

**Evaluación de la aplicación de hierro y manganeso en la
eliminación de puntos necróticos en crisantemo
(*Dendrathera grandiflorum* Kitamura) variedad Yellow
Vero en Antioquía, Colombia**

Proyecto de tesis presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniera Agrónoma en
el grado de Licenciatura.

Presentado por:

Laura Patiño Mejía

EL ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción agropecuaria
Noviembre, 2005

**El autor concede a Zamorano permiso para reproducir
y distribuir copias de este trabajo para fines educativos.
Para otras personas físicas y jurídicas se reserva el derecho el autor**

Laura Patiño Mejía

HONDURAS
Noviembre, 2005

**Evaluación de la aplicación de hierro y manganeso en la
eliminación de puntos necróticos en las hojas de crisantemo
(*Dendrathera grandiflorum* kitamura) variedad Yellow Vero en
Antioquía, Colombia**

Presentado por:

Laura Patiño Mejía

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.
Asesor principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Coordinador de área de
fitotecnia/ CCPA

Odilo Duarte, Dr. Sci. Agr., M.B.A
Asesor

Abelino Pitty Ph. D.h
Director Interino Carrera de
Ciencia y Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph. D.
Asesor

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico

Kenneth Hoadley, D.B.A
Rector

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de estudiar en esta gran universidad.

A mi familia por estar acompañándome en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por sus fuerzas y por su ejemplo de vida.

A mi hermano Ricardo por el camino que recorrimos juntos en estos cuatro años de estudio.

A Verónica Santillán por su amistad incondicional.

A Alejandro Castro por todo su cariño y apoyo.

A todos mis amigos que me acompañaron y apoyaron en todo momento.

A la Ing. Gloria Arévalo por su paciencia y valiosa ayuda en este trabajo.

Al Dr. Carlos Gauggel por confiar en mi y su apoyo.

Al Dr. Matamoros, Dr. Espinal y Dr. Duarte por su ayuda en la realización de este trabajo.

A la compañía DOLE por permitir la realización de este trabajo y a las personas de Cultivos San Nicolás que me apoyaron en el trabajo de campo y recolección de datos.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la fundación Nippón por su apoyo financiero del estudio en Zamorano.

RESUMEN

Evaluación de la aplicación de hierro y manganeso en la eliminación de puntos necróticos en las hojas de crisantemo (*Dendrathera grandiflorum* Kitamura) variedad Yellow Vero en Antioquía, Colombia.

La actividad de la floricultura en Colombia es una fuente de ingresos para el país y una destacada vía de generación de empleo. Cultivos San Nicolás (CSN) está ubicado en el Municipio de la Ceja, Antioquía a una altura de 2200 msnm y con una temperatura promedio de 16 °C, se dedica exclusivamente a la producción de crisantemos para la exportación. A partir de enero de 2003 se han tenido pérdidas de flores por la aparición de puntos necróticos en el follaje de diferentes variedades de crisantemos. El problema lo han intentado controlar quitando las hojas afectadas, lo cual genera maltrato en el follaje causando problemas de hongos y corta vida de la flor cortada. El objetivo de este estudio fue eliminar los puntos necróticos en el follaje de crisantemo tipo pompón variedad Yellow Vero. Se realizó un ensayo con dos niveles de pH del suelo y diez tratamientos para cada nivel de pH, éstos consistieron en dos concentraciones de los elementos hierro y manganeso aplicados en la fertilización diaria del cultivo. El estudio se realizó entre enero y abril de 2005. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con medidas repetidas en el espacio. Se realizó un análisis de suelo previo a la plantación y otro a cada tratamiento después de corte (Semana 9); las muestras foliares fueron tomadas en la semana 9 recolectando la cuarta hoja totalmente formada de arriba hacia abajo; al mismo tiempo se evaluó la calidad del follaje y de la planta. En la calidad del follaje no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, se encontró diferencia por efecto del pH del suelo, se determinó que a menor pH mayor número de puntos necróticos en el follaje. La absorción de cada elemento varió dependiendo de las concentraciones encontradas en el suelo, sin embargo, aunque el Mn presentó contenidos bajos en el suelo tuvo una alta absorción evidenciada en los contenidos encontrados en el follaje, esta alta absorción de Mn se debe a factores ambientales y de manejo que afectan la respuesta de la planta. Se concluyó que la causa de los puntos necróticos fue el exceso de manganeso; los parámetros de calidad de la planta no tuvieron cambios importantes en el aspecto comercial. Se recomendó hacer cambios en el pH del suelo llevándolo a niveles de 6.5, eliminar la aplicación de Mn en la fertilización para esta variedad, disminuir la luminosidad durante todo el ciclo del cultivo, controlar la cantidad y distribución del riego y eliminar las aplicaciones de materia orgánica antes de la plantación de la variedad Yellow Vero.

