia de un 22,97%. Por su parte, las cañas de 91,44 cm presentaron un mayor porcentaje de incidencia, mostrando una media de 42,46 %.

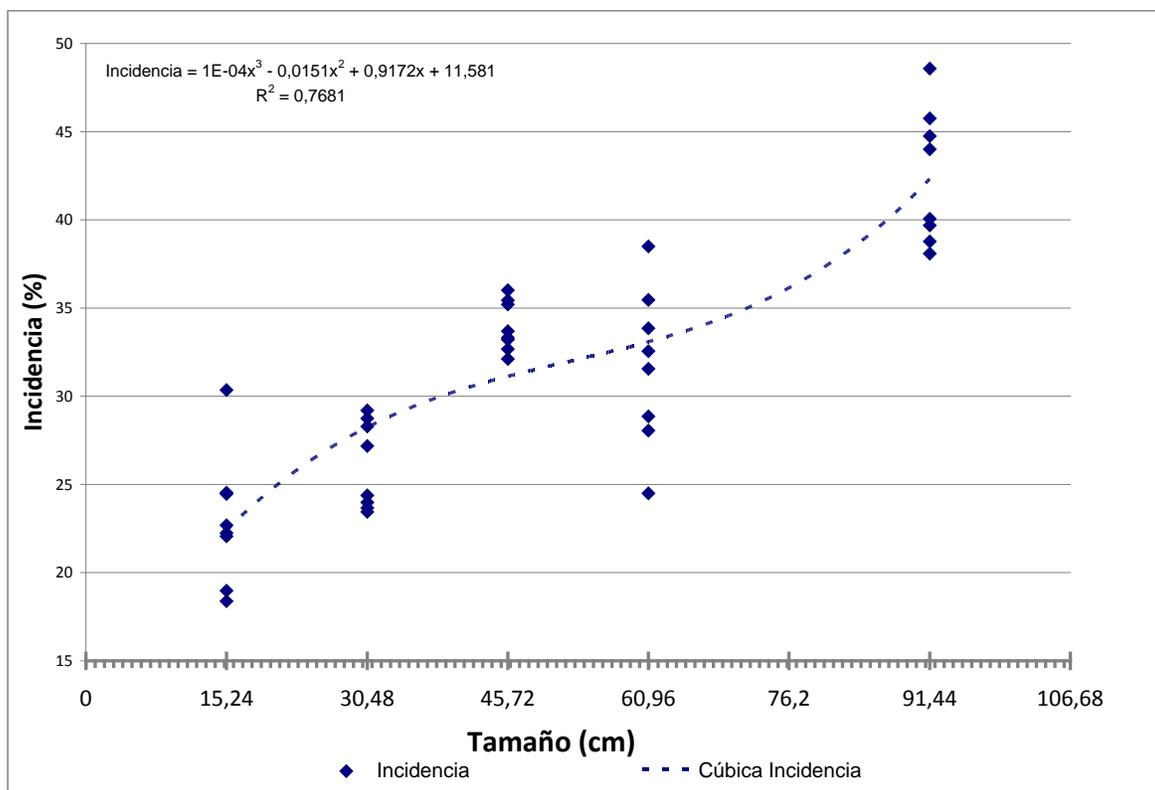
**Cuadro 13.** Incidencia de necrosis según cada tamaño para el ensayo I.

Tamaño (cm)	Incidencia (%)
15,24	22,97 a
30,48	26,11 a
45,72	31,67 b
60,96	33,96 b
91,44	42,46 c

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Como se muestra en la figura 8, la incidencia del síntoma de necrosis según cada tamaño mostró un comportamiento creciente con una tendencia considerablemente cúbica ( $R^2 = 0,7681$ ). Esta tendencia fue evaluada igualmente bajo una prueba de contrastes la cual comprueba la tendencia cúbica. ( $p < 0,0210$ )

Arauz (1998) propone que la arquitectura de la planta puede influir en la oportunidad de los patógenos para alcanzar los tejidos susceptibles o los factores microclimáticos. De este modo, el hecho de que los esquejes de tamaños mayores muestren mayor porcentaje de brácteas afectadas podría estar relacionado a su morfología, ya que estos presentan brácteas de mayor longitud en comparación con esquejes de tamaño pequeño, lo que implica una mayor superficie de contacto y exposición a agentes bióticos, mayor probabilidad de sufrir rupturas o heridas generadas por daño mecánico y mayor capacidad de retención de humedad aumentando así los periodos de mojadura foliar para dichas estructuras foliares.



**Figura 8.** Incidencia de necrosis de las brácteas según tamaño para cada invernadero en el ensayo I.

Otro factor a considerar es el sistema de siembra de doble piso en las camas de enraíce, tal y como lo demuestra la figura 1. Bajo este diseño de siembra, los esquejes de tamaños pequeños, se encuentran ubicados en la parte inferior de las camas de enraíce y los esquejes de mayor tamaño se ubican en la parte superior. Es probable que los tamaños mayores cuya incidencia fue significativamente superior, se encuentren en una condición de mayor exposición a la acumulación de agua de riego, por su ubicación en las camas.

Tal como lo indica el anexo 3, es importante destacar que la aplicación del antioxidante no generó diferencias significativas ( $P = 0,4276$ ). Además, no se mostraron diferencias significativas para la interacción antioxidante\*tamaño ( $p = 0,6175$ ) lo que indica la ausencia de alguna relación entre los factores en estudio con respecto al comportamiento de la incidencia (cuadro 12).

#### 4.2.2. Ensayo II

El segundo ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre el 30 de marzo y el 11 de abril del 2008, comenzando de este modo con el periodo evaluativo del estudio. Al igual que el evento previo, se evaluó la variable incidencia, y además se evaluó la severidad, habiéndose definido adecuadamente la escala utilizada para medir este parámetro y su metodología de empleo.

Según los anexos 4 y 5, el tamaño de esqueje fue el factor en el que se mostraron diferencias significativas con respecto a la variables en estudio, tanto incidencia como severidad. No se determinaron diferencias de validez estadística con el uso del antioxidante ni con la interacción entre los factores de estudio (cuadro 14).

**Cuadro 14.** Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo II.

Antioxidante	Tamaño (cm)				
	15,24	30,48	45,72	60,96	91,44
Sin aplicación	30,75 a	37,20 a	37,09 a	33,11 a	32,39 a
Con aplicación	32,94 a	39,05 a	36,25 a	33,71 a	32,57 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

#### 4.2.2.1. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la incidencia de quema de brácteas en el ensayo II

De acuerdo con el anexo 4, para la variable incidencia se detectaron diferencias significativas por efecto del tamaño de esqueje ( $p = 0,0280$ ). Como se puede apreciar en la figura 9, el comportamiento de la incidencia de acuerdo con el tamaño, muestra una tendencia escasamente cúbica ( $R^2 = 0,2265$ ). Por otro lado, a través de una prueba de contrastes, se indica una tendencia cuadrática ( $p < 0,0079$ ). A través de la correlación, sin embargo, la línea de mejor ajuste para la tendencia de los datos fue de grado 3, tomando en cuenta la amplia dispersión mostrada de los valores.

De este modo, los esquejes que menos incidencia del síntoma presentaron fueron los que presentaron una longitud de tallo de 15,44 cm (cuadro 15) presentando un promedio de incidencia de un 31,85%. Por su parte, las cañas de 30,48 cm presentaron un mayor porcentaje de incidencia, mostrando un 38,12 % en promedio.

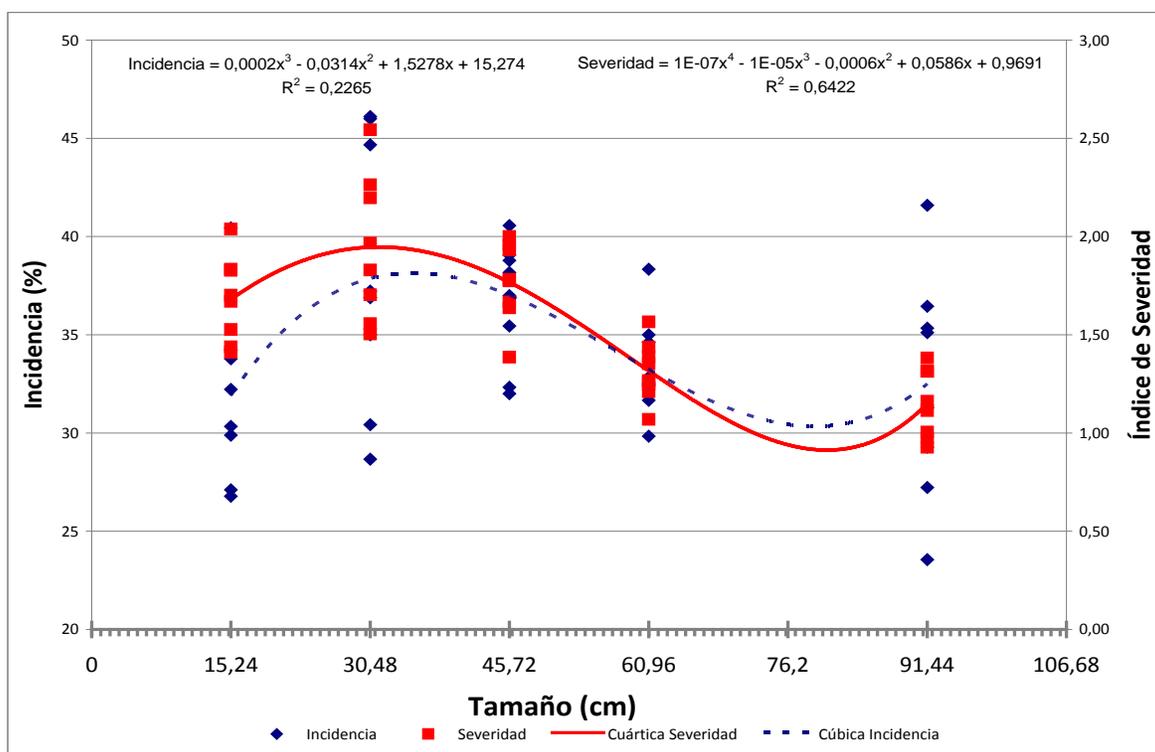
**Cuadro 15.** Incidencia de necrosis según cada tamaño para el ensayo II.

Tamaño (cm)	Incidencia (%)
15,24	31,85 a
30,48	38,12 a
45,72	36,67 a
60,96	33,41 a
91,44	32,48 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Además, los esquejes de tamaños superiores mostraron una leve disminución en su incidencia, lo cual difiere por completo del comportamiento de la incidencia obtenido para el primer ensayo.

De acuerdo con Gamboa (1988), el uso de material muy succulento y de mayor grosor de tallo hace más susceptibles los esquejes a las pudriciones y problemas de enraizamiento.



**Figura 9.** Porcentajes de incidencia e índices de severidad del síntoma de necrosis de las brácteas según tamaño para cada invernadero en el ensayo II.

La identificación de una tendencia en cuanto a la incidencia de necrosis para cada tamaño no es significativa desde el punto de vista práctico, ya que los tamaños utilizados en la empresa responden a exigencias de mercado, lo que indica poco control interno a dicho factor con miras a la reducción del síntoma. Sin embargo, las diferencias morfológicas presentes en un esqueje de tamaño inferior y otro de tamaño mayor son amplias tomando en cuenta la longitud y número de brácteas, cantidad de tips por esqueje, su grado de lignificación del tallo y succulencia del tejido foliar.

Además, es imprescindible tomar en cuenta que las diferencias morfológicas de esquejes de tamaños diferentes van estrechamente relacionadas con cambios en su manipulación, lo que podría mostrarse en diferencias importantes en cuanto a la presencia del síntoma.

#### 4.2.2.2. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la severidad de quema de brácteas en el ensayo II

Mendoza *et al* (1995) define la severidad como la proporción del área foliar afectada y se mide por el método de estimación visual. El hecho de utilizar el parámetro severidad para la evaluación del comportamiento epidemiológico de un síntoma o enfermedad depende básicamente de los objetivos de la investigación ya que en muchos casos, con el uso de la incidencia es suficiente para evaluar la intensidad del ataque de enfermedades foliares.

Guzmán *et al* (2003), por su parte indica que una sola lesión sobre un tejido puede ser suficiente para determinar incidencia, pero no tan severa o distintiva como la presencia de varias lesiones que pueden provocar el necrosamiento o muerte del tejido atacado. Allí radica la importancia de estimar la severidad de una enfermedad.

De acuerdo con el análisis de varianza generado en el ensayo II (anexo 5) referente a la variable severidad, se detectaron diferencias significativas por efecto del factor tamaño de esqueje ( $p < 0,0001$ ). Tal como se aprecia en el cuadro 16, no se dictaminaron diferencias estadísticas por efecto del antioxidante ni la interacción entre ambos factores.

**Cuadro 16.** Severidad de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo II.

Antioxidante	Tamaño (cm)				
	15,24	30,48	45,72	60,96	91,44
Sin aplicación	1,61 abc	1,88 c	1,77 c	1,32 ab	1,15 a
Con aplicación	1,75 bc	2,02 c	1,77 c	1,32 ab	1,15 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Como se puede apreciar en la figura 9, el comportamiento del índice de severidad de acuerdo con el tamaño basado en el mejor ajuste, muestra un tendencia polinomial de cuarto grado aunque con una correlación discretamente significativa ( $R^2 = 0,6422$ ), tomando en cuenta la dispersión moderada de los datos para cada tamaño.

**Cuadro 17.** Severidad de necrosis según cada tamaño para el ensayo II.

Tamaño (cm)	Índice de severidad
15,24	1,68 B
30,48	1,95 B
45,72	1,77 B
60,96	1,32 A
91,44	1,15 A

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Con base en el cuadro 17, los esquejes que menos intensidad del síntoma presentaron fueron los que presentaron una longitud de tallo de 91,44 cm presentando el índice promedio más bajo (1,15). Las cañas de 30,48 cm presentaron mayor severidad, mostrando un índice promedio de 1,95. Siguiendo un patrón similar a la incidencia, los esquejes de tamaños superiores mostraron una leve disminución en su intensidad de daño.

#### 4.2.3. Ensayo III

El tercer ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre el 21 de abril y el 11 de mayo del 2008. Al igual que el evento previo, se evaluó la variable incidencia, y además se evaluó la severidad, habiéndose definido adecuadamente la escala utilizada para medir este parámetro y su metodología de empleo.

Según el anexo 6, el tamaño de esqueje fue el factor en el que se mostraron diferencias significativas con respecto a la variables en estudio, tanto incidencia como severidad. Como se observa en el cuadro 18, no se determinaron diferencias estadísticamente significativas con el uso del antioxidante ni con la interacción entre los factores de estudio.

**Cuadro 18.** Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo III.

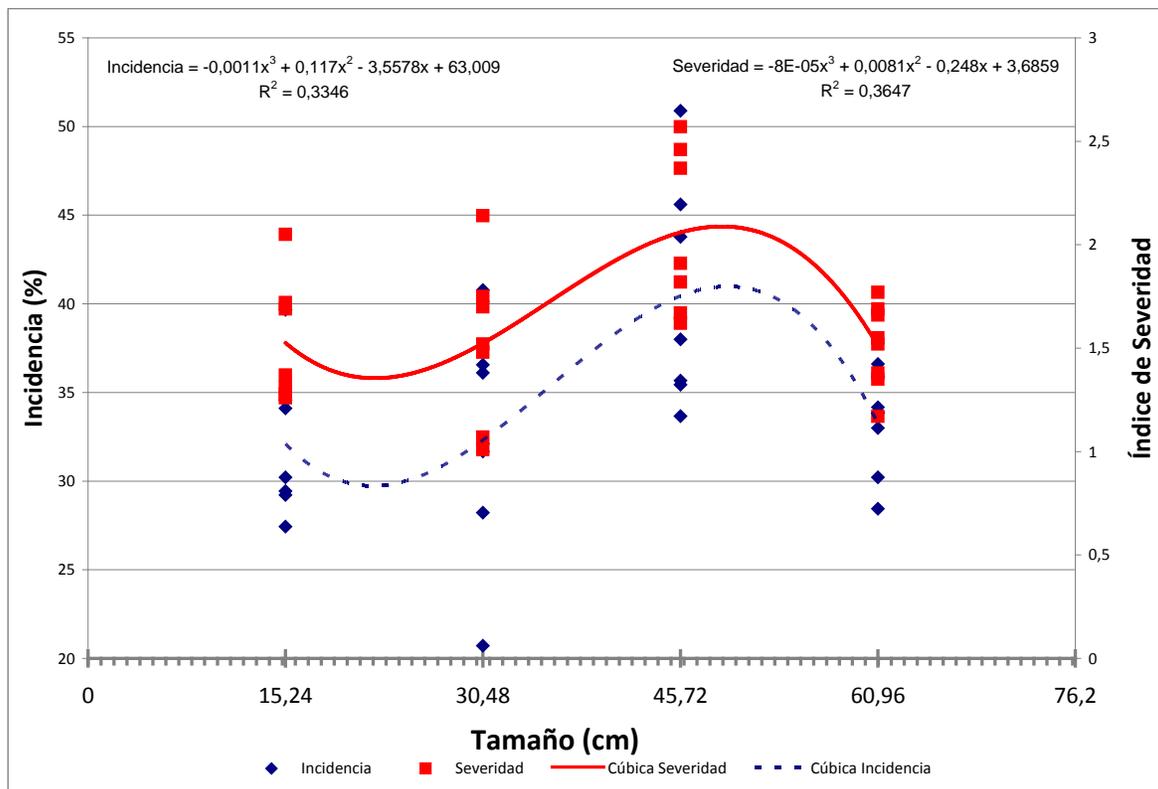
Antioxidante	Tamaño (cm)			
	15,24	30,48	45,72	60,96
Sin aplicación	29,36 a	29,68 a	40,85 a	32,99 a
Con aplicación	33,42 a	34,31 a	39,56 a	33,53 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

#### 4.2.3.1. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la incidencia de quema de brácteas en el ensayo III

De acuerdo con el análisis de varianza generado en el ensayo III referente a la variable incidencia, se detectaron diferencias significativas por efecto del tamaño de esqueje ( $p < 0,0076$ ; anexo 6).

Como se puede apreciar en la figura 10, el comportamiento de la incidencia de acuerdo con el tamaño, muestra una tendencia pobremente cúbica ( $R^2 = 0,3346$ ), debido a una amplia dispersión de los datos para cada tamaño. Igualmente, a través de una prueba de contrastes, se indica una tendencia cúbica ( $p < 0,0096$ ).



**Figura 10.** Porcentajes de incidencia e índices de severidad del síntoma de necrosis de las brácteas según tamaño para cada invernadero en el ensayo III

De este modo, los esquejes que menos incidencia del síntoma presentaron fueron los que presentaron una longitud de tallo de 15,44 cm presentando un promedio de incidencia de un 31,39%. (Cuadro 19). Por su parte, las cañas de 45,72 cm

presentaron un mayor porcentaje de incidencia, mostrando un 40,2 % en promedio.

**Cuadro 19.** Incidencia de necrosis según cada tamaño para el ensayo III.

Tamaño (cm)	Incidencia (%)
15,24	31,39 A
30,48	31,99 A
45,72	40,2 B
60,96	33,26 AB

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Según la información obtenida de los ensayos anteriores, se comprueba la existencia de diferencias significativas de la variable incidencia en función del factor tamaño. Aún así, analizando las figuras 8 ,9 y 10, es de suponer que no existe una tendencia consistente en función del tamaño, dada la escasa repetibilidad de la variación de la incidencia mostrada en los eventos anteriores.

#### 4.2.3.2. Comportamiento del tamaño de esqueje sobre la severidad de quema de brácteas en el ensayo III

De acuerdo con el anexo 7, se determinaron diferencias significativas en la variable severidad por efecto del factor tamaño de esqueje ( $p < 0,005$ ). No obstante, tal como lo demuestra el cuadro 20, no se dictaminaron diferencias estadísticas por efecto del antioxidante ni la interacción entre ambos factores.

**Cuadro 20.** Severidad de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo III.

Antioxidante	Tamaño (cm)			
	15,24	30,48	45,72	60,96
Sin aplicación	1,4 a	1,42 a	2,13 a	1,46 a
Con aplicación	1,58 a	1,61 a	1,98 a	1,56 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Como se puede apreciar en la figura 10, el comportamiento del índice de severidad de acuerdo con el tamaño basado en el mejor ajuste, muestra un tendencia polinomial cúbica aunque con una correlación discretamente

significativa ( $R^2 = 0,3647$ ), tomando en cuenta la dispersión moderada de los datos para cada tamaño.

Aún así, la gráfica muestra una línea de tendencia bastante similar tomando en cuenta ambos parámetros suponiendo una considerable relación incidencia – severidad, supeditada igualmente por la similitud de los índices de correlación.

**Cuadro 21.** Severidad de necrosis según cada tamaño para el ensayo III.

Tamaño (cm)	Índice de severidad
15,24	1,49 A
30,48	1,52 A
45,72	2,06 B
60,96	1,51 A

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Con base en el cuadro 21, los esquejes que menos intensidad del síntoma presentaron fueron los que presentaron una longitud de tallo de 15,24 cm presentando el índice promedio más bajo (1,49). Las cañas de 45,72 cm presentaron mayor severidad, mostrando un índice promedio de 2,06.

#### 4.2.4. Ensayo IV

El cuarto ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre el 29 de junio y el 11 de agosto del 2008. Según los anexos 8 y 9, la aplicación del antioxidante fue factor en el que se mostraron diferencias significativas con respecto a las variables en estudio, tanto incidencia como severidad. No se determinaron diferencias estadísticamente significativas referentes al tamaño de esqueje ni con la interacción entre los factores de estudio (cuadros 22 y 23).

**Cuadro 22.** Incidencia de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo IV.

Antioxidante	Tamaño (cm)			
	15,24	30,48	45,72	60,96
Sin aplicación	45,2 a	46,48 a	49,27 a	45,11 a
Con aplicación	47,52 a	51,47 a	51,54 a	55,08 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Cuadro 23.** Severidad de necrosis para cada tratamiento evaluado en el ensayo IV.

Antioxidante	Tamaño (cm)			
	15,24	30,48	45,72	60,96
Sin aplicación	2,04 ab	2,06 ab	2,14 ab	1,82 a
Con aplicación	2,12 ab	2,41 b	2,16 ab	2,43 b

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

#### 4.2.4.1. Efecto de la aplicación del ácido cítrico sobre la incidencia y la severidad de quema de brácteas

De acuerdo con el análisis de varianza generado en el ensayo IV referente a la variable incidencia, se detectaron diferencias significativas por efecto de la aplicación del ácido cítrico ( $p < 0,0197$ ; anexo 8).

**Cuadro 24.** Incidencia de necrosis de acuerdo a la aplicación de antioxidante para el ensayo IV.

Condición de aplicación antioxidante	Incidencia (%)
Sin aplicación	46,75 A
1000 mg/L <sup>-1</sup> de ácido cítrico	50,78 B

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Tal y como lo indica Echenique *ét al* (2004), para contrarrestar los efectos de la oxidación polifenólica, en ocasiones es necesaria la incorporación de agentes antioxidantes como el ácido cítrico, que a su vez, pueden ser inhibidores de la polifenoloxiladasa o adsorbentes.

**Cuadro 25.** Severidad de necrosis de acuerdo a la aplicación de antioxidante para el ensayo IV.

Condición de aplicación antioxidante	Índice de Severidad
Sin aplicación	2,04 A
1000 mg/L <sup>-1</sup> de ácido cítrico	2,23 B

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

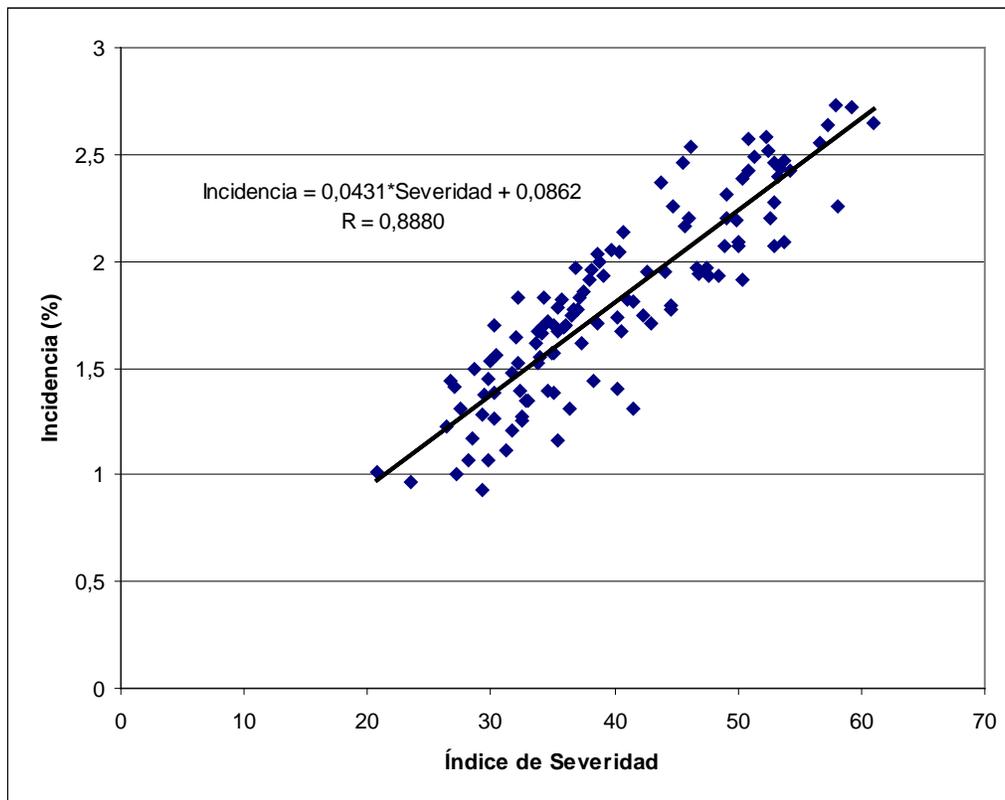
Con base en el cuadro 24, los esquejes a los cuales se les aplicó una solución de ácido cítrico tuvieron mayor incidencia mostrando una media de 50,78 %. Siguiendo la misma perspectiva, según el anexo 9, hubo mayor una severidad del síntoma a los esquejes con aplicación de ácido cítrico ( $p = 0,0268$ ), obteniéndose un valor de severidad de 2,23, tal como lo indica el cuadro 25.

Los resultados de las variables de estudio obtenidos en este ensayo arrojan información contradictoria con respecto al efecto esperado con el uso del antioxidante, lo que supone que la aplicación no generó efecto alguno sobre disminución de la intensidad del síntoma de necrosis e inclusive pudo acentuar aún más el estado necrótico. Este hecho podría indicar que el síntoma de necrosis de brácteas no está relacionado con un determinado estado de desequilibrio fisiológico ocasionado ya sea por estrés oxidativo o por efecto de la enzima polifenoloxidasas.

No obstante, se debe tomar en cuenta el hecho de que la aplicación del ácido cítrico se mantuvo a una única dosis (1 gr/l) para los todos los ensayos con el fin de evaluar oportunamente u desempeño y no se abordó la utilización de otras dosis ni otros ingredientes activos dada la complejidad de su evaluación y su costo.

#### 4.2.5. Estudio de la relación Incidencia – Severidad del síntoma

Tomando en cuenta los valores de incidencia y severidad obtenidos en los distintos ensayos elaborados, es de esperar que los mismos no posean un mismo comportamiento en su desarrollo, dada las diferencias mostradas de un ciclo a otro. No obstante, su uso como parámetros indicadores de la intensidad del daño es de particular importancia en el establecimiento de niveles críticos de la enfermedad. Bajo la misma perspectiva, los valores de incidencia y severidad según el factor tamaño obtenidos muestran consistencia entre sí, al evaluar cada ensayo por separado, lo cual deja ver la posibilidad de establecer una relación incidencia – severidad confiable.



**Figura 11.** Relación Incidencia – Severidad obtenida para el síntoma de necrosis de las brácteas de *D. deremensis*.

Para el caso del síntoma en estudio, la relación incidencia – severidad mostró una correlación moderadamente significativa ( $R = 0,8880$ ). La figura 11 muestra una amplia uniformidad en la dispersión de los puntos a lo largo de su tendencia lineal.

Los resultados mostrados sugieren la posibilidad de indicar que ambas variables están asociadas ya que se comprueba a través de la gráfica, una relación proporcional entre las variables de respuesta del estudio. Este hecho permite validar a nivel práctico la efectividad y la capacidad del uso de la escala de severidad desarrollada, la cual, al igual que la incidencia, determina la intensidad del síntoma de necrosis de brácteas, al postularse como un parámetro evaluativo efectivo de la necrosis.

French *et al* (1982) indica la importancia de establecer métodos de evaluación de daños que sean fácilmente aplicados e interpretados, no solo por sus iniciadores sino por otros investigadores, siendo ideal la existencia de una correlación entre los parámetros que definan la intensidad de una enfermedad.

Por otra parte, Mendoza *et al* (1995) argumenta que la relación incidencia – severidad es epidemiológicamente significativa, por el hecho de que una relación confiable entre las dos variables permitirá estimular la intensidad de la enfermedad, en términos de incidencia.

Aún así, es importante indicar que este experimento se circunscribió a obtener un único recuento de estimación promedio de ambos parámetros, ya que no fue de interés evaluar el avance del síntoma, tomando en cuenta que el mismo se desarrolla en su máxima expresión a tan solo 13 días después de siembra, e inmediatamente se programa la labor de eliminación manual de las brácteas. Basado en esta premisa, se debe investigar si la relación permanece constante durante el corto periodo de desarrollo de la sintomatología.

### **4.3. Influencia del contenido nutricional sobre el comportamiento de la necrosis de brácteas**

De acuerdo con Rivera (1999), una planta con deficiencias puede presentar una amplia gama de síntomas que pueden confundirse con otras causas. De este modo, la clorosis, la necrosis, la falta de vigor, el acucharamiento, así como la susceptibilidad a plagas y enfermedades son características utilizadas para definir síntomas de deficiencia de elementos nutritivos.

Por otra parte, la concentración óptima de un elemento dado en el tejido vegetal depende del papel que juega ese nutrimento en el metabolismo. Bajo esta perspectiva, los niveles críticos de deficiencia y suficiencia establecidos experimentalmente para cada cultivo son muy importantes como una guía para interpretar los datos de los análisis nutricionales obtenidos. (Bertsch, 1998)

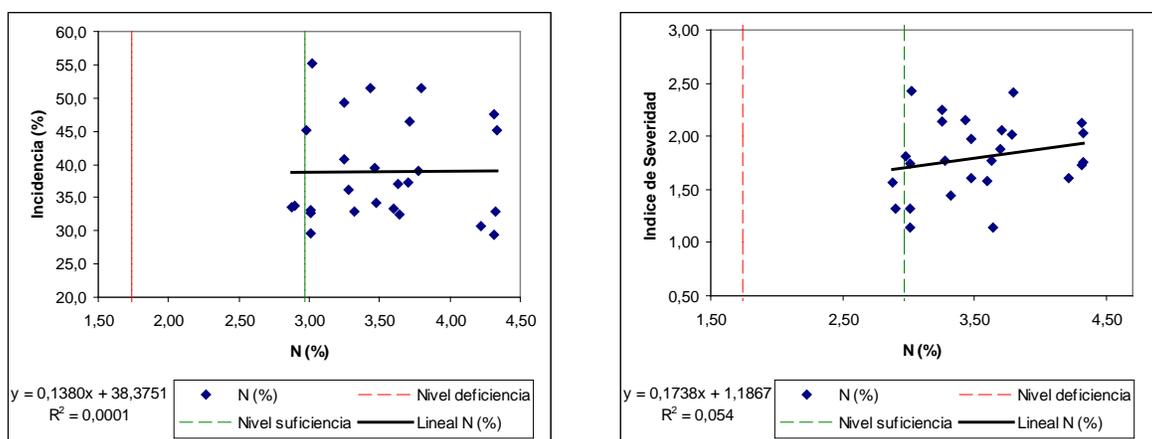
En la determinación del contenido nutricional de los esquejes buscando establecer relaciones con la intensidad del síntoma evaluado, se utilizó el análisis foliar como técnica de diagnóstico, siguiendo el principio de que las plantas, la hoja y cada uno de sus órganos requieren una determinada concentración de cada nutrimento esencial para el crecimiento y desarrollo normal, lo que consecuentemente incide sobre la sanidad y la productividad.

#### **4.3.1. Niveles foliares de macroelementos y su relación con la incidencia y severidad del síntoma**

##### **Nitrógeno**

Analizando la figura 12, los niveles determinados en los esquejes para este nutrimento mostraron valores adecuados, superiores en la mayoría de los casos al nivel de suficiencia sugerido por Salas *et al* (1991) el cual es de 2,97%. Además, no se presentó una relación significativa entre los niveles determinados de nitrógeno a nivel foliar y el aumento en la intensidad del síntoma.

Así para la incidencia, se determinó un coeficiente de correlación escasamente importante ( $R^2 = 0,0001$ ) a través de un modelo lineal. Con base en un análisis de regresión lineal estimado para esta variable (anexo 13), el modelo no fue significativo ( $p = 0,9501$ ), lo cual es de esperar, dada la amplia dispersión de los puntos observados en la gráfica.



**Figura 12.** Niveles foliares de nitrógeno determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

Por otra parte, la severidad tampoco mostró signos de ser influenciada por los niveles foliares de nitrógeno. Como se aprecia en la figura 12, a través de un modelo lineal, existe una correlación muy baja entre ambos factores ( $R^2 = 0,054$ ). Además, según el anexo 14, el modelo lineal no fue significativo ( $p = 0,6069$ ).

**Cuadro 26.** Niveles foliares de nitrógeno determinados según cada tamaño de esqueje evaluado.

Tamaño (cm)	N (%)
15,24	4,18 c
30,48	3,58 b
45,72	3,39 ab
60,96	3,02 a
91,44	3,33 ab

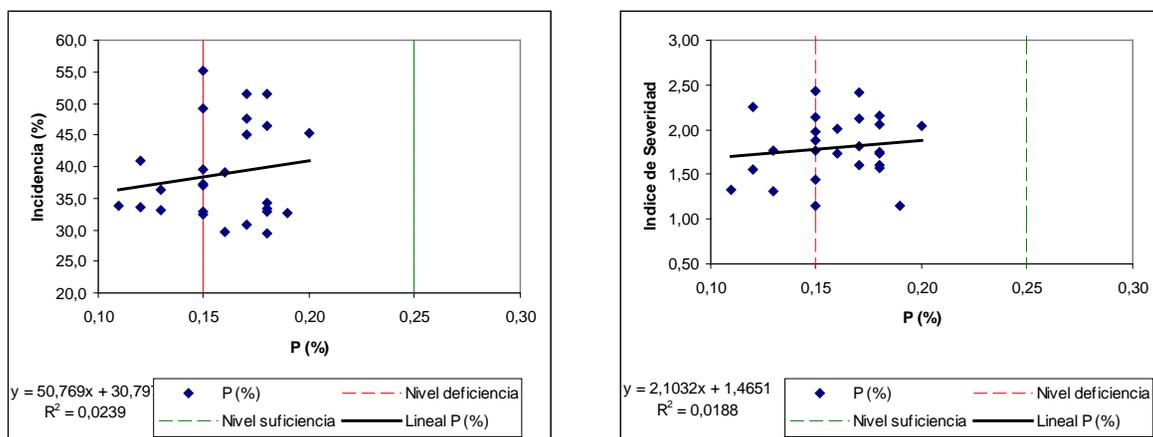
Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Los niveles foliares de nitrógeno mostraron ser superiores en los esquejes de tamaños inferiores y consecuentemente más jóvenes, tal como lo muestra el cuadro 26. Según el anexo 17, se determinaron diferencias significativas para el factor tamaño ( $p < 0,0001$ ).

## Fósforo

De acuerdo con la figura 18, los niveles determinados de fósforo a nivel foliar mostraron en algunos casos, valores por debajo del nivel de deficiencia indicado por Salas *et al* (1991) de 0,15 %. Aún así, no fue apreciable una relación entre los niveles determinados y la intensidad del síntoma de necrosis.