Palabra clave: Fertilización, pH, toxicidad, Fe, Mn.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos especiales.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de figura.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
El manganeso.....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1 UBICACIÓN.....	4
3.2 MATERIALES.....	4
3.2.1 Material vegetal.....	4
3.2.2 Medio de crecimiento.....	4
3.2.3 Fertilización.....	4
3.2.4 Fertilizantes.....	5
3.2.5 Otros materiales.....	5
3.3 MÉTODOS.....	6
3.3.1 Transplante.....	6
3.3.2 Tratamientos.....	6
3.3.3 Variables.....	7
Análisis de suelo.....	7
Análisis foliares.....	8
Biodisponibilidad.....	8
3.3.4 Variables agronómicas.....	9
Calidad del follaje.....	9
Calidad de la planta.....	10
3.3.5 Diseño experimental.....	11
3.3.6 Análisis estadístico.....	11
3.3.7 Correlaciones.....	11
3.3.8 Factores no controlados.....	11

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 Propiedades químicas de los suelos.....	12
4.2 Análisis foliares	16
4.3 Biodisponibilidad de elementos	16
4.4 Variables agronómicas	18
4.4.1 Calidad del follaje	18
4.4.2 Calidad de la planta.....	20
4.5 Relación entre los nutrientes y los puntos necróticos.....	21
4.6 Factores que aumentan la absorción del Manganeseo	22
5. CONCLUSIONES.....	24
6. RECOMENDACIONES.....	25
7. BIBLIOGRAFÍA	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rango de niveles óptimos de los elementos en el suelo para el cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	4
Cuadro 2. Fertilización de los tratamientos combinando las concentraciones de los elementos Fe y Mn, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	4
Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la solución de fertirriego, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	5
Cuadro 4. Tratamientos aplicados para la eliminación de puntos necróticos en las hojas de crisantemo variedad Yellow Vero, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	7
Cuadro 5. Niveles óptimos foliares en punto de cosecha y niveles del suelo para el cultivo del crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	9
Cuadro 6. Comparación de los análisis de suelo antes de siembra vs después del ciclo del cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	13
Cuadro 7. Análisis de suelo por tratamiento en el cultivo del crisantemo. Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	14
Cuadro 8. Resultados de análisis foliares de los tratamientos muestreados en la semana 9 del cultivo del crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	15
Cuadro 9. Matriz de biodisponibilidad de los elementos por pH, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	17
Cuadro 10. Correlaciones de los análisis foliares por los análisis de suelo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	17
Cuadro 11. Puntos necróticos en las hojas por segmento de la planta en el cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	18
Cuadro 12. Puntos necróticos en las hojas por cada segmento de la planta y a dos pH del suelo en el cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	19
Cuadro 13. Puntos necróticos en las hojas por cada segmento contados en la semana nueve del cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	20
Cuadro 14. Variables de la calidad de la planta, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	21

Cuadro 15. Variables de la calidad de la planta a dos pH del suelo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	21
Cuadro 16. Correlaciones de los análisis foliares y los puntos necróticos en las hojas para cada segmento de la planta, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	22
Cuadro 17. Correlaciones de los análisis de suelo por los puntos necróticos en las hojas para cada segmento de la planta, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Segmentos de la planta y hojas de muestreo de los puntos necróticos.....	10
------------------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Sintomatología de puntos necróticos en Crisantemo tipo pompón en la variedad Yellow Vero, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.	28
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura en Colombia ocupa el primer lugar como generadora de divisas dentro de las exportaciones no tradicionales colombianas; Colombia es el segundo exportador mundial de flores cortadas, después de Holanda, con una participación del 10% de las exportaciones mundiales (CEDEIBER 1998).

La actividad de la floricultura en Colombia es una fuente importante de ingresos para el país y una destacada vía de generación de empleo. Actualmente se cuenta con 5.000 ha de invernadero de flor cortada. El año 2.000 Colombia exportó flores por valor de 580.6 millones de dólares a sus principales mercados Estados Unidos 84.1% y Unión Europea 9.8 (Florvertical 2004).

Cultivo San Nicolás (CSN) ubicado en el Municipio de la Ceja Antioquía y dedicado exclusivamente a la producción de crisantemos para la exportación, tiene una producción de 3 millones de ramos anuales en un área de 15.7 ha.

En enero de 2003 en CSN se presentaron en diferentes variedades de crisantemos puntos necróticos en el follaje (Anexo 1); ésta misma sintomatología fue reportada simultáneamente en otros cultivos de la misma compañía ubicados en diferentes sectores de la misma región y también en los cultivos de la zona.

A finales de 2003 se logró eliminar los puntos necróticos en CSN retirando el manganeso de las aplicaciones en el fertirriego; se analizaron hojas con síntomas de intoxicación y hojas sin toxicidad de una misma cama, las primeras presentaron niveles superiores en manganeso. Sin embargo, a inicios de 2004 se presentaron nuevamente los síntomas con menor severidad y hasta el momento persisten (Gómez y Montoya 2004).

El problema se ha tratado de manejar en la poscosecha de la finca quitando las hojas afectadas, lo cual genera maltrato en el follaje causando problemas de hongos y baja vida en florero; por otra parte, las plantas muy afectadas se eliminan, lo que ha causado una pérdida de hasta 60.000 ramos anuales. El manejo del problema ha requerido mano de obra adicional incrementando los costos de producción del cultivo.

La variedad Yellow Vero tiene alta demanda en el mercado internacional y es la más susceptible a los puntos necróticos que se presentan con mayor intensidad en el segmento superior de la planta, el cual es el de mayor importancia comercial. La determinación de la causa de los puntos necróticos y su solución ayudará a incrementar

la rentabilidad de los cultivos y a cumplir con los requisitos de calidad de exportación.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de hierro y manganeso en la variedad Yellow Vero para la eliminación de puntos necróticos en el follaje en la empresa CSN, La Ceja, Departamento de Antioquía, Colombia.