De este modo, para la incidencia se determinó una insuficiente correlación con una baja significancia ( $R^2 = 0,0239$ ) basado en un ajuste lineal. El mismo no fue significativo debido a un valor  $p = 0,2924$ . (anexo 13)



**Figura 13.** Niveles foliares de fósforo determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

Además, la severidad evidenció un comportamiento similar mostrando un bajo coeficiente de correlación ( $R^2 = 0,018$ ) en un modelo lineal que no mostró ser significativo ( $p = 0,559$ ) según el análisis de regresión lineal indicado en el anexo 14.

**Cuadro 27.** Niveles foliares de fósforo determinados según cada tamaño de esqueje.

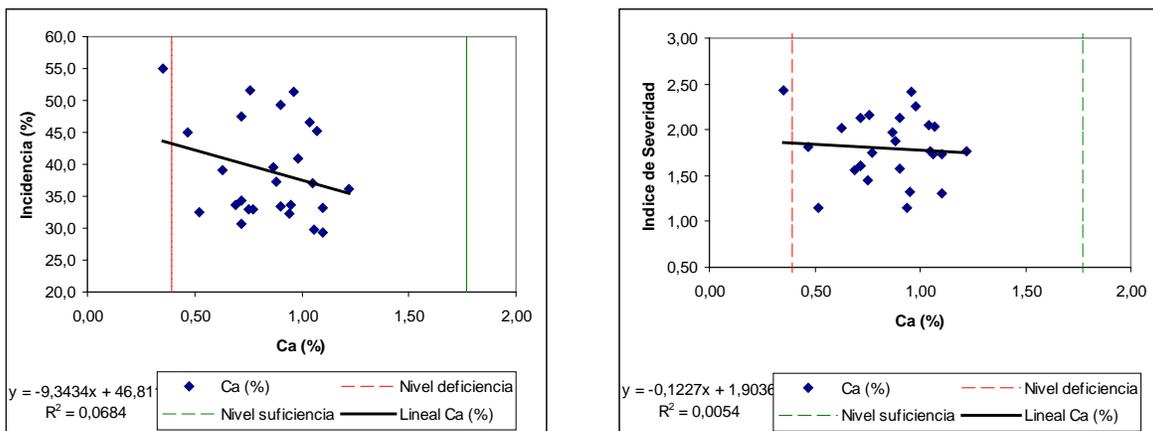
Tamaño (cm)	P (%)
15,24	0,18 b
30,48	0,17 ab
45,72	0,15 ab
60,96	0,14 a
91,44	0,17 ab

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Al igual que el nitrógeno, los niveles foliares de fósforo mostraron ser superiores en los esquejes de tamaños inferiores, los cuales presentan menor grado de lignificación, tal como lo muestra el cuadro 27. Según el anexo 18, se determinaron diferencias significativas para el factor tamaño ( $p = 0,0049$ ).

### Calcio

Este nutrimento por su parte, mostró niveles adecuados, los cuales fueron superiores al nivel de deficiencia de 0,39%, a excepción de un único valor inferior a este nivel. Al igual que en los casos anteriores, no existe relación alguna entre los niveles foliares determinados del elemento y el comportamiento del síntoma.



**Figura 14.** Niveles foliares de calcio determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

Analizando el comportamiento de la incidencia con respecto a los niveles foliares de calcio, se determinó una correlación muy pobre ( $R^2 = 0,684$ ). (Figura 14)

Además, el modelo lineal no fue significativo ( $p = 0,7410$ ) así como lo muestra el análisis de regresión lineal (anexo 13).

Asimismo, la severidad evidenció un comportamiento similar con respecto a los niveles de calcio, mostrando un bajo coeficiente de correlación ( $R^2 = 0,0054$ ) en un modelo lineal que no mostró ser significativo ( $p = 0,3911$ ) según el análisis de regresión lineal indicado en el anexo 14.

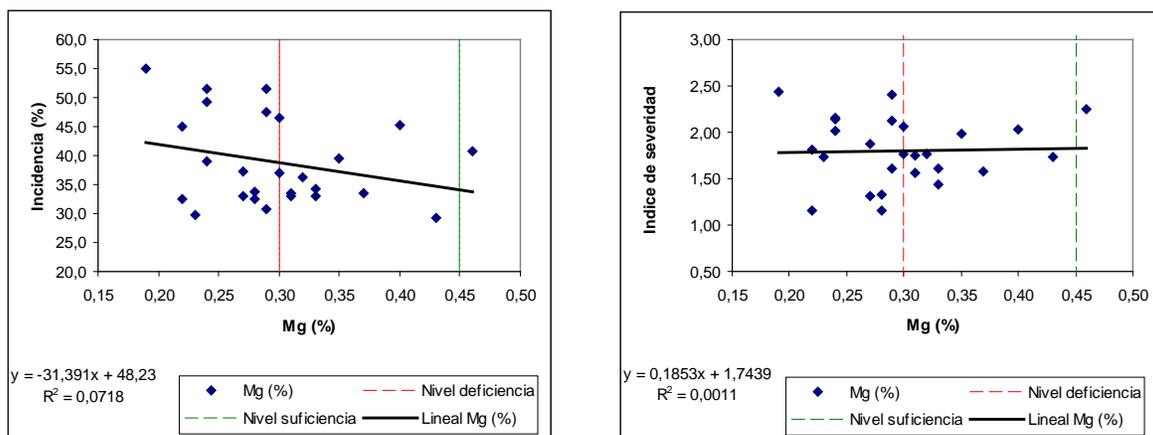
Particularmente, el elemento calcio es uno de los que mayor importancia presentan en la aparición de síntomas, debido a su función como constituyente de compuestos pécticos los cuales inciden en la resistencia a enfermedades. Villalobos (2001) indica que está demostrado el Ca protege de las infecciones de *Erwinia* sp, y además cumple un papel protector del deterioro post cosecha cuando se aplica a frutos y follajes tropicales.

## **Magnesio**

Según los valores arrojados por los análisis foliares nutricionales efectuados, el magnesio fue el elemento que mostró una mayor cantidad de puntos por debajo del nivel de deficiencia citado por Salas *et al* (1991) correspondiente a 0,30 %. Algunos autores tales como Villalobos (2001) y Salas *et al* (1991), señalan que la deficiencia de este elemento provoca la aparición de clorosis intervenosa, que disminuye de intensidad conforme avanza hacia el ápice de la planta, dada la alta movilidad del  $Mg^{+2}$ . Además, al ser un elemento de particular importancia como activador enzimático y como constituyente de la molécula de clorofila, su deficiencia supedita una gran variabilidad de síntomas.

Aún así, no se logró determinar relación alguna entre los niveles foliares determinados del elemento y el comportamiento del síntoma en cuestión. Analizando el comportamiento de la incidencia con respecto a los niveles foliares

de magnesio (figura 15), se determinó una correlación muy pobre ( $R^2 = 0,0718$ ) basada en un modelo lineal que no fue significativo ( $p = 0,8259$ ). (Anexo 13)



**Figura 15.** Niveles foliares de magnesio determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

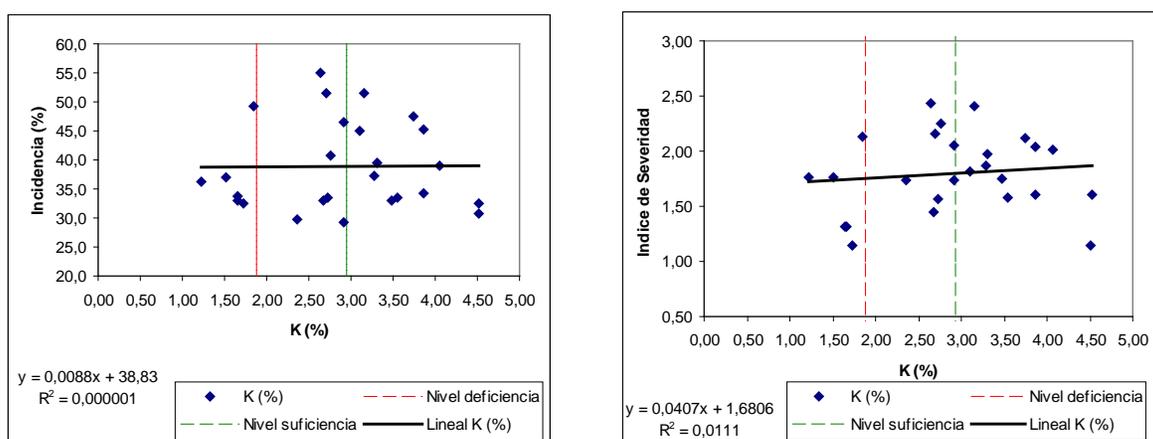
Además, la severidad en función de los niveles foliares de magnesio evidenció un comportamiento similar mostrando un bajo coeficiente de correlación ( $R^2 = 0,011$ ) en un modelo lineal que no mostró ser significativo ( $p = 0,6579$ ) según el análisis de regresión lineal indicado en el anexo 14.

## Potasio

Los niveles de potasio determinados a nivel foliar para los esquejes mostraron una mayoría de valores contenidos en los niveles recomendados por Salas *et al* (1991) aunque algunos datos se encontraron por debajo del nivel de deficiencia el cual es de 1,88%. Villalobos (2001), Salas *et al* (1991) y Bertsch (1998) concuerdan con la presencia de síntomas de necrosis en hojas más viejas, al presentarse la deficiencia de este elemento. No obstante, al igual que en los anteriores elementos, no se encontró una relación entre el contenido foliar del elemento con la intensidad del síntoma.

Según la figura 16, los valores determinados de incidencia en función de los niveles de potasio mostraron una correlación no significativa ( $R^2 = 0,000001$ ), lo cual se evidencia en la amplia dispersión de los valores en la gráfica. El modelo de regresión lineal establecido no fue significativo ( $p = 0,8259$ ; anexo 13) por lo que no se pudo establecer relación alguna entre los factores evaluados.

Al evaluar el comportamiento de la severidad del síntoma contra los niveles foliares de potasio, no hubo significancia alguna tomando en cuenta su bajo coeficiente de correlación ( $R^2 = 0,0111$ ) con un modelo de regresión lineal no significativo estadísticamente. ( $p = 0,8569$ ; anexo 14)



**Figura 16.** Niveles foliares de potasio determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

Los niveles foliares de potasio mostraron ser superiores en los esquejes de tamaños inferiores, los cuales presentan menor grado de lignificación, tal como lo muestra el cuadro 28. Según el anexo 19, se determinaron diferencias significativas para el factor tamaño ( $p = 0,0095$ ) con respecto a los valores del elemento. Aún así, este hecho no presenta influencia alguna sobre el comportamiento del síntoma tal como se demostró anteriormente a través de la regresión lineal.

**Cuadro 28.** Niveles foliares de potasio determinados según cada tamaño de esqueje.

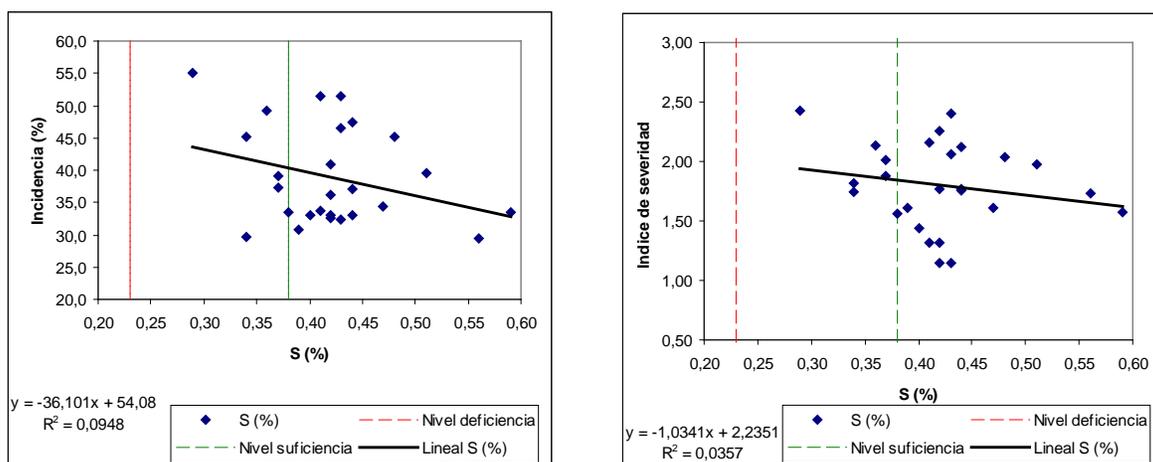
Tamaño (cm)	K (%)
15,24	3,68 b
30,48	3,27 ab
45,72	2,22 a
60,96	2,41 ab
91,44	3,12 ab

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

## Azufre

Todos los valores estimados a través del análisis foliar para el elemento azufre, se encontraron en los niveles recomendados por Salas *et al* (1991), por lo que no se determinó relación alguna entre el contenido foliar de S y la intensidad del síntoma

Según la figura 17, los valores determinados de incidencia en función de los niveles de azufre mostraron una correlación no significativa ( $R^2 = 0,0948$ ), lo cual se evidencia en la amplia dispersión de los valores en la gráfica. El modelo de regresión lineal establecido en el anexo 13 no fue significativo ( $p = 0,084$ ) por lo que no se pudo establecer relación alguna entre los factores evaluados.



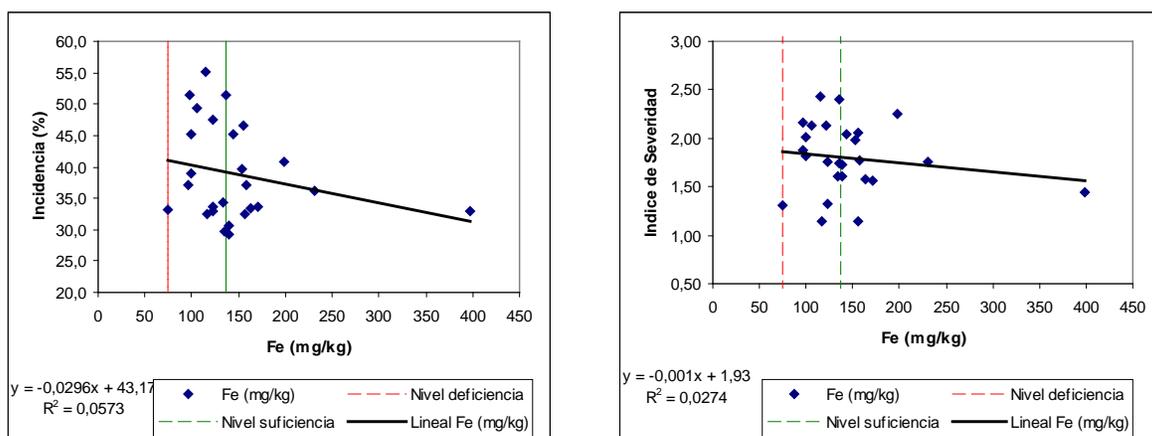
**Figura 17.** Niveles foliares de azufre determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

Además, la severidad en función a los niveles de azufre evidenció un comportamiento distinto mostrando un bajo coeficiente de correlación en un modelo lineal que mostró ser significativo ( $p = 0,0315$ ) según el análisis de regresión lineal indicado en el anexo 14, aunque opacado por la amplia dispersión de los valores en la gráfica ( $R^2 = 0,0357$ ).

#### 4.3.2. Niveles foliares de microelementos y su relación con la incidencia y severidad del síntoma

##### Hierro

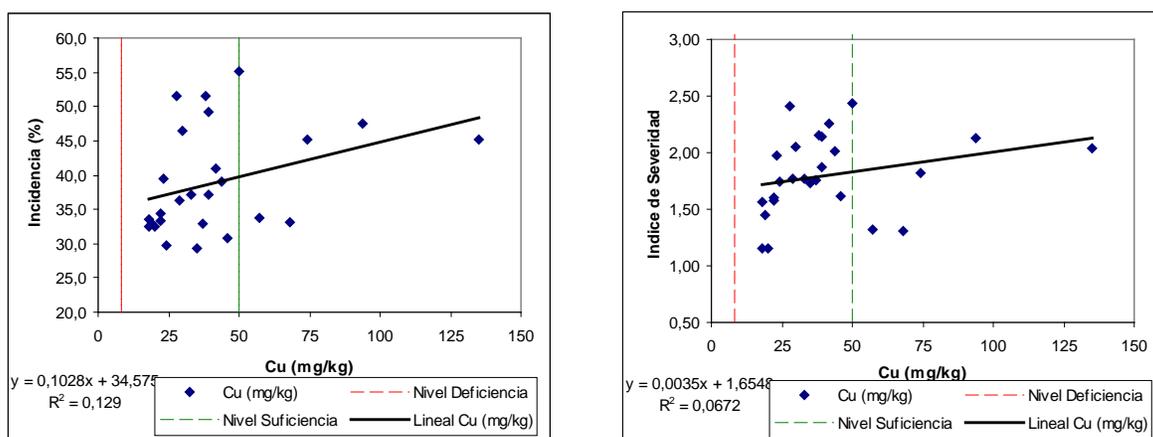
El hierro mostró todos sus valores por encima del nivel de suficiencia determinado por Salas *et al* (1991) el cual corresponde a una concentración de 75 mg/kg . Con base en la figura 18, los niveles de hierro no presentaron relación alguna con el comportamiento de la incidencia ( $R^2 = 0,0573$ ) y su modelo lineal no presentó significancia alguna ( $p = 0,3435$ ; anexo 13). Igualmente, la severidad no se vio influenciada por los niveles foliares del elemento ( $R^2 = 0,0274$ ) y según el anexo 13, su modelo lineal tampoco fue significativo ( $p = 0,3084$ ; anexo 14)



**Figura 18.** Niveles foliares de hierro determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

## Cobre

Este elemento mostró todos sus valores por encima del ámbito recomendado por Wolf *et al* (1990), citado por Salas *et al* (1991). Con base en la figura 19, los niveles de cobre no presentaron relación alguna con el comportamiento de la incidencia mostrando una correlación escasamente significativa ( $R^2 = 0,129$ ) y su modelo lineal no presentó significancia alguna ( $p = 0,6815$ ; anexo 13). Igualmente, la severidad no se vio influenciada por los niveles foliares del elemento ( $R^2 = 0,062$ ). Además, a través de la regresión lineal, el modelo no fue estadísticamente significativo. ( $p = 0,9757$ ; anexo 13).



**Figura 19.** Niveles foliares de cobre determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Ámbitos adecuados tomados de Salas *et al*, 1991.

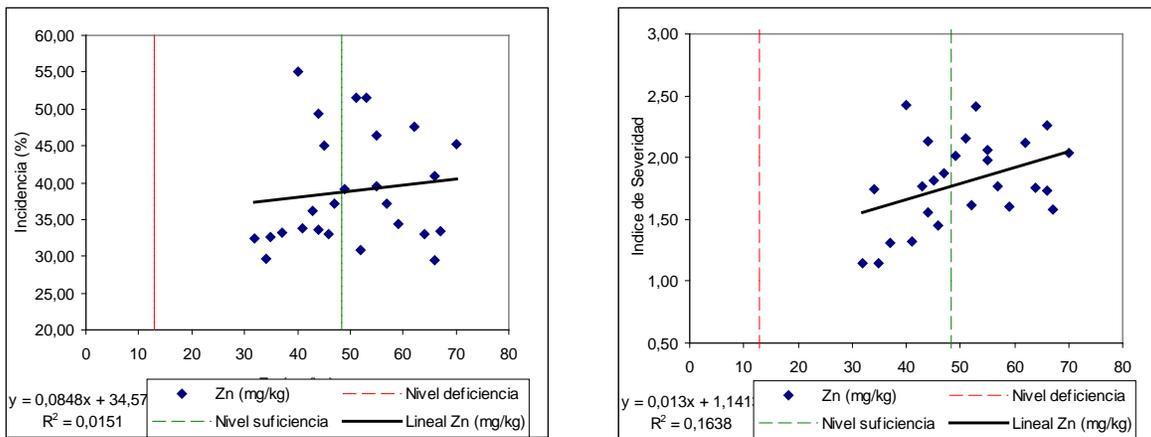
## Zinc

Todos los valores estimados a través del análisis foliar para el elemento zinc, se encontraron sobre los nivel de deficiencia recomendado por Salas *et al* (1991). Además, no se determinó relación alguna entre el contenido foliar de Zn y la intensidad del síntoma de necrosis.

Según la figura 22, los valores determinados de incidencia en función de los niveles de zinc mostraron una correlación no significativa ( $R^2 = 0,00151$ ), lo cual se evidencia en la amplia dispersión de los valores en la gráfica. Además, a través

de la regresión lineal (anexo 13), el modelo no fue estadísticamente significativo. ( $p = 0,0822$ )

Igualmente, la severidad no se vio influenciada por los niveles foliares del elemento ( $R^2 = 0,1638$ ). Sin embargo, su modelo de regresión lineal establecido fue significativo ( $p = 0,00094$ ; anexo 14), aunque debido a su escasa correlación, no se pudo establecer un modelo que defina relación alguna entre los factores evaluados.



**Figura 20.** Niveles foliares de zinc determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Ámbitos adecuados tomados de Salas *et al*, 1991. Niveles de Zinc determinados y su relación con las variables en estudio.

También, los niveles foliares de zinc mostraron ser superiores en los esquejes de tamaños de menor tamaño, tal como lo muestra el cuadro 29. Según el anexo 20, se determinaron diferencias significativas para el factor tamaño ( $p = 0,0004$ ) con respecto a los valores del elemento. Aún así, este hecho no presenta influencia alguna sobre el comportamiento del síntoma tal como se demostró anteriormente a través de la regresión lineal.

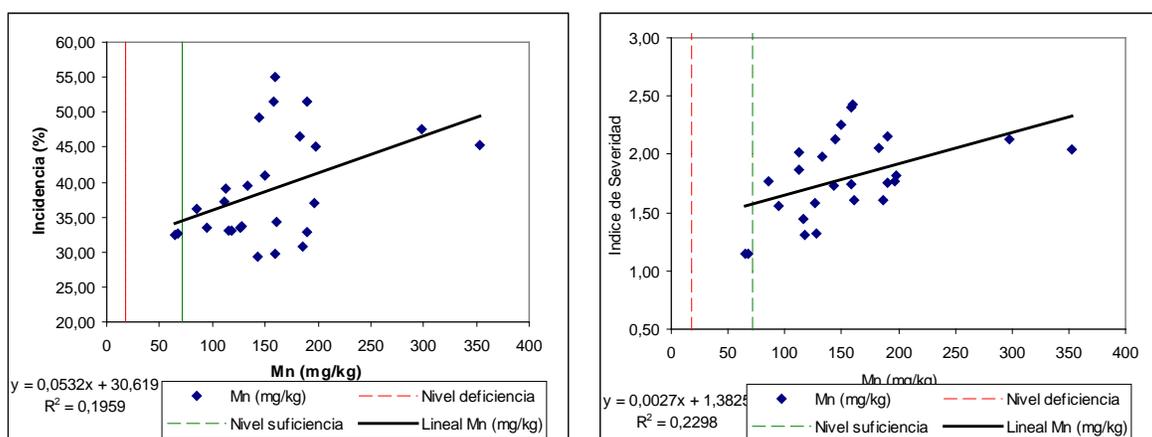
**Cuadro 29.** Niveles foliares de zinc determinados según cada tamaño de esqueje.

Tamaño (cm)	Zn (mg/kg)
15,24	63,50 c
30,48	49,50 bc
45,72	52,67 bc
60,96	42,17ab
91,44	33,50 a

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

## Manganeso

Con respecto al manganeso, los valores estimados a través del análisis foliar se encontraron muy por encima de nivel de deficiencia y suficiencia recomendados por Salas *et al* (1991). Para este elemento, se logró determinar una relación poco consistente entre el contenido foliar y la intensidad del síntoma de necrosis.



**Figura 21.** Niveles foliares de manganeso determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

Como se muestra en la figura 21, los valores determinados de incidencia en función de los niveles de manganeso mostraron una correlación poco significativa ( $R^2 = 0,1959$ ), tomando en cuenta la amplia dispersión de los valores en la gráfica. Sin embargo, a través de un análisis de regresión lineal basado en la selección *stepwise* (anexo 15), el modelo fue estadísticamente significativo ( $p = 0,0021$ ).

De igual modo, los valores de severidad en función de los niveles foliares de manganeso arrojaron un comportamiento interesante, al observar un modelo lineal estadísticamente significativo ( $p = 0,0323$ ; anexo 16) con un coeficiente de correlación de baja significancia ( $R^2 = 0,2298$ ).

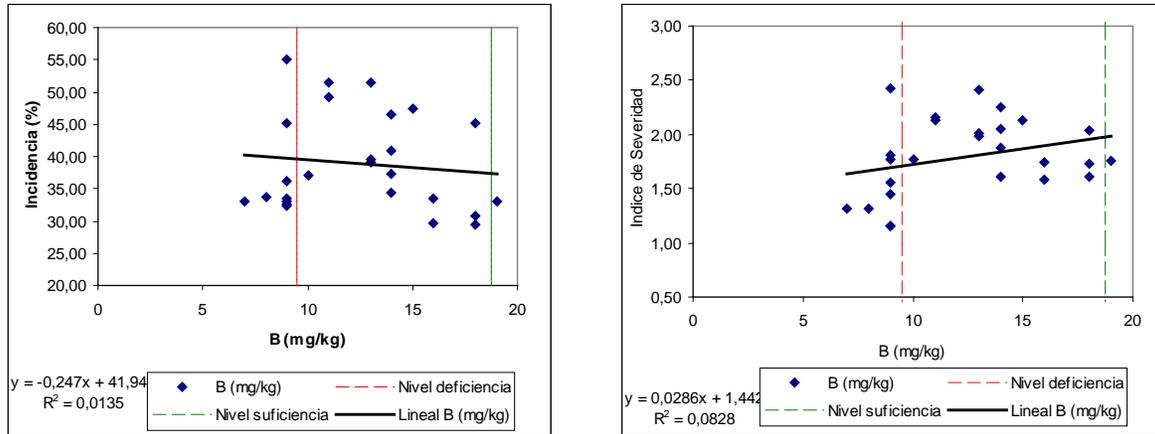
La información anterior deja entrever la posibilidad de observar un aumento de la intensidad de necrosis de las brácteas al incrementarse los niveles foliares de Mn. De acuerdo con Bertsch (1998), los niveles elevados de manganeso a nivel foliar están asociados a problemas de acidez, y se manifiestan con síntomas como clorosis en hojas jóvenes, necrosis y arrugamiento.

### **Boro**

Según los análisis nutricionales realizados en los esquejes, este elemento mostró valores superiores e inferiores al nivel de deficiencia aportado por Salas *et al* (1991) el cual es de 9,5 mg/kg. De acuerdo con Villalobos (2001), los síntomas de deficiencia de B están asociados al suavizamiento de los tejidos, propiciado por la función del B como puente entre los polímeros que forman parte de la pared celular primaria.

Analizando la figura 24, los valores determinados de incidencia en función de los niveles de boro mostraron una correlación pobremente significativa ( $R^2 = 0,0135$ ), observándose una amplia dispersión de los puntos en el diagrama. Sin embargo, a través de un análisis de regresión lineal basado en la selección stepwise (anexo 15), el modelo fue estadísticamente significativo. ( $p = 0,0280$ ) Aún así, la escasa correlación demostrada gráficamente descarta la posibilidad de establecer un modelo lineal válido.

Por otro lado, los valores de severidad en función de los niveles foliares de boro arrojaron un modelo lineal no significativo ( $p = 0,1054$ ; anexo 14) con un coeficiente de correlación poco consistente ( $R^2 = 0,0828$ ).



**Figura 22.** Niveles foliares de boro determinados en los esquejes de *D. deremensis* y su relación con la incidencia y la severidad del síntoma de necrosis de brácteas. Niveles de deficiencia y suficiencia tomados de Salas *et al*, 1991.

El boro demostró un incremento en las concentraciones foliares para los esquejes de menor tamaño, tal como lo muestra el cuadro 30. Según el anexo 25, se determinaron diferencias significativas para el factor tamaño ( $p < 0,0001$ ) con respecto a los valores del elemento. Aún así, este hecho no presenta influencia alguna sobre el comportamiento del síntoma tal como se demostró anteriormente a través de la regresión lineal.

**Cuadro 30.** Niveles de boro determinados según cada tamaño de esqueje.

Tamaño (cm)	B (mg/kg)
15,24	17,33 d
30,48	14 c
45,72	11,33 bc
60,96	8,5 a
91,44	9 ab

Test de Tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

#### **4.4. Variables ambientales**

De acuerdo con Jarvis (1998), para conseguir la prevención de las enfermedades en un invernadero, es necesario poder detectar y medir los parámetros medioambientales que determinan los diversos factores que influyen sobre la patogénesis o desarrollo mismo de la sintomatología.

Durante la elaboración del experimento, se limitó a establecer los valores de dos variables ambientales de mayor importancia: la humedad relativa y la temperatura, según cada punto de muestreo. Debido a la no disponibilidad del equipo de medición durante el primer ensayo, estos parámetros se midieron únicamente para los ensayos II, III y IV.

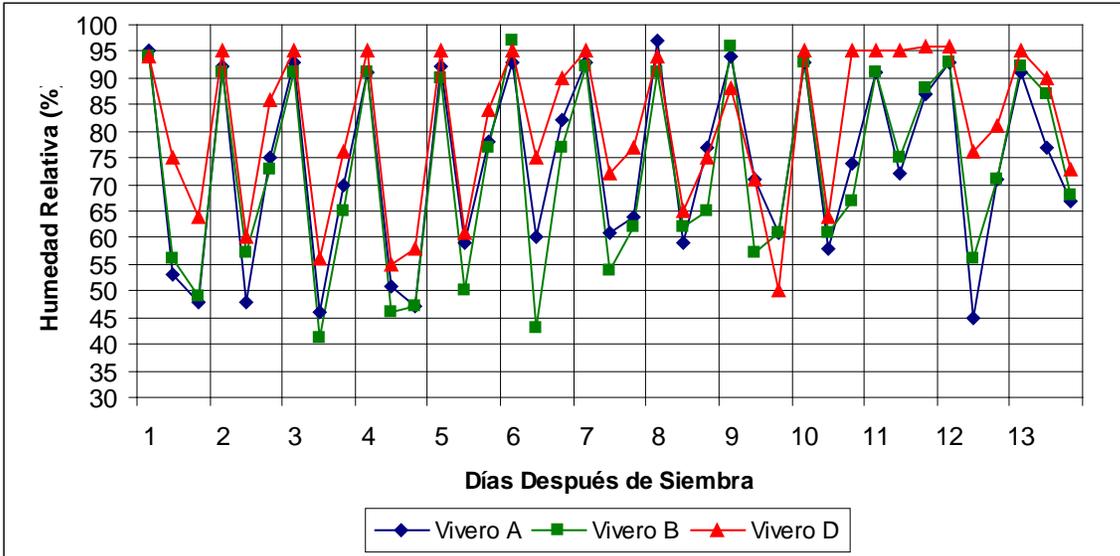
##### **4.4.1. Humedad relativa**

El contenido de vapor de agua en el aire interior del invernadero no es una de las variables climáticas que afecte directamente al crecimiento del cultivo aunque su control tiene un interés especial en la presencia de enfermedades y síntomas.

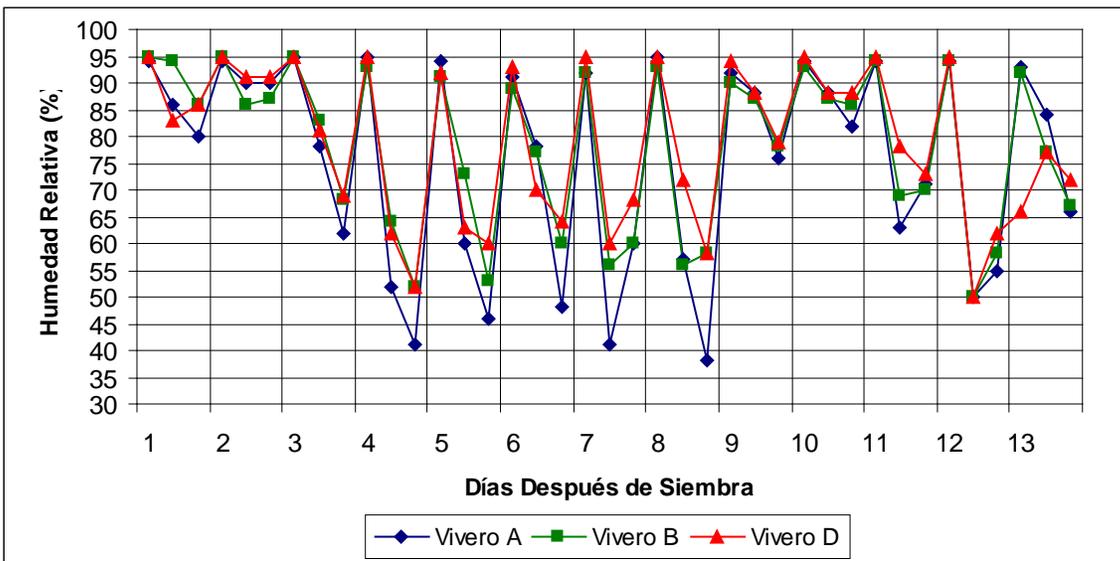
Wills *et al* (1998), indica que los productos ornamentales como flores, estacas o ramaje cortado suelen proveerse de agua durante parte del periodo post producción, procurando mantener húmedo el medio en el que crecen, ya que las demandas de transpiración superan al suministro de agua por la ausencia de un sistema radicular activo. A pesar de ello, cuando las plantas se sitúan en espacios confinados es esencial reducir la humedad relativa para minimizar el riesgo de enfermedades fúngicas y bacterianas y mejorar la transpiración.

Tomando en cuenta estos criterios, lo ideal es mantener un ajuste de la humedad relativa ambiente en un intervalo adecuado, lo cual se logra manteniendo un buen control de la ventilación y por consiguiente, las temperaturas.

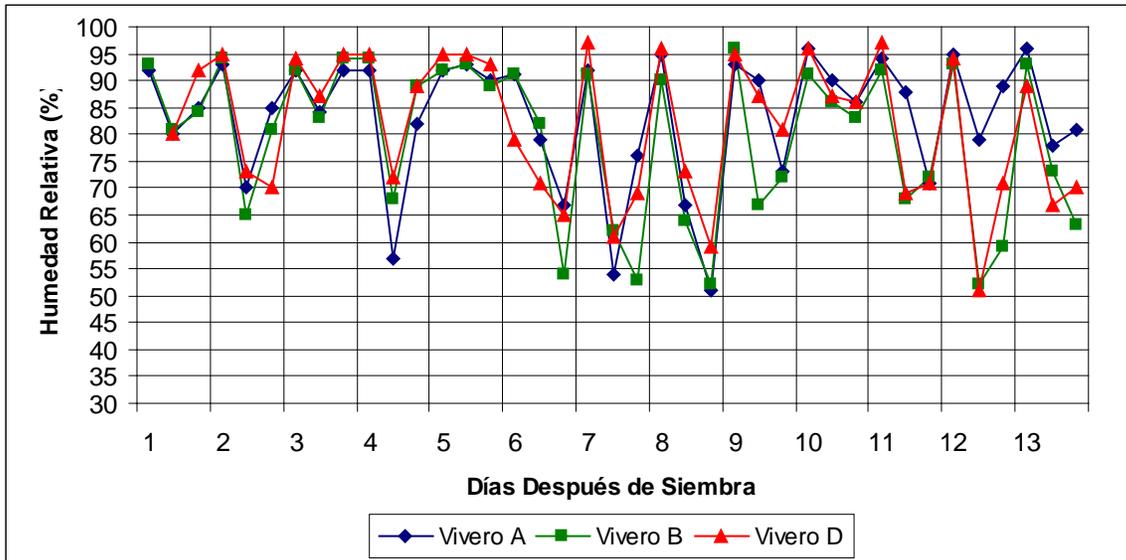
Según los valores de humedad relativa determinados en los ambientes evaluados en los diferentes ensayos, esta variable mostró ser muy fluctuante en cada punto de muestreo (Figuras 25, 26 y 27).



**Figura 23.** Valores de humedad relativa obtenidos durante el ensayo II según cada punto de muestreo (Periodo comprendido entre el 30/03/08 y el 11/04/08).