Los objetivos específicos fueron evaluar dos condiciones de pH del suelo en la incidencia de puntos necróticos en el follaje, determinar las concentraciones de hierro y manganeso en la planta y relacionarlas con puntos necróticos en el follaje; establecer la relación existente entre los elementos Fe y Mn puntos necróticos en el follaje; evaluar los parámetros de calidad de la flor expuesta a los tratamientos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El manganeso

El manganeso es importante en la planta ya que hace parte de funciones catalíticas activando enzimas respiratorias, participa en reacciones del metabolismo del nitrógeno, es necesario para el metabolismo del ácido indoleacético, también es responsable de reacciones en la fotosíntesis y tiene un papel estructural en los cloroplastos (Bidwell 1990). El manganeso se presenta de diversas formas en el suelo, se absorbe generalmente como ion reducido Mn^{+2} (Horst 1995).

En contraste con los estrechos rangos de deficiencias existentes, los contenidos para toxicidad varían enormemente entre especies de plantas y condiciones ambientales, esta variación puede ser significativa aún entre cultivares. (Edwards y Asher 1982; Horts 1988). Dentro de las condiciones ambientales que influyen en la respuesta a la planta a la toxicidad por manganeso, se tiene que altas intensidades luminosas incrementan la severidad de los síntomas de toxicidad por manganeso (Wissemeier y Horst 1992).

Las condiciones ambientales que rodean a la planta hacen que ésta absorba el manganeso con mayor facilidad. Por ejemplo, la interacción entre inundación, adición de materia orgánica y altas temperaturas resultan en un suelo con altos contenidos de Mn^{+2} (Giordano *et al.* 1983), además la pobre aireación causada por el exceso de agua incrementa los niveles de Mn soluble (Reed 1992).

En muchas especies de plantas los síntomas de toxicidad por Mn son caracterizados por puntos café sobre las hojas maduras (Wissemier y Horst 1992). Sin embargo, según Bidwell (1990) la movilidad del manganeso es compleja haciendo que la respuesta dependa de las especies y de la edad de la planta; así pues los síntomas pueden aparecer primero en hojas jóvenes o maduras.

Particularmente en dicotiledóneas los síntomas son combinados con deformaciones de las hojas jóvenes (hoja arrugada) que es un típico síntoma de deficiencia de calcio; la inducción de estos síntomas de deficiencia de calcio por altos contenidos de manganeso en los tejidos, son probables por un efecto indirecto del transporte del calcio en el crecimiento de las hojas. Además, en esos casos se pueden inducir otra serie de reacciones en la planta como la deficiencia de hierro y la dominancia de magnesio y calcio foliar (Horst 1995).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó entre enero y abril de 2005 en la empresa Cultivos San Nicolás (CSN), localizada en el Municipio de La Ceja, Antioquía, Colombia, a 6° 0' 14" de latitud Norte y 75° 25' 39" de longitud Este, ubicada a una altura de 2200 msnm y con una temperatura promedio de 16 °C (Municipio de la Ceja 2005).

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material vegetal

Se utilizaron 2160 esquejes con 10 días de enraizamiento de *Dendrathera grandiflorum* Kitamura, crisantemo tipo pompón, variedad Yellow Vero.

3.2.2 Medio de crecimiento

Se utilizó suelo que se incorporó a la actividad de producción de flores por primera vez. Antes de la plantación se aplicó compost para mejorar las condiciones de aireación y la retención de humedad del suelo, también se aplicaron nutrientes para balancear los elementos del suelo al nivel requerido por el cultivo de crisantemo de acuerdo al Cuadro 1.

Cuadro 1. Rango de niveles óptimos de los elementos (mg/kg) en el suelo para el cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Elemento	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Rango	120	400	3000	500	50	25	3	3	1
Óptimo	180	500	4500	700	100	50	10	10	1.5

3.2.3 Fertilización

La fertilización durante el ciclo del cultivo fue aplicada en fertirriego con la fórmula del Cuadro 2.

Cuadro 2. Fertilización de los tratamientos combinando las concentraciones de los elementos Fe y Mn, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Elemento	mg/L	kg /ha ك	g/planta ك
N	224	362	0,63
P	30	49	0,09
K	76	123	0,22
Ca	120	193	0,34
Mg	92	149	0,26
Fe	2	3	0,01
Fe	10	16	0,03
Mn	2	3	0,01
Mn	10	16	0,03
B	160	258	0,45
Zn	9	15	0,03
Cu	18	29	0,05

ك Ciclo de 9 semanas del cultivo.

3.2.4 Fertilizantes

Los fertilizantes utilizados se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la solución de fertirriego, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Fertilizante	Cantidad por litro
Macronutrientes	
Nitrato de Ca	0.63 g
Nitrato de Mg	0.57 g
Fosfato de K	0.17 cc
Nitrato de amonio	0.09 cc
Micronutrientes	
Kelatex Zn	0.1 g
Kelatex Cu	0.2 g
Borofeed	0.8 g
Sulfato de Mn 2 ppm	0.0062 g
Sulfato de Mn 10 ppm	0.031 g
Kelatex Fe 2 ppm	0.02 g
Kelatex Fe 10 ppm	0.11 g

3.2.5 Otros materiales

- Regadera de 10 litros.
- Tanques de 40 litros.
- Maceteros (16.3 cm × 12.5 cm × 12 cm)

- Malla guía (20 cm × 15 cm)
- Guantes
- Probeta
- Pie de rey
- Metro

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Transplante

Se utilizó un área de plantación de 56.1 m² considerando caminos, de los cuales solo 37.8 m² eran efectivos, donde se distribuyeron 1,080 maceteros, los cuales se llenaron de suelo. Los esquejes se enraizaron previamente en pilón (cubos) de material orgánico y mineral: turba, compost y casulla (cáscara del arroz) esterilizada, como sistema de confinamiento. Se plantaron dos esquejes por macetero, enterrando el esqueje hasta cubrirlo totalmente el pilón. El día del transplante empezaron los riegos específicos para cada tratamiento aplicando aproximadamente 277 ml de agua fertilizada por macetero cada dos días, equivalente a 2.54 mm de riego por día.