**Figura 24.** Valores de humedad relativa obtenidos durante el ensayo III según cada punto de muestreo. (Periodo comprendido entre el 21/04/08 y el 03/05/08).



**Figura 25.** Valores de humedad relativa obtenidos durante el ensayo III según cada punto de muestreo. (Periodo comprendido entre el 29/06/08 y el 11/07/09).

Tal como se aprecia en las figuras anteriores, la humedad relativa mostró fluctuaciones más uniformes durante el ensayo II que los demás eventos. Además, estadísticamente se mostraron diferencias importantes entre los valores de humedad relativa según cada invernadero para los ensayos II ( $p < 0,0001$ ; anexo 25) y III ( $p = 0,0073$ ; anexo 26). Aún así, estas diferencias no presentan relación alguna con los valores de incidencia y severidad de necrosis de brácteas, en función de cada invernadero para ambos ensayos, tal como lo demuestran los anexos 4, 5, 6 y 7.

Integralmente, las marcadas variaciones diarias en los valores de humedad relativa según cada invernadero, suponen un control poco efectivo de este parámetro en las estructuras analizadas. De acuerdo con Guzmán *et al* (2005), en los invernaderos con un control climático inefectivo, las oscilaciones higrométricas son grandes, pudiendo alcanzar condiciones de saturación durante la noche (que provocan condensaciones generalizadas de vapor de agua) y valores muy bajos durante el día. Excesos de humedad favorecen el desarrollo de enfermedades mientras que humedades muy bajas y prolongadas pueden conducir a situaciones de estrés en el cultivo. Una buena gestión de la ventilación puede ser suficiente para conseguir una humedad aceptable.

Al mismo tiempo, la alternancia de periodos alternos de deficiencia y exceso de humedad puede provocar desuniformidad en el crecimiento normal de los tejidos foliares, lo cual genera rajaduras superficiales que son fácilmente invadidas por patógenos causantes de pudrición. (Arauz 1998)

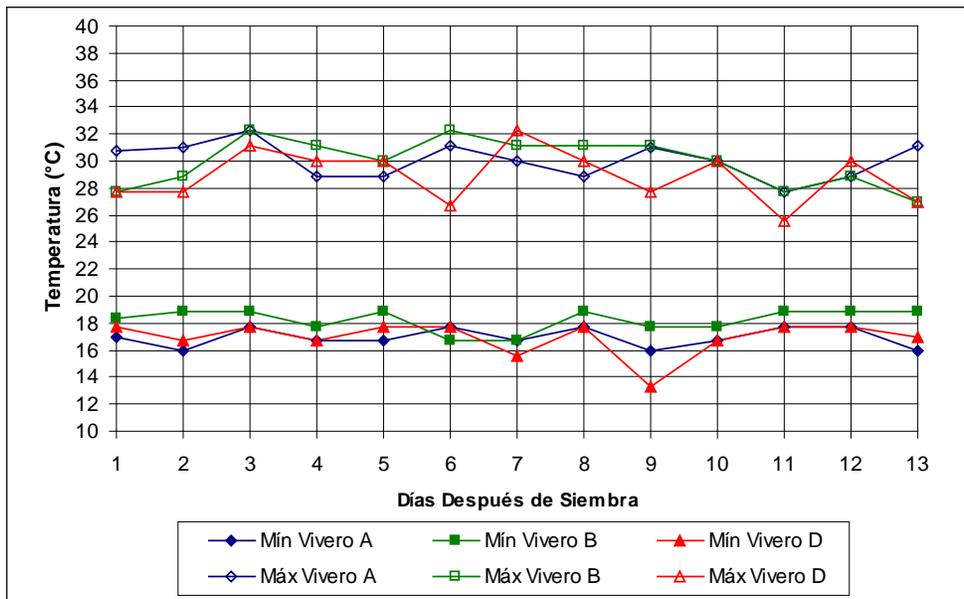
#### **4.4.2. Temperaturas máximas y mínimas**

Jarvis (1998) define a las temperaturas de mayor importancia en la regulación de la actividad de los patógenos y en la defensa de los huéspedes son las del aire y las de las plantas. La temperatura es igualmente importante en la localización del origen del inóculo puesto que afecta a la supervivencia, esporulación y dispersión de las esporas. Además, las temperaturas óptimas para los procesos de crecimiento pueden a menudo coincidir con las óptimas para la actividad de los patógenos.

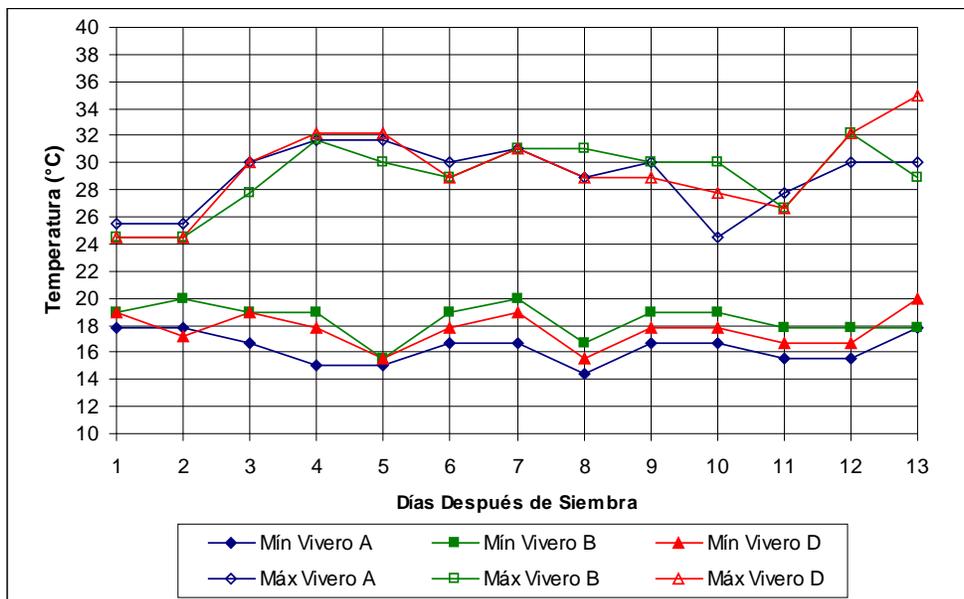
Por otra parte, muchas veces las temperaturas óptimas para una mayor productividad de los cultivos pueden no ser las mejores para el desarrollo del cultivo. Las temperaturas extremas son estresantes pero las subóptimas (aquellas que difieren de un óptimo para el crecimiento del cultivo) producen igualmente estrés lo que predispone a las plantas a las enfermedades y síntomas.

Analizando el comportamiento de las temperaturas para los diferentes ensayos (figuras 28, 29 y 30), es notorio un diferencial de las temperaturas máximas y mínimas muy consistente en los ensayos II y IV, tomando en cuenta la amplitud de la variación entre cada punto de muestreo. Las temperaturas máximas y mínimas determinadas en el ensayo III presentan un comportamiento atípico, mostrando un diferencial menor en los primeros dos días, el cual se incrementa posteriormente conforme transcurren los días.

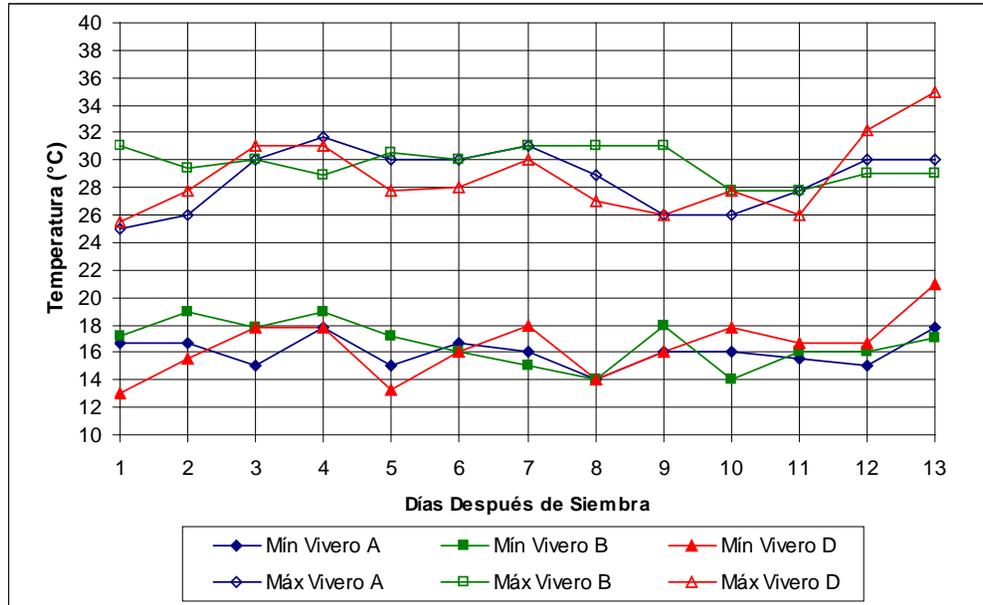
No obstante, no pudieron establecerse diferencias significativas entre las medias de cada una de las temperaturas en función del invernadero lo que supone una apreciable similitud para las temperaturas que se tomaron momentáneamente para cada punto de muestreo.



**Figura 26.** Temperaturas mínimas y máximas registradas según cada punto de muestreo para el ensayo II. (Periodo comprendido entre el 30/03/08 y el 11/04/08).



**Figura 27.** Temperaturas mínimas y máximas registradas según cada punto de muestreo para el ensayo III (Periodo comprendido entre el 21/04/08 y el 03/05/08).



**Figura 28.** Temperaturas mínimas y máximas registradas según cada punto de muestreo para el ensayo IV (Periodo comprendido entre el 29/06/08 y el 11/07/08).

Por otra parte, el diferencial determinado entre las temperaturas máximas y mínimas diarias para cada punto de muestreo parece ser muy amplio, mostrándose diferencias de hasta 13 °C, según lo indica el cuadro 31. Este fenómeno indica que las estructuras no están cumpliendo una función verdaderamente importante en el control uniforme de la temperatura interna. El modo más práctico para estabilizar el diferencial de temperaturas es a través de una adecuada gestión de la ventilación.

**Cuadro 31.** Diferencias determinadas entre las temperaturas mínimas y máximas registradas para cada vivero según cada ensayo.

Ensayo	Vivero	Temperatura mínima promedio (°C)	Temperatura máxima promedio (°C)	Diferencial
II	A	16,97	30,04	13,07
	B	18,25	29,94	11,69
	D	16,95	28,91	11,97
III	A	16,32	28,97	12,65
	B	18,38	29,02	10,64
	D	17,66	29,44	11,79
IV	A	16,01	28,64	12,63
	B	16,62	29,75	13,14
	D	16,20	28,87	12,68

#### 4.5. Análisis patológico del síntoma

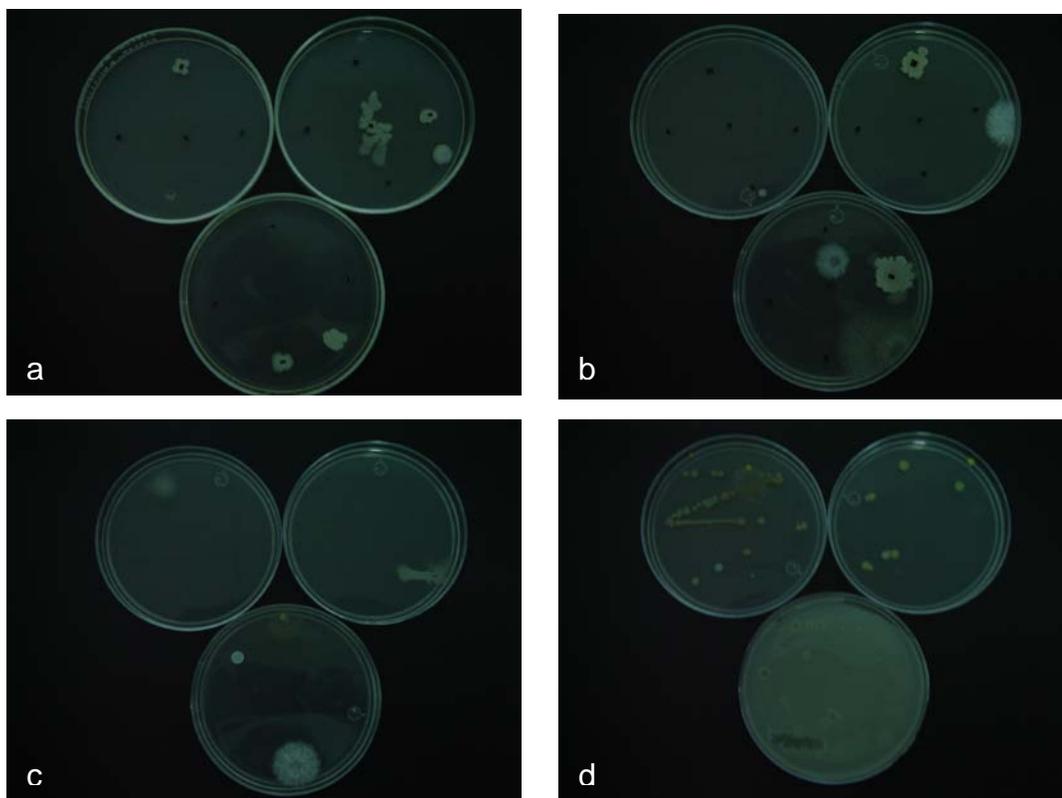
De acuerdo con Rivera (1999), cuando existen lesiones de una enfermedad infecciosa, por lo general se asocian a ella varios entes vivos, de los cuales no todos son patógenos. Para discriminar entre ellos se requiere de un procedimiento relativamente sencillo capaz de probar en forma clara y contundente la patogenicidad atribuible a un organismo viviente. El procedimiento indicado por Rivera, hace referencia a la comprobación patogénica basada en los postulados de Koch (1843-1910). Según estos, cuando aparecen síntomas de una enfermedad, estos deben estar estrechamente relacionados a la presencia del organismo sospechoso en los especímenes evaluados. Además, es necesario poder aislar el organismo, en un medio puro, con el fin de determinar sus características morfológicas, bioquímicas o moleculares.

Seleccionar y aislar secciones de tejido vegetal con presencia del síntoma de necrosis con la intención de determinar si existe desarrollo de colonias de bacterias, es un procedimiento básico el cual se puede tomar como punto de partida para indagar sobre la existencia de un patógeno en específico como agente causal.

**Cuadro 32.** Evaluación de los aislamientos de bacterias en fragmentos de tejido y macerado extraídos de hojas con presencia del síntoma de necrosis en estado inicial.

<b>Material sembrado</b>	<b>Incubación</b>	<b>Observación</b>
Fragmento de tejido	Aeróbica	Crecimiento de colonia de bacteria alrededor del tejido, coloración blanco cremosa intensa
Fragmento de tejido	Anaeróbica	Crecimiento de colonia bacteriana puntualizada, coloración blanco cremosa intensa
Macerado	Aeróbica	No se presentan el desarrollo de colonias de bacterias
Macerado	Anaeróbica	Crecimiento de colonias de bacterias en forma continua, coloración blanco cremosa. Algunas colonias presentan color amarillo.

De este modo, se encontró que los aislamientos de brácteas que presentaban necrosis en estado inicial, mostraron la formación de colonias bacterianas (figura 29). Así, para los fragmentos de tejido foliar, las colonias fueron de coloración blanco cremosa tanto las que se incubaron en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.



**Figura 29.** Desarrollo de colonias bacterianas a partir de fragmentos de tejido y macerado obtenido de muestras de tejido foliar con presencia de necrosis en estado inicial. a) fragmento de tejido con incubación aeróbica, b) fragmento de tejido con incubación anaeróbica, c) macerado de tejido con incubación aeróbica, d) macerado de tejido con incubación anaeróbica.

Como se logra observar en la figura 29, estas colonias bacterianas se desarrollaron de forma puntualizada alrededor del tejido por lo que su crecimiento está considerablemente relacionado a la presencia del tejido depositado sobre la placa. Su tonalidad blanco-cremosa y su apariencia brillante y redondeada son características muy comunes en aislamientos de *Erwinia* sp, principalmente del grupo Carotovora (Carone 2003). No obstante es importante agregar que no todos

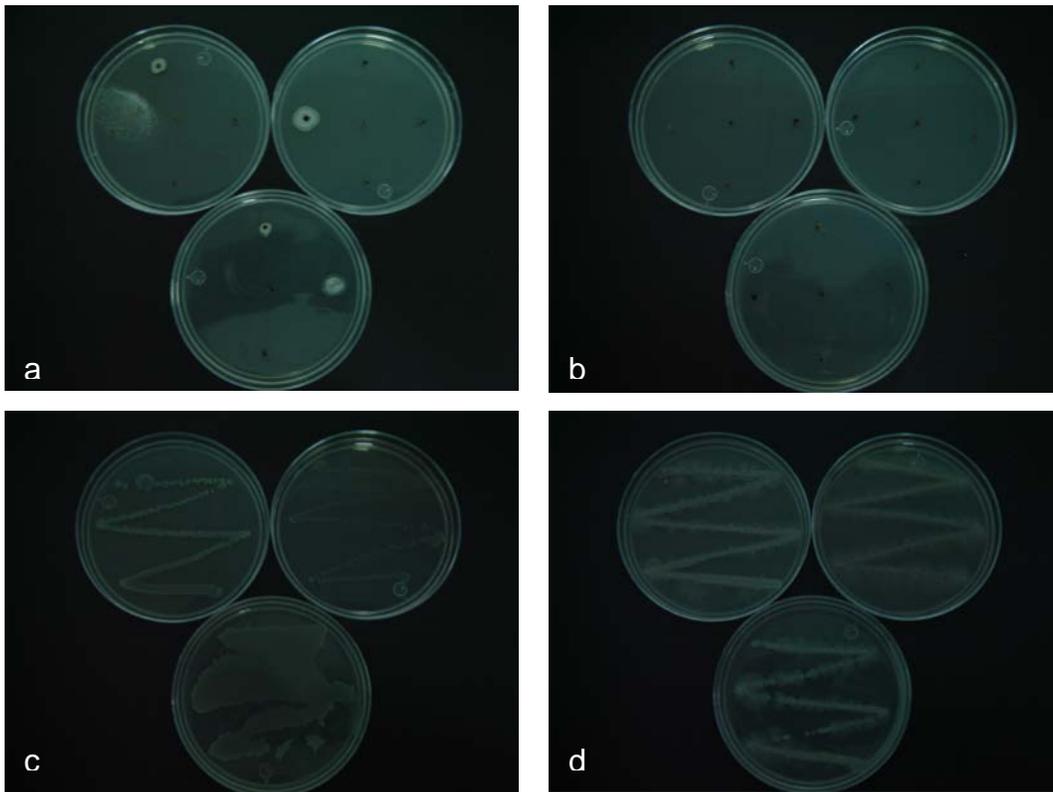
los explantes colocados en cada placa presentaron el desarrollo de colonias bacterianas, lo que hace suponer que la presencia del síntoma tenga poca relación con el crecimiento bacteriano. Por otro lado, cabe la posibilidad de que el agente formador de colonias, se trate de un patógeno secundario, el cual no siempre se desarrolla adecuadamente bajo condiciones aisladas, tomando en cuenta la existencia de porciones de tejido con presencia de síntoma que no generaron actividad bacteriana.

Por su parte, los aislamientos realizados con macerado de tejido con presencia del síntoma en estado inicial, mostraron patrones de crecimiento muy distintos. Para el caso de las muestras aisladas bajo condiciones aeróbicas, estas no presentaron un desarrollo de colonias bacterianas importantes relacionadas ya que no es capaz distinguir el desarrollo en forma de estría dentro de las placas. Por su parte, las muestras de macerado sembradas bajo condiciones anaeróbicas muestran el desarrollo de colonias bacterianas de coloración amarilla que difieren particularmente de las características nombradas por Carone (2003) que identifican a *Erwinia* sp.

**Cuadro 33.** Evaluación de los aislamientos de bacterias en fragmentos de tejido y macerado extraídos de hojas con presencia del síntoma de necrosis en estado intermedio.

<b>Material sembrado</b>	<b>Incubación</b>	<b>Observación</b>
Fragmento de tejido	Aeróbico	Crecimiento de colonia bacteriana muy puntualizada (alrededor del trozo de tejido), Coloración blanco cremosa intensa, bordes redondeados
Fragmento de tejido	Anaeróbico	No se presenta desarrollo bacteriano
Macerado	Aeróbico	Crecimiento continuo de colonias de bacteria. Coloración blanco grisácea muy tenue.
Macerado	Anaeróbico	Crecimiento de colonias de bacteria en forma continua. Coloración blanco grisácea.

Al observar los aislamientos realizados a porciones de tejido foliar con presencia de síntoma de necrosis en estado intermedio, es posible evidenciar la existencia de colonias bacterianas desarrollándose en forma puntualizada alrededor de los explantes, cuya coloración predominante siguió siendo el blanco cremoso, de apariencia brillante e intensa. Sin embargo, no hubo desarrollo bacteriano en todos los trocitos de bráctea. Tampoco hubo desarrollo bacteriano en las placas que se colocaron bajo condiciones anaeróbicas. Por su parte, las placas a las que les agregó macerado de tejido foliar, presentaron crecimiento bacteriano intenso cubriendo ampliamente toda la proporción de la asa en forma de estría depositada sobre la placa.



**Figura 30.** Desarrollo de colonias bacterianas a partir de fragmentos de tejido y macerado obtenido de muestras de tejido foliar con presencia de necrosis en estado intermedio. a) fragmento de tejido con incubación aeróbica, b) fragmento de tejido con incubación anaeróbica, c) macerado de tejido con incubación aeróbica, d) macerado de tejido con incubación anaeróbica.

Las colonias bacterianas presentaron predominantemente una tonalidad blanco-grisácea y fueron de forma redondeada, presentaron crecimiento a 28°C y no reaccionaron a la tinción de gram. Con base en las pruebas fisiológicas descritas por Carone (2003) los patrones anteriores son rasgos muy distintivos de la presencia de *Erwinia* sp. pv. *carotovora*.

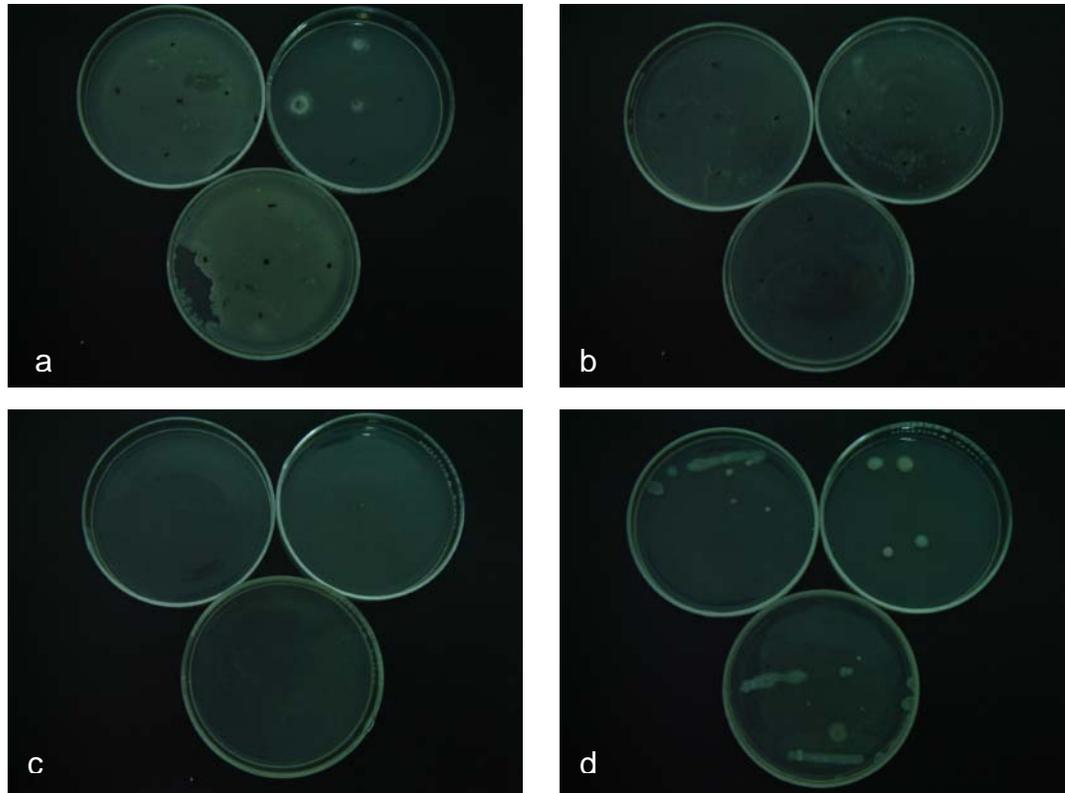
Con respecto a los aislamientos realizados con porciones de tejido de tallo proveniente de esquejes enfermos, se observa la ausencia de actividad bacteriana, tanto en los aislamientos bajo condiciones aeróbicas como anaeróbicas. Por otra parte, los aislamientos realizados con dilución de tallo macerado, se observa actividad bacteriana únicamente en las placas que se cultivaron en anaerobiosis. Las colonias bacterianas presentaron condiciones similares a los anteriores casos tales como coloración blanco – grisácea y forma redondeada, siendo *Erwinia* sp, el aspirante más ajustado de acuerdo con las características indicadas según las pruebas fisiológicas propuestas por Carone (2003).

**Cuadro 34.** Evaluación de los aislamientos de bacterias en fragmentos de tejido y macerado de tallo extraídos de esquejes con presencia de síntoma de necrosis.

<b>Material sembrado</b>	<b>Incubación</b>	<b>Observación</b>
Fragmento de tejido	aeróbico	No se presentan el desarrollo de colonias de bacterias
Fragmento de tejido	anaeróbico	No se presentan el desarrollo de colonias de bacterias
Macerado	aeróbico	No se presentan el desarrollo de colonias de bacterias
Macerado	anaeróbico	Crecimiento de colonias de bacteria en forma continua (estriada). Coloración blanco grisácea.

Rivera (1999) indica que algunos agentes causales de enfermedades tales como hongos y bacterias causantes de pudriciones suaves y manchas foliares, se constituyen como organismos necrotróficos, es decir primero matan las células para luego nutrirse de las mismas.

Aún así, para llevarse a cabo este proceso, es necesaria la existencia de un ambiente favorable para el establecimiento del patógeno en la planta hospedera.



**Figura 31.** Desarrollo de colonias bacterianas a partir de fragmentos de tejido y macerado obtenidos de muestras de tallo con presencia de necrosis. a) fragmento de tejido con incubación aeróbica, b) fragmento de tejido con incubación anaeróbica, c) macerado de tejido con incubación aeróbica, d) macerado de tejido con incubación anaeróbica.

Bajo estas suposiciones, los sistemas de siembra empleados en los viveros de enraizamiento generan condiciones óptimas para el desarrollo de patógenos de origen bacteriano. Por ejemplo, las altas densidades de siembra propiciadas por el uso de sistemas de siembra de doble piso en las camas de enraíce, sumadas a las condiciones de alta humedad relativa y temperatura elevadas son elementos que suponen un ambiente favorable para la germinación de esporas y el desarrollo de patógenos.

Por otra parte, para que se dé una infección de tipo bacteriano, es necesaria la existencia de una película de agua sobre las hojas, que facilite la movilidad y

establecimiento de las bacterias (*Erwinia* sp presenta la capacidad de motilidad a través de flagelos peritricos). Para mantener los niveles de humedad relativa a niveles altos que promuevan el rápido enraizamiento y desarrollo de los esquejes es necesario el uso del riego por nebulización. Además se debe considerar, que la necrosis se produce particularmente en las áreas de la planta que arquitectónicamente poseen mayor capacidad de retención de agua de riego como es el caso de las hojas inferiores y brácteas en los tips, lo que genera condiciones idóneas en donde las posibilidades de infecciones bacterianas se incrementan notablemente.

Por otro lado, Rivera (1999) argumenta que algunas bacterias tales como *Erwinia* sp en su mayoría son saprófitas facultativas, se multiplican principalmente en su hospedero, pero tienen la habilidad de mantenerse como saprófitas en residuos de la planta o suelo, bajo condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas. El hecho de que el patógeno tenga la habilidad de permanecer en estado latente en el suelo, sobre las camas de enraíce y en residuos orgánicos, aumenta la presión de inóculo lo que potencializa el proceso de infección, independiente de su condición como patógeno secundario u oportunista.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores y la observación visual del síntoma en campo, es posible considerar el hecho de que *Erwinia* sp. se postula como un posible agente causal de la quema de brácteas al presentarse como un patógeno secundario, cuya infección se deba principalmente al aprovechamiento del patógeno de las condiciones ambientales idóneas de alta humedad ambiental y mojadura foliar, de la arquitectura de las plantas en enraizamiento, de las elevadas densidades de siembra establecida en los viveros de enraizamiento y de la presencia de estrés fisiológico generado por las prácticas de manejo de la biomasa, tales como la deshoja de la caña y los cortes realizados a momento de cosecha. No obstante, es importante descartar a través de ensayos patológicos más estrictos, el desarrollo de signos de otros agentes fúngicos tales como *Phytophthora*, *Fusarium* o *Sclerotium* en el material con la presencia del síntoma.

## 5. CONCLUSIONES

En base a las condiciones generadas durante las distintas fases del estudio, se concluye lo siguiente:

1. La escala diagramática de severidad propuesta para evaluar el síntoma de necrosis de las brácteas permitió determinar de forma efectiva los niveles de intensidad del síntoma para cada ensayo.
2. El comportamiento de la incidencia del síntoma de necrosis de las brácteas mostró diferencias significativas de acuerdo a los diferentes tamaños de esqueje, aunque no se pudo determinar una tendencia específica en su variación.
3. La aplicación de ácido cítrico no generó efecto control alguno sobre disminución de la intensidad del síntoma de necrosis e inclusive pudo acentuar aún más el estado necrótico del síntoma evaluado.
4. El comportamiento de la severidad del síntoma de necrosis de las brácteas mostró diferencias significativas de acuerdo a los diferentes tamaños de esqueje, aunque no se pudo determinar una tendencia específica en su variación.
5. Se determinó una correlación importante entre los valores de incidencia y severidad del síntoma de necrosis evaluado, lo que permite la estimación efectiva de la intensidad del síntoma empleando únicamente la incidencia.
6. No se logró determinar una correlación significativa entre los niveles determinados de los macroelementos a nivel foliar y el aumento en la intensidad del síntoma.
7. Los niveles foliares de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, zinc y boro mostraron ser superiores en los esquejes de tamaños inferiores y consecuentemente más jóvenes.

8. No se logró determinar una correlación significativa entre los niveles determinados de los microelementos a nivel foliar y el aumento en la intensidad del síntoma.
9. Se encontraron deficiencias nutricionales referentes a los elementos fósforo, potasio, magnesio y boro, aunque este hecho no mostró relación alguna con el aumento en la intensidad del síntoma.
10. Se determinaron variaciones muy marcadas en los niveles de humedad relativa presentes dentro de cada invernadero lo que indica un control poco efecto de esta variable.
11. Las variaciones de las temperaturas fueron muy uniformes para cada ambiente aunque mostraron un diferencial amplio muy amplio entre los valores mínimos y máximos, lo que indica un control poco efectivo de este parámetro.
12. A través de los aislamientos de tejido foliar afectado realizados, se determinó la presencia de signos patológicos muy similares a los causados por *Erwinia*, siendo este, el patógeno que más se postula como posible agente causal de la necrosis de las brácteas, entre otros.

## 6. RECOMENDACIONES

- Para la evaluación efectiva de la severidad de un síntoma a través del uso de la escala propuesta, es indispensable que el evaluador conozca el comportamiento del síntoma y pase por un entrenamiento previo, garantizando la objetividad en el proceso de evaluación.
- Sobre la efectividad del ácido cítrico como agente antioxidante, es útil realizar pruebas de campo que permitan determinar las dosis adecuadas que generen resultados significativos en la mitigación de efectos fisiológicos indeseados.
- Se debe analizar si la relación incidencia – severidad del síntoma evaluado permanece constante durante todo el corto periodo de desarrollo de la sintomatología. Este elemento sirve como parámetro para validar la funcionalidad de la escala diagramática propuesta.
- Aunque no se determinó relación alguna entre los niveles foliares de los nutrimentos y la intensidad del síntoma, es necesario reestructurar un plan de fertilización mediante el cual se refuercen las aplicaciones de fósforo, potasio, magnesio y boro, los cuales demostraron estar en niveles deficientes.
- Un manejo adecuado de la ventilación a través de modificaciones estructurales de los viveros, además del correcto uso del riego por nebulización en los momentos y cantidades oportunas, se confabulan como las mejores alternativas para la reducción de los niveles altos de humedad relativa y la disminución del diferencial de temperaturas, buscando mantener niveles bajos de infección.
- Otras alternativas como el uso de bactericidas, aceites protectores o la disminución de las densidades de siembra se consideran como posibles alternativas para el control del síntoma, buscando un efecto sinérgico con la mejora en la ventilación.

- Algunas modificaciones en las labores culturales como el manejo efectivo del riego buscando reducir los periodos de mojadura foliar, sumado a la manipulación adecuada del material evitando golpes y magulladuras del tejido minimizarían el riesgo de incrementos en los patrones de intensidad del síntoma de necrosis.
- Se debe insistir en la desinfección de las camas de enraizamiento y la eliminación de los residuos orgánicos de tal modo que se reduzcan los medios mediante los cuales las bacterias se mantienen en estado latente dentro del sistema.
- Es importante realizar ensayos patológicos más estrictos, enfocados en la determinación de signos patogénicos de hongos tales como *Phytophthora*, *Fusarium* o *Sclerotium*, en el material vegetal con la presencia del síntoma.