3.3.2 Tratamientos

Se evaluaron dos pH, 5.3 y 6.5, a los que se aplicaron dos concentraciones de Fe y Mn en la fertilización (Cuadro 4). El ajuste del pH en el suelo se realizó con aplicación de ácido fosfórico (H₃P0₄) al 75% utilizando 9.5 L de ácido disueltos en 600 L de agua; se humedeció el suelo y volteó para homogeneizarlo. Al cabo de 48 horas se hizo una aplicación de agua pura para lavar el posible exceso de ácido, inmediatamente se tomaron muestras para medir pH; se repitió varias veces el proceso hasta obtener el pH deseado. Se procedió a plantar los esquejes, una semana más tarde se midió el pH del suelo haciendo un muestreo al azar donde se confirmó que el pH no era el deseado; se realizó una aplicación de 4.5 g de ácido cítrico diluido en 200 L de agua para obtener el pH deseado de 5.5.

El suelo de textura franco arenosa, estructura migajosa y consistencia friable y muy friable se llenó hasta el ras de los maceteros. Sobre los maceteros se puso la malla guía para evitar que los tallos crecieran torcidos; se plantaron un total de 2,160 esquejes.

Las aplicaciones de los fertilizantes se realizaron con agua de la planta de tratamiento con un 0.05 % de cloro, se mezclaron los fertilizantes cada día de riego y no se realizaron enmiendas de pH. La solución fertilizante se aplicó por medio de regadera dirigiendo el riego al suelo con una frecuencia de 3 a 4 veces por semana hasta completar siete riegos en dos semanas, durante todo el ciclo del cultivo (9 semanas). Se revisó constantemente la humedad del suelo y se realizaron riegos extras cuando fue necesario. Las plantas recibieron las fertilizaciones foliares, insecticidas y fungicidas usados por CSN normalmente.

Cuadro 4. Tratamientos aplicados para la eliminación de puntos necróticos en las hojas de crisantemo variedad Yellow Vero, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH del suelo	Tratamiento	Fe	Mn
		(mg/L)	
5.3	1	0,00	0,00
	2	0,00	2,00
	3	0,00	10,00
	4	2,00	0,00
	5	10,00	0,00
	6	2,00	2,00
	7	10,00	10,00
	8	2,00	10,00
	9	10,00	2,00
	10	0,05	0,50
6.5	1	0,00	0,00
	2	0,00	2,00
	3	0,00	10,00
	4	2,00	0,00
	5	10,00	0,00
	6	2,00	2,00
	7	10,00	10,00
	8	2,00	10,00
	9	10,00	2,00
	10	0,05	0,50

3.3.3 Variables

Análisis de suelo

Primer análisis

Se analizó el suelo previo al trasplante para hacer los ajustes de nutrientes necesarios para el cultivo del crisantemo, antes de plantar se hizo la fertilización para nivelar los contenidos de nutrientes del suelo. Las muestras fueron enviadas al laboratorio Western Hemisphere Analytical Laboratory de la empresa DOLE, ubicado en La Ceiba, Honduras. Se utilizó para determinar el pH una relación 1:1 medida con el potenciómetro; el Ca, Mg, K, Na extraídos con $\text{NH}_4\text{Oac } 1\text{N}$, pH7 y medidos por el método de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP); La CIC se determinó con la sumatoria de cationes extractables; los microelementos Zn, Mn, Fe, Cu extraídos con DPTA y medidos por el método ICP; el P extraído con Olsen y medido con ICP y el B fue extraído con $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ y medido por el método ICP.

Segundo análisis

Después de corte en la semana 9 se tomaron muestras de suelo con un barreno de 16 cm de altura, tomando muestras representativas de cada macetero, se evitó poner en la muestra residuos del pilón. Las muestras fueron enviadas al mismo laboratorio del primer análisis y se realizaron las mismas determinaciones.

Análisis foliares

Los análisis foliares fueron realizados en la semana nueve del cultivo, las muestras se tomaron en la hoja número cuatro de arriba hacia abajo contando las hojas totalmente formadas. Las muestras se analizaron en el mismo laboratorio que los análisis de suelo. Los elementos analizados fueron N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Zn, Mn, Fe, B, Cu, utilizando digestión en microondas y medido por el método ICP.

Biodisponibilidad

Se estableció una relación entre la cantidad de nutrientes en el suelo y la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta para cada elemento, ambos se clasificaron en rangos altos medios y bajos; para determinar la disponibilidad por comparación entre los niveles del suelo y foliares. La calificación del nivel, los análisis de suelo y foliares se interpretaron de acuerdo a los rangos óptimos de nutrientes para el cultivo de crisantemo según el laboratorio del Dr. Calderón (Calderón Labs 2005) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Niveles óptimos foliares en punto de cosecha y niveles del suelo para el cultivo del crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Elemento (%)	Foliares			Suelo
	CDC [‡]	Literatura [♦]	Dr. Calderón [∞]	Dr. Calderón
Nitrógeno	4.5 – 5.5	3.5 – 5	4 – 6	0,20 – 0.8
Fósforo	0.3 – 0.4	0.23 – 0.7	0.25 – 0.7	30 – 60
Potasio	4 – 6.5	3.5 – 5	4 – 6.5	0,64 – 1.32
Calcio	1 – 2.5	1.2 – 2.5	1 – 2.5	12 – 20
Magnesio	0.3 – 0.6	0.25 – 1	0.25 – 1	2.36 – 3.86
S	ND [£]	0.25 – 0.7	0.25 – 0.7	50 – 98
(mg kg)				
Zinc	20 – 80	20 – 250	20 – 250	0.2 – 0.5
Manganeso	80 – 300	50 – 250	50 – 250	40 – 80
Hierro	100 – 200	50 – 250	40 – 250	200 – 800
Boro	30 – 80	25 – 75	25 – 75	1 – 2
Cobre	7 – 20	6 – 30	6 – 25	1 – 2.5

♦ Plant Analysis Manual: Foliage and ornamental

‡ Cultivos del Caribe, Rionegro, Antioquía, Colombia.

∞ Laboratorio del Dr. Calderón (Calderón Labs 2005).

£ Dato no disponible

3.3.4 Variables agronómicas

El estudio de campo se realizó desde transplante hasta el punto de corte y la flor se evaluó con los parámetros de calidad establecidos por CSN, tales como:

Calidad del follaje

Para realizar el conteo de puntos necróticos se estratificó en tres partes y se llamó a los segmentos alto, medio y bajo según correspondiera. El tamaño de cada segmento varió dependiendo del tamaño individual del tallo; éste se midió y dividió en tres partes iguales.

Se contó la totalidad de puntos necróticos en las hojas 3 y 4 de arriba hacia abajo de cada segmento, los puntos tuvieron el mismo valor independientemente de su tamaño (figura 1).

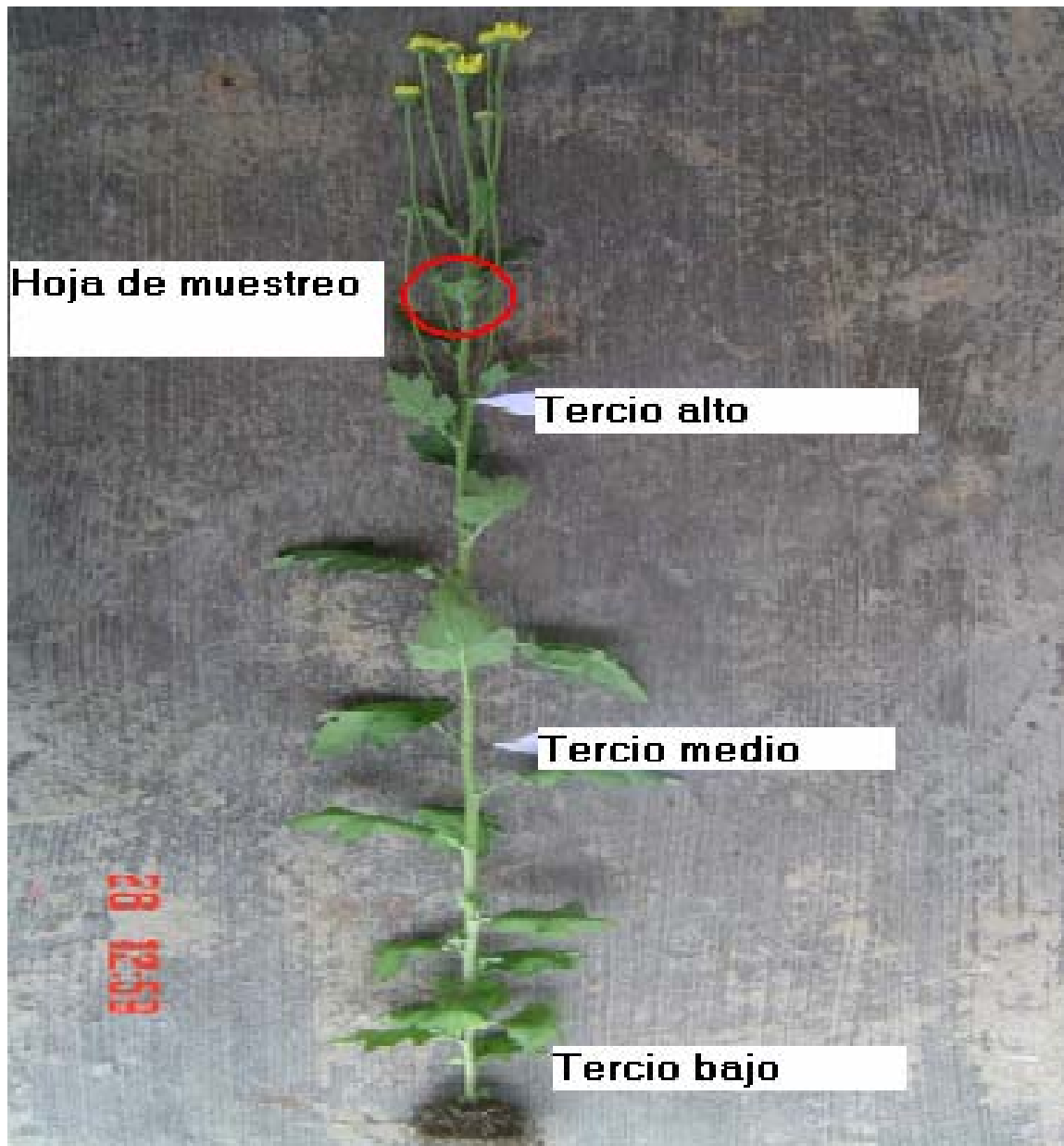


Figura 1. Segmentos de la planta y hojas de muestreo de los puntos necróticos.

Calidad de la planta

Se midió:

- Diámetro del tallo a 30 cm del suelo medido con pie de rey.

- Longitud del tallo medido desde la base del pilón hasta la base de la última flor del tallo.
- Número de flores útiles: se contaron las flores presentes en el primer y segundo nivel de flores del ramo.