## 7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

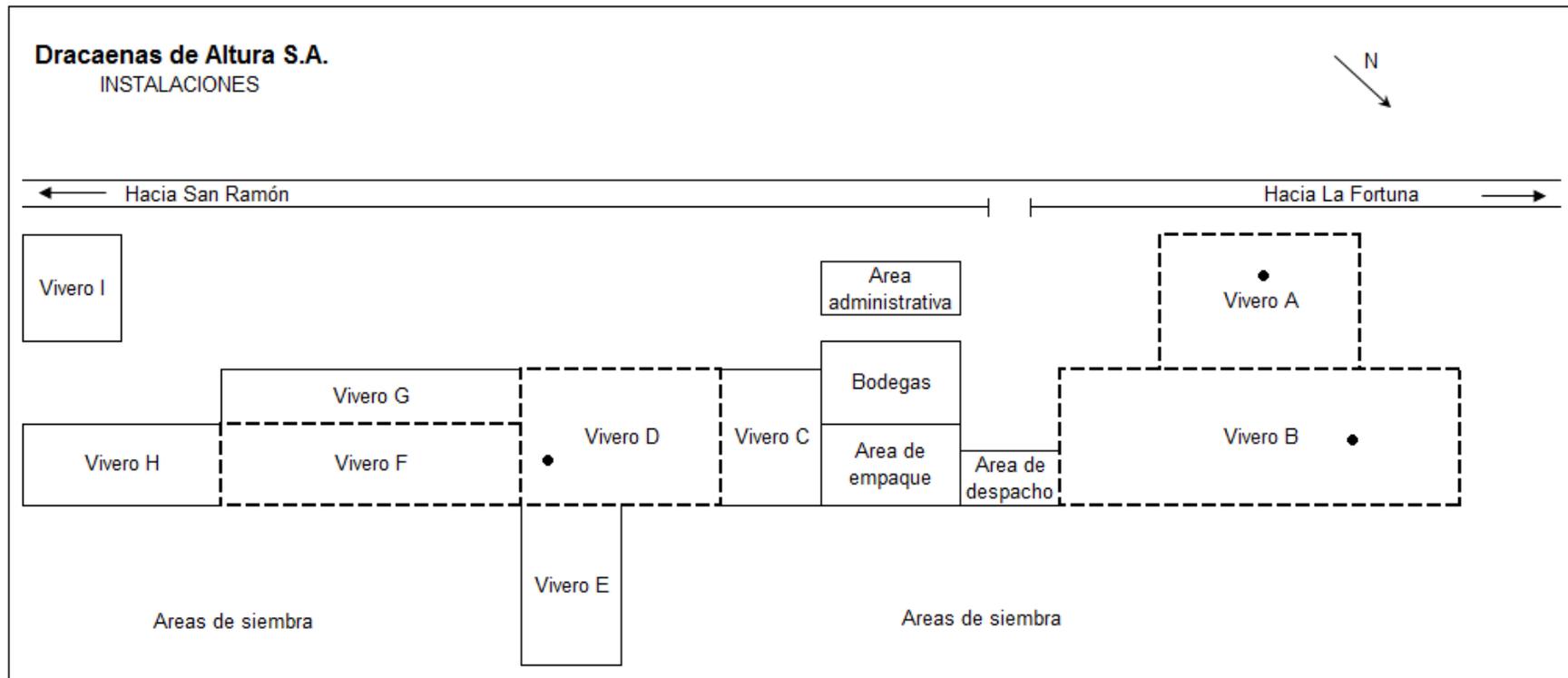
1. Acuña, B; Jiménez, A; Franco, J; Murillo, G; Ramírez, J; Gamboa, J; Fernández, A. 1992. Técnicas para la Producción de *Dracaena Marginata* en Costa Rica. EUNED. San José, Costa Rica. 88 p.
2. Arauz, L. 1998. Fitopatología: un enfoque agroecológico. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 467 p.
3. Berstch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José, CR. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 157 p.
4. Berstch, F. 2003. Absorción de los Nutrientes por los Cultivos. San José, Costa Rica. ACCS. p 228 - 229.
5. Blanco, M; Valverde, R; Gómez, L. 2004. Micropropagación de *Dracaena deremensis*. Agronomía Costarricense 28 (1): 7 – 15.
6. Carone, M. Bacterias Fitopatógenas. 2003. INISAV (Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal). La Habana, Cuba. 81 – 91 p.
7. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2005a. Noticias: Industria de ornamentales busca mejorar su mercado con Estados Unidos (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado 25 marzo 2007. Disponible en: [http://www.catie.ac.cr/BancoConocimiento/N/noticia\\_sede\\_industria\\_de\\_ornamentales/noticia\\_sede\\_industria\\_de\\_ornamentales.asp?CodIdioma=ESP](http://www.catie.ac.cr/BancoConocimiento/N/noticia_sede_industria_de_ornamentales/noticia_sede_industria_de_ornamentales.asp?CodIdioma=ESP)
8. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2005b. Ornamentales para el mercado de exportación estadounidense. (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado 25 marzo 2007. Disponible en: [http://www.catie.ac.cr/BancoConocimiento/N/noticias\\_sede\\_ornamentales\\_para\\_el\\_mercado/noticias\\_sede\\_ornamentales\\_para\\_el\\_mercado.asp?CodIdioma=ESP](http://www.catie.ac.cr/BancoConocimiento/N/noticias_sede_ornamentales_para_el_mercado/noticias_sede_ornamentales_para_el_mercado.asp?CodIdioma=ESP)
9. COMEX (Ministerio de Comercio Exterior, CR). 2007. Acuerdo de Asociación entre Centroamérica y la Unión Europea: Estudio Sectorial sobre Plantas ornamentales (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 15 junio 2008. Disponible en: [http://www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/documentos/07%20%20Plantas%20ornamentales%20UE\\_%20VERSIÓN%20FINAL.pdf](http://www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/documentos/07%20%20Plantas%20ornamentales%20UE_%20VERSIÓN%20FINAL.pdf)
10. Corrales. B. 2001. Manejo Agronómico de las Variedades *Dracaena deremensis* y *Dracaena marginata* en los Invernaderos y Áreas de Empaque de Agropecuaria Peyra S. A. Informe de practica de especialidad. San Carlos, CR. ITCR. 38 p

11. Durán, A; Mora, D; Ramírez, L. 1998. Enfermedades y otros problemas de las plantas: reconocimiento de campo. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, C. R. 256 p.
12. Echenique, V; Rubinstein, C; Mroginski, L. 2004. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 424 p.
13. Flores, E. 1999. La Planta: estructura y función. Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica. 884 p.
14. French, E; Hebert, T. 1982. Métodos de Investigación Fitopatológica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 289 p.
15. Gamboa, J. 1988. *Dracaena deremensis*: técnicas para la producción de las variedades Janet Craig corriente, Janet Craig compacta, Warneckii. UCR. San José, Costa Rica. 29 p.
16. Guzmán, P; Gómez, G; Rivillas, O; Oliveros, T. 2003. Utilización del procesamiento de imágenes para determinar la severidad de la Mancha del Hierro del Cafeto, en hojas de Café. Cenicafé. 54 (3): 258 – 265.
17. Guzmán, J; Rodríguez, F; Berenguel, M; Dormido, S. 2005. Laboratorio virtual para la enseñanza de control climático de invernaderos. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. 2 (2): 82 - 92
18. Hernández, L ét al. 2005. Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (Musa AAB cv Hartón) (En línea). Revista de la facultad de Agronomía. Universidad de Zulia, Venezuela. Consultado 14 abril 2009. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182005000400002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182005000400002&script=sci_arttext)
19. Jarvis, W. 1998. Control de enfermedades en cultivos de invernadero. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. p 36 – 111.
20. López, D; Carazo; N. 2005. La producción de esquejes. (en línea). Plataforma Horticom. Consultado 10 abril 2009. Disponible en: [www.horticom.com/revistasonline/extra05/D\\_lopez\\_N\\_Carazo.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/extra05/D_lopez_N_Carazo.pdf)
21. Mendoza, R; Monterroso, D; Gutiérrez, Y. 1995. Estudio de la relación incidencia - severidad de las principales enfermedades del café. Manejo Integrado de Plagas 36 (1): 12 – 17.
22. Navarro, J; Arauz, L. 1999. Exactitud y repetibilidad de dos métodos para la evaluación de la severidad de enfermedades fungosas en el fruto de la papaya. Agronomía Costarricense 23 (1): 89 – 96.

23. Rivera, G. 1999. Conceptos Introductorios a la Fitopatología. EUNED. San José, Costa Rica. 336 p.
24. Sanchez-Cuevas, M; Salaveria, L. 2004. Control de la oxidación y la contaminación en el cultivo in vitro de fresa (*Fragaria x annanasa* Dutch). UDO Agrícola. 4(1): 21 - 26.
25. Salas, R; Soto, H; Molina, E. 1991. Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en *Dracaena deremensis* 'Warneckii' mediante la técnica de cultivo en solución nutritiva. Agronomía Costarricense 15(1/2): 129 – 134.
26. Salisbury, F; Ross, C. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México D.F. 759 p.
27. SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, CR). 2005. Boletín Estadístico Agropecuario N° 16 (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 15 junio 2008. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/boletin16/boletin16.pdf>
28. Smith, I; Dunez, J; Phillips, D. 1992. Manual de Enfermedades de las Plantas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 370 p.
29. Velázquez, M; Gonzáles, A; Mata, F; León de Sierralta, S; Esparza, D; Ramírez, M. 2004. Tipo de sombreado y tiempo de crecimiento de brotes laterales sobre la viabilidad de explantes de *Annona muricata* L. (En línea). Revista de la facultad de Agronomía. Universidad de Zulia, Venezuela. Consultado 14 abril 2009. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182005000400002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182005000400002&script=sci_arttext)
30. Villalobos, A. 2007. Evaluación del Efecto del Fertilización y Caracterización de Vegetación asociada al Cultivo de *Dracaena Marginata*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 126 p
31. Villalobos, R. 2001. Fisiología de la Producción de los Cultivos Tropicales. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 228 p.
32. Walker, J. 1965. Patología Vegetal. 2ª ed. Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. 818 p.
33. Watson, L; Dallwitz, MJ. 2007. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval (en línea). Consultado: 8 septiembre 2007. Disponible en: <http://www.delta-intkey.com>
34. Wills, R; Mc Glasson, B; Graham, D; Joyce, D. 1998. Introducción a la Fisiología y Manipulación Poscosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. 2nda Ed. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. p 24 – 85.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación de los invernaderos de enraizamiento de la empresa Dracaenas de Altura S.A.



----- Viveros seleccionados para el estudio

● Puntos de monitoreo de variables climáticas

**Anexo 2.** Formulario de campo utilizado para evaluar el síntoma de necrosis de brácteas con base en la escala propuesta.

Tratamiento: \_\_\_\_\_  
 Bloque: \_\_\_\_\_

Fecha siembra: \_\_\_\_\_  
 Fecha de evaluación: \_\_\_\_\_

**Grados de severidad del síntoma según la escala**

# Esqueje	Tip	Bráctea														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															

Sistema de evaluación	
Grado	Rango de daño
0	0%
1	0,1% a 25%
2	25,1% a 40%
3	40,1% a 60%
4	60,1% a 75%
5	75,1% a 99,9%
6	100%

**Anexo 3.** Pruebas de análisis de varianza y contrastes efectuadas para la variable Incidencia correspondiente al ensayo I. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1	Incidencia	40	0,89	0,84	9,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1967,96	12	164	17,58	<0,0001
Invernadero (Bloque)	112,59	3	37,53	4,02	0,0173
Antioxidante	6,05	1	6,05	0,65	0,4276
Tamaño	1824,25	4	456,06	48,88	<0,0001
Antioxidante*Tamaño	25,06	4	6,27	0,67	0,6175
Error	251,93	27	9,33		
Total	2219,89	39			

Contrastes para la variable Tamaño

Tamaño	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	1587,58	1	1587,58	170,15	<0,0001
Cuadrático	15,14	1	15,14	1,62	0,2136
Cúbico	56,1	1	56,1	6,01	0,0210
Cuártico	165,43	1	165,43	17,73	0,003
Total	1824,25	4	456,06	48,88	<0,0001

**Anexo 4.** Pruebas de análisis de varianza y contrastes efectuadas para la variable Incidencia correspondiente al ensayo II. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2	Incidencia	40	0,52	0,31	7,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	12	0,01	2,46	0,0252
Invernadero (Bloque)	0,03	3	0,01	5,25	0,1055
Antioxidante	7,30E-04	1	7,30E-04	0,35	0,5581
Tamaño	0,03	4	0,01	3,21	0,028
Antioxidante*Tamaño	1,30E-03	4	3,20E-04	0,16	0,859
Error	0,06	27	2,10E-03		
Total	0,12	39			

Contrastes para la variable Tamaño

Tamaño	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	1,00E-03	1	1,00E-03	0,5	0,486
Cuadrático	0,02	1	0,02	8,24	0,0079
Cúbico	0,01	1	0,01	4,08	0,0533
Cuártica	3,20E-05	1	3,20E-05	0,02	0,9014
Total	0,03	4	0,01	3,21	0,028

**Anexo 5.** Pruebas de análisis de varianza y contrastes efectuadas para la variable Severidad correspondiente al ensayo II. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2	Severidad	40	0,76	0,65	13,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,11	12	0,34	7,13	<0,0001
Invernadero (Bloque)	0,55	3	0,18	3,81	0,1212
Antioxidante	0,03	1	0,03	0,66	0,422
Tamaño	3,48	4	0,87	18,1	<0,0001
Antioxidante*Tamaño	0,05	4	0,01	0,25	0,8070
Error	1,3	27	0,05		
Total	5,4	39			

Contrastes para la variable Tamaño

Tamaño	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	2,3	1	2,3	47,93	<0,0001
Cuadrático	0,75	1	0,75	15,56	0,0005
Cúbico	0,41	1	0,41	8,58	0,0068
Cuartica	0,02	1	0,02	0,34	0,5652
Total	3,48	4	0,87	18,1	<0,0001

**Anexo 6.** Pruebas de análisis de varianza y contrastes efectuadas para la variable Incidencia correspondiente al ensayo III. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3	Incidencia	32	0,51	0,28	14,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	561,77	10	56,18	2,2	0,061
Invernadero (Bloque)	84,48	3	28,16	1,11	0,3692
Antioxidante	31,52	1	31,52	1,24	0,2786
Tamaño	397,58	3	132,53	5,2	0,0076
Antioxidante*Tamaño	48,19	3	16,06	0,63	0,6035
Error	535,09	21	25,48		
Total	1096,87	31			

Contrastes para la variable Tamaño

Tamaño	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	76,34	1	76,34	3	0,0981
Cuadrático	114,08	1	114,08	4,48	0,0465
Cúbico	207,16	1	207,16	8,13	0,0096
Total	397,58	3	132,53	5,2	0,0076

**Anexo 7.** Pruebas de análisis de varianza y contrastes efectuadas para la variable Severidad correspondiente al ensayo III. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3	Severidad	32	0,52	0,29	19,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,38	10	0,24	2,24	0,0572
Invernadero (Bloque)	0,35	3	0,12	1,1	0,3712
Antioxidante	0,05	1	0,05	0,47	0,4983
Tamaño	1,83	3	0,61	5,74	0,005
Antioxidante*Tamaño	0,15	3	0,05	0,48	0,7007
Error	2,23	21	0,11		
Total	4,61	31			

Contrastes para la variable Tamaño

Tamaño	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	0,15	1	0,15	1,4	0,2505
Cuadrático	0,65	1	0,65	6,15	0,0217
Cúbico	1,03	1	1,03	9,66	0,0053
Total	1,83	3	0,61	5,74	0,005

**Anexo 8.** Prueba de análisis de varianza efectuada para la variable Incidencia correspondiente al ensayo IV. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4	Incidencia (%)	48	0,37	0,15	11,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	668,99	12	55,75	1,72	0,1056
Invernadero (bloque)	152,82	3	50,94	1,57	0,2147
Antioxidante	194,29	1	194,29	5,98	0,0197
Tamaño	150,39	3	50,13	1,54	0,2208
Combinación	74,94	2	37,47	1,15	0,3274
Antioxidante*Tamaño	96,55	3	32,18	0,99	0,4087
Error	1137,54	35	32,5		
Total	1806,53	47			

**Anexo 9.** Prueba de análisis de varianza efectuada para la variable Severidad correspondiente al ensayo IV. (Infostat 1.1)

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4	Ind. Severidad	48	0,43	0,24	13,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,33	12	0,19	2,24	0,0314
Invernadero (bloque)	0,95	3	0,32	3,68	0,0210
Antioxidante	0,46	1	0,46	5,35	0,0268
Tamaño	0,13	3	0,04	0,49	0,6914
Combinación	0,22	2	0,11	1,26	0,2962
Antioxidante*Tamaño	0,56	3	0,19	2,17	0,1087
Error	3,03	35	0,09		
Total	5,35	47			

**Anexo 10.** Resultados de análisis foliar nutricional realizados durante el ensayo II

Tamaño (cm)	Identificación de la muestra	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
15,24	Inicial	4,70	0,18	1,18	0,37	2,98	0,49	195	43	66	227	18
30,48	Inicial	3,54	0,15	1,37	0,29	3,20	0,47	131	44	42	70	14
45,72	Inicial	3,66	0,14	1,10	0,33	1,55	0,42	201	34	50	115	10
60,96	Inicial	3,19	0,13	1,00	0,29	1,60	0,41	109	74	42	145	8
91,44	Inicial	2,77	0,12	0,75	0,28	2,03	0,31	128	17	33	62	7
15,24	Final C	4,32	0,18	0,77	0,31	3,48	0,44	123	37	64	190	19
30,48	Final C	3,78	0,16	0,63	0,24	4,06	0,37	99	44	49	113	13
45,72	Final C	3,28	0,13	1,22	0,32	1,22	0,42	231	29	43	85	9
60,96	Final C	2,90	0,11	0,95	0,28	1,65	0,41	123	57	41	128	8
91,44	Final C	3,01	0,19	0,52	0,22	4,51	0,42	156	20	35	68	9
15,24	Final S	4,22	0,17	0,72	0,29	4,52	0,39	139	46	52	186	18
30,48	Final S	3,70	0,15	0,88	0,27	3,28	0,37	96	39	47	112	14
45,72	Final S	3,63	0,15	1,05	0,30	1,51	0,44	158	33	57	197	10
60,96	Final S	3,01	0,13	1,10	0,27	1,66	0,42	74	68	37	118	7
91,44	Final S	3,64	0,15	0,94	0,28	1,73	0,43	117	18	32	65	9

**Anexo 11.** Resultados de análisis foliar nutricional realizados durante el ensayo III

Tamaño (cm)	Identificación de la muestra	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
15,24	Inicial	3,88	0,17	0,57	0,34	4,33	0,44	339	24	56	125	17
30,48	Inicial	3,46	0,18	0,61	0,33	3,82	0,50	158	23	51	124	13
45,72	Inicial	2,92	0,10	0,66	0,27	2,31	0,37	89	15	34	62	9
60,96	Inicial	3,02	0,13	0,80	0,34	2,62	0,41	623	19	48	134	10
15,24	Final C	3,60	0,18	0,90	0,37	3,55	0,59	163	22	67	127	16
30,48	Final C	3,48	0,18	0,72	0,33	3,87	0,47	134	22	59	161	14
45,72	Final C	3,47	0,15	0,87	0,35	3,31	0,51	153	23	55	133	13
60,96	Final C	2,88	0,12	0,69	0,31	2,73	0,38	171	18	44	95	9
15,24	Final S	4,31	0,18	1,10	0,43	2,91	0,56	139	35	66	143	18
30,48	Final S	3,01	0,16	1,06	0,23	2,36	0,34	135	24	34	159	16
45,72	Final S	3,25	0,12	0,98	0,46	2,76	0,42	198	42	66	150	14
60,96	Final S	3,32	0,15	0,75	0,33	2,68	0,40	398	19	46	116	9

**Anexo 12.** Resultados de análisis foliar nutricional realizados durante el ensayo IV

Tamaño (cm)	Identificación de la muestra	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
15,24	Inicial	4,54	0,20	1,05	0,32	2,82	0,48	185	33	52	228	14
30,48	Inicial	3,53	0,17	0,95	0,27	3,47	0,47	220	29	45	169	12
45,72	Inicial	3,35	0,17	0,69	0,25	2,94	0,40	96	27	39	180	11
60,96	Inicial	2,88	0,17	0,38	0,18	2,69	0,30	103	59	38	161	8
15,24	Final C	4,31	0,17	0,72	0,29	3,74	0,44	122	94	62	298	15
30,48	Final C	3,80	0,17	0,96	0,29	3,15	0,43	136	28	53	158	13
45,72	Final C	3,43	0,18	0,76	0,24	2,70	0,41	97	38	51	190	11
60,96	Final C	3,02	0,15	0,35	0,19	2,64	0,29	115	50	40	160	9
15,24	Final S	4,33	0,20	1,07	0,40	3,86	0,48	144	135	70	353	18
30,48	Final S	3,71	0,18	1,04	0,30	2,92	0,43	155	30	55	183	14
45,72	Final S	3,25	0,15	0,90	0,24	1,84	0,36	106	39	44	144	11
60,96	Final S	2,98	0,17	0,47	0,22	3,11	0,34	99	74	45	198	9

**Anexo 13.** Análisis de regresión lineal estimados para la variable incidencia según cada nutrimento evaluado a través del análisis nutricional foliar.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Incidencia	26	0,61	0,3	125,44	179,88	196,23

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	43,32	14,84	11,50	75,14	2,92	0,0112	
N (%)	0,32	5,00	-10,40	11,04	0,06	0,9501	11,07
P (%)	123,75	113,13	-118,88	366,39	1,09	0,2924	12,18
Ca (%)	4,29	12,71	-22,98	31,55	0,34	0,7410	11,17
Mg (%)	-13,71	61,21	-145,00	117,57	-0,22	0,8259	11,11
K (%)	-0,58	3,23	-7,51	6,35	-0,18	0,8599	11,10
S (%)	-81,78	43,96	-176,07	12,52	-1,86	0,0840	14,30
Fe (mg/kg)	-0,03	0,03	-0,09	0,04	-0,98	0,3435	11,96
Cu (mg/kg)	-0,05	0,11	-0,29	0,19	-0,42	0,6815	11,23
Zn (mg/kg)	0,68	0,36	-0,10	1,46	1,87	0,0822	14,34
Mn (mg/kg)	0,03	0,06	-0,10	0,17	0,54	0,6007	11,33
B (mg/kg)	-1,75	0,93	-3,74	0,25	-1,87	0,0819	14,35

**Anexo 14.** Análisis de regresión lineal estimados para la variable severidad según cada nutrimento evaluado a través del análisis nutricional foliar.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Severidad	26	0,61	0,31	0,26	20,48	36,83

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	1,60	0,69	0,12	3,09	2,32	0,036	
N (%)	0,12	0,23	-0,38	0,62	0,53	0,6069	11,33
P (%)	3,18	5,28	-8,13	14,5	0,60	0,5559	11,41
Ca (%)	0,52	0,59	-0,75	1,80	0,88	0,3911	11,80
Mg (%)	-1,29	2,85	-7,41	4,83	-0,45	0,6576	11,26
K (%)	0,03	0,15	-0,30	0,35	0,18	0,8569	11,10
S (%)	-4,90	2,05	-9,30	-0,50	-2,39	0,0315	16,39
Fe (mg/kg)	-1,50E-03	1,40E-03	-4,50E-03	1,50E-03	-1,06	0,3084	12,11
Cu (mg/kg)	1,60E-04	0,01	-0,01	0,01	0,03	0,9757	11,07
Zn (mg/kg)	0,05	0,02	0,01	0,09	3,01	0,0094	19,52
Mn (mg/kg)	-1,60E-03	2,90E-03	-0,01	4,60E-03	-0,55	0,5915	11,35
B (mg/kg)	-8,00E-02	0,04	-0,17	0,02	-1,73	0,1054	13,86

**Anexo 15.** Análisis de regresión lineal estimado a través de la selección stepwise para la variable incidencia según cada nutrimento evaluado a través del análisis nutricional foliar.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Incidencia	26	0,35	0,29	50,1	175,09	180,13

Selección Stepwise

Máximo p-valor para entrar: 0,15

Máximo p-valor para retener: 0,15

Variables totales: 12, variables en el modelo 3

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	38,46	4,75	28,64	48,28	8,1	<0,0001	
Mn (mg/kg)	0,08	0,02	0,03	0,13	3,46	0,0021	13,51
B (mg/kg)	-0,97	0,41	-1,83	-0,11	-2,35	0,028	7,32

Error cuadrático medio: 40,913215

**Anexo 16.** Análisis de regresión lineal estimado a través de la selección stepwise para la variable severidad según cada nutrimento evaluado a través del análisis nutricional foliar.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Severidad	26	0,18	0,14	0,13	19,99	23,77

Selección Stepwise

Máximo p-valor para entrar: 0,15

Máximo p-valor para retener: 0,15

Variables totales: 12, variables en el modelo 3

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	1,43	0,17	1,08	1,79	8,26	<0,0001	
Mn (mg/kg)	2,40E-03	1,00E-03	2,20E-03	4,50E-03	2,27	0,0323	6,00

Error cuadrático medio: 0,108656

**Anexo 17.** Análisis de varianza generado a partir los niveles estimados de nitrógeno a nivel foliar y su relación con los factores del estudio.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N (%)	26	0,83	0,74	6,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,72	9	0,52	9	0,0001
Tamaño	4,34	4	1,09	18,63	<0,0001
Antioxidante	0,13	1	1,30E-01	2,24	0,1543
Tamaño*Antioxidante	0,33	4	0,08	1,42	0,2716
Error	0,93	16	6,00E-02		
Total	5,65	25			

**Anexo 18.** Análisis de varianza generado a partir los niveles estimados de fósforo a nivel foliar y su relación con los factores del estudio.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P (%)	26	0,65	0,45	10,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	9	9,70E-04	3,28	0,0185
Tamaño	0,01	4	1,70E-03	5,67	0,0049
Antioxidante	0,00	1	1,90E-04	0,65	0,4313
Tamaño*Antioxidante	2,00E-03	4	5,00E-04	1,7	0,1989
Error	4,70E-03	16	3,00E-04		
Total	0,01	25			

**Anexo 19.** Análisis de varianza generado a partir los niveles estimados de potasio a nivel foliar y su relación con los factores del estudio.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
K (%)	26	0,66	0,47	23,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13,93	9	1,55E+00	3,43	0,0153
Tamaño	8,73	4	2,18E+00	4,84	0,0095
Antioxidante	2,90	1	2,90E+00	6,42	0,0221
Tamaño*Antioxidante	4,06E+00	4	1,01E+00	2,25	0,1093
Error	7,21E+00	16	4,50E-01		
Total	21,15	25			

**Anexo 20.** Análisis de varianza generado a partir los niveles estimados de zinc a nivel foliar y su relación con los factores del estudio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Zn (mg/kg)	26	0,72	0,57	14,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2211,13	9	245,68	4,66	0,0037
Tamaño	2042,79	4	510,70	9,69	0,0004
Antioxidante	7,71	1	7,71	0,15	0,7071
Tamaño*Antioxidante	162,79	4	40,70	0,77	0,559
Error	843,33	16	52,71		
Total	3054,46	25			

**Anexo 21.** Análisis de varianza generado a partir los niveles estimados de boro a nivel foliar y su relación con los factores del estudio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
B (mg/kg)	26	0,9	0,84	11,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	288,50	9	32,06	16,03	<0,0001
Tamaño	282,33	4	70,58	35,29	<0,0001
Antioxidante	1,93	1	1,93	0,96	0,3407
Tamaño*Antioxidante	3,05	4	0,76	0,38	0,8187
Error	32,00	16	2,00		
Total	320,50	25			

**Anexo 22.** Variables ambientales determinadas según cada punto de muestreo durante el ensayo II.

Fecha	Día	Hora	Ambiente								
			A			B			D		
			Temp (°C)		H. R. (%)	Temp (°C)		H. R. (%)	Temp (°C)		H. R. (%)
Min	Max		Min	Max		Min	Max				
30/3/08	1	6:00:00 a.m.	19	26	95	18	27	94	19	28	94
		1:00:00 p.m.	17	31	53	20	28	56	18	27	75
		5:00:00 p.m.	22	23	48	20	28	49	18	27	64
31/3/08	2	6:00:00 a.m.	16	31	92	19	29	91	18	28	95
		1:00:00 p.m.	18	25	48	19	29	57	17	27	60
		5:00:00 p.m.	20	23	75	22	28	73	22	28	86
1/4/08	3	6:00:00 a.m.	19	23	93	19	22	91	18	23	95
		1:00:00 p.m.	18	32	46	19	32	41	18	31	56
		5:00:00 p.m.	21	30	70	23	31	65	22	30	76
2/4/08	4	6:00:00 a.m.	17	23	91	18	23	91	17	22	95
		1:00:00 p.m.	18	29	51	23	31	46	18	30	55
		5:00:00 p.m.	27	29	47	28	29	47	28	29	58
3/4/08	5	6:00:00 a.m.	18	29	92	19	30	90	18	30	95
		1:00:00 p.m.	18	29	59	19	28	50	18	30	61
		5:00:00 p.m.	17	22	78	19	30	77	22	30	84
4/4/08	6	6:00:00 a.m.	18	23	93	17	28	97	19	21	95
		1:00:00 p.m.	18	31	60	19	32	43	18	27	75
		5:00:00 p.m.	21	27	82	22	29	77	21	27	90
5/4/08	7	6:00:00 a.m.	17	23	93	17	22	92	17	27	95
		1:00:00 p.m.	17	30	61	19	31	54	16	32	72
		5:00:00 p.m.	22	30	64	26	29	62	23	28	77
6/4/08	8	6:00:00 a.m.	18	24	97	19	24	91	18	29	94
		1:00:00 p.m.	19	29	59	21	31	62	19	30	65
		5:00:00 p.m.	23	29	77	26	28	65	23	30	75
7/4/08	9	6:00:00 a.m.	16	31	94	18	23	96	13	26	88
		1:00:00 p.m.	18	25	71	23	31	57	19	28	71
		5:00:00 p.m.	20	23	61	28	29	61	19	22	50
8/4/08	10	6:00:00 a.m.	17	30	93	18	30	93	17	30	95
		1:00:00 p.m.	19	29	58	22	29	61	19	29	64
		5:00:00 p.m.	22	28	74	23	28	67	19	22	95
9/4/08	11	6:00:00 a.m.	18	28	91	19	28	91	18	26	95
		1:00:00 p.m.	19	26	72	19	26	75	18	26	95
		5:00:00 p.m.	23	24	87	21	23	88	20	22	96
10/4/08	12	6:00:00 a.m.	18	20	93	19	20	93	20	23	96
		1:00:00 p.m.	18	29	45	20	29	56	18	30	76
		5:00:00 p.m.	21	28	71	21	28	71	18	30	81
11/4/08	13	6:00:00 a.m.	18	24	91	19	22	92	18	22	95
		1:00:00 p.m.	19	31	77	19	27	87	18	26	90
		5:00:00 p.m.	16	31	67	25	27	68	17	27	73

**Anexo 23.** Variables ambientales determinadas según cada punto de muestreo durante el ensayo III

Fecha	Día	Hora	Ambiente								
			A			B			D		
			Temp (°C)		H. R. (%)	Temp (°C)		H. R. (%)	Temp (°C)		H. R. (%)
Min	Max	Min	Max	Min		Max					
21/4/08	1	6:00:00 a.m.	18	23	94	19	22	95	19	22	95
		1:00:00 p.m.	22	23	86	22	23	94	19	24	83
		5:00:00 p.m.	19	26	80	19	24	86	19	24	86
22/4/08	2	6:00:00 a.m.	19	26	94	20	21	95	17	22	95
		1:00:00 p.m.	21	26	90	20	24	86	19	24	91
		5:00:00 p.m.	18	24	90	22	23	87	21	22	91
23/4/08	3	6:00:00 a.m.	19	23	95	20	22	95	19	22	95
		1:00:00 p.m.	24	24	78	19	24	83	19	26	81
		5:00:00 p.m.	17	30	62	24	28	68	26	30	69
24/4/08	4	6:00:00 a.m.	18	29	95	19	28	93	18	30	95
		1:00:00 p.m.	19	29	52	22	29	64	18	29	62
		5:00:00 p.m.	15	32	41	19	32	52	26	32	52
25/4/08	5	6:00:00 a.m.	15	32	94	16	30	91	16	32	92
		1:00:00 p.m.	16	28	60	17	29	73	17	28	63
		5:00:00 p.m.	22	30	46	22	30	53	23	29	60
26/4/08	6	6:00:00 a.m.	17	29	91	19	29	89	18	29	93
		1:00:00 p.m.	18	27	78	19	27	77	18	27	70
		5:00:00 p.m.	22	30	48	23	29	60	24	29	64
27/4/08	7	6:00:00 a.m.	17	29	92	20	29	92	23	29	95
		1:00:00 p.m.	18	31	41	20	31	56	19	31	60
		5:00:00 p.m.	23	30	60	27	30	60	26	29	68
28/4/08	8	6:00:00 a.m.	16	29	95	17	31	93	16	26	95
		1:00:00 p.m.	14	29	57	18	29	56	17	29	72
		5:00:00 p.m.	22	29	38	26	29	58	23	29	58
29/4/08	9	6:00:00 a.m.	17	30	92	19	30	90	18	29	94
		1:00:00 p.m.	17	22	88	19	22	87	18	28	88
		5:00:00 p.m.	18	24	76	20	29	78	18	24	79
30/4/08	10	6:00:00 a.m.	18	24	94	19	23	93	18	24	95
		1:00:00 p.m.	18	22	88	19	22	87	18	28	88
		5:00:00 p.m.	17	23	82	19	30	86	18	23	88
1/5/08	11	6:00:00 a.m.	16	24	94	18	22	94	17	22	95
		1:00:00 p.m.	17	28	63	19	27	69	18	27	78
		5:00:00 p.m.	22	27	71	26	27	70	23	27	73
2/5/08	12	6:00:00 a.m.	16	24	94	18	24	94	17	24	95
		1:00:00 p.m.	17	29	50	19	32	50	17	32	50
		5:00:00 p.m.	22	30	55	28	30	58	18	32	62
3/5/08	13	6:00:00 a.m.	18	29	93	19	29	92	29	35	66
		1:00:00 p.m.	19	24	84	18	26	77	20	26	77
		5:00:00 p.m.	22	30	66	26	28	67	23	29	72

**Anexo 24.** Variables ambientales determinadas según cada punto de muestreo durante el ensayo IV

Fecha	Día	Hora	Ambiente								
			A			B			D		
			Temp (°C)		H. R. (%)	Temp (°C)		H. R. (%)	Temp (°C)		H. R. (%)
Min	Max		Min	Max		Min	Max				
29/6/08	1	6:00:00 a.m.	17	24	92	18	31	93	13	26	
		1:00:00 p.m.	19	25	80	17	24	81	10	18	80
		5:00:00 p.m.	22	25	85	19	25	84	17	26	92
30/6/08	2	6:00:00 a.m.	17	26	93	19	21	94	18	24	95
		1:00:00 p.m.	17	25	70	21	29	65	18	28	73
		5:00:00 p.m.	18	26	85	22	28	81	16	27	70
1/7/08	3	6:00:00 a.m.	15	23	92	20	30	92	19	31	94
		1:00:00 p.m.	16	25	84	18	23	83	19	23	87
		5:00:00 p.m.	22	30	92	19	26	94	18	24	95
2/7/08	4	6:00:00 a.m.	18	29	92	19	26	94	18	24	95
		1:00:00 p.m.	18	29	57	21	29	68	18	31	72
		5:00:00 p.m.	21	32	82	22	28	89	22	28	89
3/7/08	5	6:00:00 a.m.	15	23	92	17	31	92	13	26	95
		1:00:00 p.m.	17	28	93	20	27	93	19	28	95
		5:00:00 p.m.	20	30	90	21	22	89	19	22	93
4/7/08	6	6:00:00 a.m.	17	27	91	16	28	91	17	28	79
		1:00:00 p.m.	18	29	79	19	30	82	16	26	71
		5:00:00 p.m.	22	30	67	23	29	54	26	28	65
5/7/08	7	6:00:00 a.m.	16	29	92	15	23	91	22	27	97
		1:00:00 p.m.	18	30	54	17	31	62	18	30	61
		5:00:00 p.m.	23	31	76	23	29	53	24	28	69
6/7/08	8	6:00:00 a.m.	14	29	95	14	26	90	14	26	96
		1:00:00 p.m.	17	29	67	18	31	64	17	27	73
		5:00:00 p.m.	22	29	51	19	28	52	21	26	59
7/7/08	9	6:00:00 a.m.	16	24	93	18	30	96	16	26	95
		1:00:00 p.m.	16	24	90	19	31	67	18	26	87
		5:00:00 p.m.	18	26	73	25	28	72	17	24	81
8/7/08	10	6:00:00 a.m.	16	22	96	14	28	91	18	24	96
		1:00:00 p.m.	18	24	90	16	27	86	19	28	87
		5:00:00 p.m.	23	26	86	19	22	83	18	22	86
9/7/08	11	6:00:00 a.m.	16	22	94	16	20	92	17	22	97
		1:00:00 p.m.	17	28	88	17	25	68	18	26	69
		5:00:00 p.m.	22	27	71	26	28	72	22	24	71
10/7/08	12	6:00:00 a.m.	15	24	95	16	22	93	17	24	94
		1:00:00 p.m.	16	27	79	18	29	52	18	32	51
		5:00:00 p.m.	22	30	89	25	28	59	20	31	71
11/7/08	13	6:00:00 a.m.	18	29	96	17	29	93	29	35	89
		1:00:00 p.m.	19	26	78	19	29	73	21	25	67
		5:00:00 p.m.	24	30	81	25	28	63	23	29	70

**Anexo 25.** Análisis de varianza correspondiente a los valores de humedad relativa en función de cada ambiente durante el ensayo II.

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2	H.R. (%)	39	0,89	0,82	4,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1762,36	14	125,88	13,29	<0,0001
Invernadero	546,00	2	273,00	28,82	<0,0001
Día	1216,36	12	101,36	10,7	<0,0001
Error	227,33	24	9,47		
Total	1989,69	38			

**Anexo 26.** Análisis de varianza correspondiente a los valores de humedad relativa en función de cada ambiente durante el ensayo III.

Ensayo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3	H.R. (%)	39	0,94	0,9	3,6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2860,26	14	204,30	26,2	<0,0001
Invernadero	94,82	2	47,41	6,08	0,0073
Día	2765,44	12	230,45	29,55	<0,0001
Error	187,18	24	7,80		
Total	3047,44	38			