3.3.5 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con medidas repetidas en el espacio; Número de tratamientos: 10 con una unidad experimental de 36 plantas y 3 repeticiones.

Espacio: dos niveles de pH (5.84 y 6.14).

Probabilidad utilizada: $P < 0.05$.

Las variables analizadas fueron calidad del follaje: número de puntos necróticos y calidad de la flor: longitud del tallo, diámetro del tallo, número de flores útiles.

3.3.6 Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS[®] 2002), utilizando un análisis de Varianza (ANDEVA) y una separación de medias (DUNCAN).

3.3.7 Correlaciones

Se realizaron correlaciones entre los niveles foliares de cada elemento con los puntos necróticos, análisis de los elementos en el suelo con los puntos necróticos y análisis de los elementos en la hoja y en el suelo. Las correlaciones se fueron realizadas en el programa Excel de Microsoft[®].

3.3.8 Factores no controlados

- **Fertilizantes:** Las fuentes de fertilizantes utilizadas en los tratamientos fueron diferentes para el Fe y Mn. Los quelatos (kelatex[®] Fe) a diferencia de los sulfatos (sulfato de Mn) pueden ser absorbidos y translocados muy fácilmente por su tamaño molecular y estabilidad del complejo mineral; esta alta disponibilidad del hierro, elemento antagónico del Mn, hizo que el elemento causante de las necrosis foliares el Mn tuviera dificultades en la asimilación, teniendo así menos severidad de los puntos necróticos del ensayo que los del campo.
- **Evaluación de presencia de patógenos:** Durante el ensayo no se hizo ninguna evaluación para descartar un factor biótico en la incidencia de puntos necróticos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Propiedades químicas de los suelos

El Cuadro 6 resume la cantidad de nutrientes que contenía el suelo al inicio (semana 0) y final del ciclo del cultivo (semana 9) para los dos pH del suelo. Los resultados corroboran que se mantuvieron dos niveles de pH durante el experimento, ya que se empezó de un pH 5.72 y se mantuvo en 5.84 en el caso de pH bajo y 6.14 para el más alto. Se observan diferencias entre el contenido inicial de nutrientes y el promedio final después de la cosecha del cultivo. Los macroelementos subieron de concentración sustancialmente durante el ciclo del cultivo, lo que muestra el efecto de la fertilización, en especial la acumulación de fósforo que subió cien veces su valor inicial, calcio dos veces y magnesio (cuatro veces). En los microelementos el Zn disminuyó con respecto a su valor inicial; Cu y B tuvieron un pequeño incremento en su concentración en el suelo en relación con la concentración inicial. Mn aumentó su concentración en el suelo de 15 a 25 ó 21 ppm y Fe disminuyó levemente su concentración. En los microelementos los valores fueron más altos a menor pH mostrando así la mayor disponibilidad a menor pH.

En el Cuadro 7 se muestran los resultados de los análisis de suelo por tratamiento después de la cosecha, estos se clasifican en rangos normales para el cultivo del crisantemo según el Cuadro 1; sin embargo, se observa que a pH bajo (5.84) tubo un aumento en los micronutrientes Zn, Fe, Mn, Cu y B; también los macronutrientes Mg y Na fueron levemente mayores a pH 5.84, el Ca muestra una tendencia contraria siendo mayor a pH 6.14; la CE mostró una tendencia a ser más bajo a menor pH. El Fe es el micronutriente que tuvo valores más altos a pH bajo, en promedio 306 mg/kg a pH 6.14 y 351 mg/kg a pH 5.84. Los valores de Mn en el suelo fueron levemente mayores a pH 5.84 con 24 mg/kg y 22 mg/kg a pH 6.14, observando que los valores de manganeso en el suelo fueron similares.

Los puntos necróticos que se manifestaron en mayor cantidad a pH bajo (5.84), tuvieron una relación con los microelementos ya que son más asimilables en medio ácido (Guerrero 1996) y los macroelementos son más disponibles a pH 6.14. Se observó que a esta condición de pH los tratamientos presentaron menos puntos necróticos, atribuyendo así los puntos necróticos del follaje a un microelemento.

Cuadro 6. Comparación de los análisis de suelo antes de siembra vs después del ciclo del cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Parámetro	pH	M.O	N-NO₃	P	Ca	Mg	K	Na	C.E	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	-----%-----			-----Meq/100 g suelo-----					--ds m ⁻¹ --	-----mg/kg-----				
Antes de siembra	5,72	1,9	ND [£]	2	10	3	0,9	ND	0.44	8,7	393	11	2	0,04
Fin del ciclo	5,84	2,0	2,0	297	21	13	2,95	0,44	1.98	6,0	351	25	2,75	0,33
Fin del ciclo	6,14	2,1	2,1	218	21	15	2,46	0,47	2.23	4,4	315	21	2,56	0,22
Diferencia[♠] pH 5.84	0,12	0,1	ND	295	11	10	2,05	0,44	1.99	-2,6	-42	14	0,75	0,18
Diferencia[♠] pH 6.14	0,42	0,2	ND	216	11	13	1,56	0,47	1.74	-4,2	-78	10	0,56	0,29

♠Diferencia de los nutrientes en el suelo en los dos análisis (Final-Inicial).

£ Dato no disponible.

Cuadro 7. Análisis de suelo por tratamiento en el cultivo del crisantemo. Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH suelo	Fe	Mn	MO	P	Ca	Mg	K	Na	CE	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	----- (mg/kg) -----		--- (%) ---	--- (mg/kg) ---	----- (cmol/kg) -----				--- ds/m ---		----- (mg/kg) -----			
5.84	0	0	2	339	25,6	14,3	3,5	0,5	2,52	11,3	370	23	3,02	0,33
	0	2	2	326	19,5	11,3	3,17	0,36	1,84	8,9	366	25	2,86	0,35
	0	10	1,8	346	21,5	11,5	2,43	0,33	2,07	5,7	358	36	2,9	0,3
	2	0	1,9	323	19,1	10,6	2,49	0,38	1,84	5,6	367	20	2,88	0,32
	10	0	1,9	346	22,7	13,4	3,59	0,61	2,00	6,2	360	22	2,85	0,36
	2	2	2,1	277	18,7	11,1	3,23	0,39	2,46	4,2	356	22	2,61	0,41
	10	10	2,2	311	21,2	12,2	3,25	0,63	2,21	5,8	348	35	2,66	0,34
	2	10	2,1	266	21,9	12,8	3,73	0,43	1,96	4,8	362	31	2,82	0,36
	10	2	2,1	322	23,1	13,7	3,55	0,7	2,24	7,4	366	24	2,87	0,35
	0.5	0.01	2,5	241	22,5	11,1	3,82	0,34	0,69	4,6	389	21	2,94	0,3
6.14	0	0	1,7	197	20,6	15,5	1,86	0,3	2,21	4,4	289	15	2,48	0,2
	0	2	2	233	20	14,6	2,12	0,32	2,37	4,1	311	19	2,51	0,24
	0	10	1,9	190	19,8	15,5	1,83	0,31	2,41	4	297	30	2,53	0,18
	2	0	2,1	215	20,1	15,7	2,53	0,42	2,72	3,6	307	15	2,45	0,18
	10	0	2	218	23,2	16,4	2,02	0,64	2,25	5,1	313	16	2,46	0,24
	2	2	2	199	19,1	14,9	1,98	0,49	2,43	3,5	310	18	2,43	0,27
	10	10	2	184	23	17,6	2,29	0,61	2,47	4	303	28	2,5	0,21
	2	10	1,9	228	19,9	15,9	2,36	0,41	2,42	3,9	312	31	2,58	0,24
	10	2	2,3	180	19,7	16,3	2,17	0,71	2,41	3,8	281	17	2,25	0,19
	0.5	0.01	2	209	20,3	16	2,19	0,29	0,62	3,6	291	17	2,53	0,14

Cuadro 8. Resultados de análisis foliares de los tratamientos muestreados en la semana 9 del cultivo del crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH suelo	Fe	Mn	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Zn	Mn	Fe	B	Cu
	----- (mg/kg) -----		----- (%) -----							----- (mg/kg) -----				
5.84	0	0	5,18	0,36	5,66	1,56	0,68	0,41	0,01	28	179	216	33	33
	0	2	5,06	0,33	5,97	1,45	0,64	0,4	0,01	30	171	238	31	5
	0	10	5,17	0,37	6,03	1,57	0,71	0,39	0,01	26	240	192	37	7
	2	0	5,06	0,36	6,1	1,47	0,71	0,39	0,01	24	137	156	37	11
	10	0	5,11	0,37	6,38	1,68	0,8	0,39	0,01	28	156	196	40	11
	2	2	5,01	0,34	5,92	1,54	0,74	0,39	0,02	29	177	186	35	6
	10	10	5,1	0,38	6,54	1,69	0,88	0,38	0,01	30	263	212	35	9
	2	10	5,07	0,35	6,37	1,61	0,74	0,39	0,01	31	265	231	33	7
	10	2	5,08	0,38	6,4	1,52	0,81	0,35	0,01	26	168	183	34	6
	0.5	0.01	5,01	0,33	6,22	1,26	0,54	0,36	0,01	28	182	195	33	10
6.14	0	0	5,21	0,35	6,38	1,35	0,89	0,37	0,01	23	100	456	32	9
	0	2	5,15	0,32	6,26	1,34	0,82	0,36	0,01	24	122	183	31	6
	0	10	5,26	0,33	6,25	1,34	0,92	0,39	0,01	23	154	173	31	9
	2	0	5,29	0,31	5,41	1,36	0,8	0,39	0,01	24	91	149	31	7
	10	0	5,21	0,35	6,09	1,36	0,91	0,37	0,01	25	70	212	33	7
	2	2	5,16	0,34	5,75	1,47	0,87	0,39	0,01	24	123	204	34	13
	10	10	5,13	0,32	5,89	1,34	0,94	0,39	0,01	24	123	170	31	7
	2	10	5,22	0,33	6,06	1,33	0,88	0,38	0,01	22	148	167	30	6
	10	2	5,2	0,33	5,97	1,33	0,95	0,38	0,01	25	73	168	29	22
	0.5	0.01	5,03	0,31	5,78	1,18	0,77	0,38	0,01	24	91	376	27	6

4.2 Análisis foliares

En el Cuadro 8 se pueden observar los valores de los elementos absorbidos por la planta hasta el final de su ciclo. La mayoría de los elementos se absorbieron de forma similar a ambos pH (5.84 y 6.14). Se observó una diferencia entre ambos pH, el contenido del Mn del follaje promedio a pH bajo (5.84) fue 193.8 ppm y del pH alto (6.14) fue 109,5 ppm; explicando así que a medida que la planta fue expuesta a condiciones de pH más bajos aumentó la absorción de Mn y se relaciona con el aumento en la sintomatología de puntos necróticos.

4.3 Biodisponibilidad de elementos

En el Cuadro 9 se muestra claramente que el suelo tuvo bajo nivel de Mn para ambos pH y que hubo un nivel medio y alto en el follaje; indicando que el elemento tuvo diferentes factores que lo hacen muy disponible a la planta y por eso su alto nivel foliar (Gauggel 2005)¹.

El análisis de los niveles de nutrientes y su grado de disponibilidad indican que indistintamente del pH, el suelo del experimento tenía una alta disponibilidad de Mg y K, disponibilidad media para Cu y B. En las hojas se encontraron altos niveles de K, en los dos pH (5.84 y 6.14), los demás elementos estaban en nivel medio. Solamente el Mn mostró diferencia en el nivel foliar indicando una mayor absorción a pH bajo del suelo (5.84), mientras que a pH alto (6.14) la absorción fue limitada (Cuadro 9). Los niveles altos de K en el suelo y hojas hicieron que se tuviera altos niveles de disponibilidad, como el K tiene una relación sinérgica con el Mn el incremento de concentraciones de K provoca un incremento en la concentración del Mn (Rodríguez *et al.* 2001).

Las concentraciones encontradas en los análisis foliares están dentro de los niveles aceptables para el cultivo del crisantemo; la variedad Yellow Vero es específicamente susceptible al Mn con relación a otras plantas de su mismo género. Para analizar dicho elemento en la variedad Yellow Vero se deberá tener en cuenta un rango más estrecho el cual se indica a continuación: 100-150 mg/kg rango bajo, 150-250 mg/kg rango medio o adecuado y >250 mg/kg rango alto.

¹ Gauggel C 2005. Biodisponibilidad de nutrientes. Comunicación personal.

Cuadro 9. Matriz de biodisponibilidad de los elementos por pH, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH	Elemento	Suelo	Nivel	Foliar	Nivel	Disponibilidad
5.84	Ca	21,0	Medio	1,5	Medio	Adecuada disponibilidad
	Mg	12,2	Alto	0,7	Medio	Disponibilidad limitada
	K	3,3	Alto	6,2	Alto	Niveles altos de fertilización
	Zn	6,5	Medio	28,0	Medio	Adecuada disponibilidad
	Fe	364,2	Bajo	200,5	Medio	Fertilización óptima
	Mn	25,8	Bajo	193,8	Alto	Alta absorción del elemento
	Cu	2,8	Deficiente	10,5	Medio	Fertilización óptima
	B	0,3	Deficiente	34,8	Medio	Fertilización óptima
6.14	Ca	20,6	Medio	1,3	Medio	Adecuada disponibilidad
	Mg	15,8	Alto	0,9	Medio	Disponibilidad limitada
	K	2,1	Alto	6,0	Alto	Niveles altos de fertilización
	Zn	4,0	Medio	23,8	Medio	Adecuada disponibilidad
	Fe	301,4	Bajo	225,8	Medio	Fertilización óptima
	Mn	20,6	Bajo	109,5	Medio	Alta absorción del elemento
	Cu	2,5	Deficiente	9,2	Medio	Fertilización óptima
	B	0,2	Deficiente	30,9	Medio	Fertilización óptima

La correlación de Mn del análisis foliar y el análisis de suelo con valores de 0.91 a pH 5.84 y 0.83 en pH 6.14 indican una estrecha relación entre el elemento del suelo y la hoja. Se observa un mayor contenido de Mn a pH bajo 0.91 mostrando que a mayor contenido de Mn en el suelo mayor absorción por la planta (Cuadro 10). El Mn del suelo fue el elemento más absorbido por las plantas; esta alta absorción de Mn se debe a factores ambientales y de manejo que afectan la respuesta de la planta.

Cuadro 10. Correlaciones de los análisis foliares por los análisis de suelo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH	Elementos								
	Ca	Mg	K	Na	Zn	Fe	Mn	Cu	B
5.84	0,12	0,39	0,3	-0,2	0	-0,08	0,91	0,6	0
6.14	-0,11	0,46	-0,7	0,0	0,2	-0,46	0,83	-0,9	0,8

4.4 Variables agronómicas

4.4.1 Calidad del follaje

Se encontró leve diferencia estadística en el número de puntos necróticos entre los tratamientos, es decir la diferencia numérica encontrada en cada tratamiento fue muy estrecha, por lo tanto se concluye que todos los tratamientos tuvieron semejanzas entre ellos en todos los segmentos de la planta. Sin embargo, los tratamientos que tuvieron el mejor resultado: para el segmento alto y bajo, en el que se obtuvo menor número de puntos necróticos, fue en el que se aplicaron 10 mg/kg de Fe y 2 mg/kg de Mn y para el segmento medio el mejor tratamiento fue el de 0 mg/ kg de Fe y 10 mg/kg de Mn (Cuadro 11).

Cuadro 11. Puntos necróticos en las hojas de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Elementos (mg/kg)		Segmento de la planta		
Fe	Mn	Alto	Medio	Bajo
0	0	2.1 ^{bcd}	1.9 ^{ac}	0.5 ^d
0	2	2.6 ^{abc}	2.4 ^{ab}	0.5 ^d
0	10	1.7 ^{cd}	1.0 ^d	2.1 ^b
2	0	2.3 ^{abcd}	1.8 ^{acd}	0.5 ^d
10	2	2.1 ^{bcd}	1.6 ^{cd}	0.2 ^d
2	2	2.9 ^{ab}	2.4 ^{ab}	0.4 ^d
10	10	2.3 ^{abcd}	1.7 ^{acd}	8.5 ^a
2	10	2.6 ^{abc}	2.4 ^{ab}	1.8 ^{bc}
10	2	1.4 ^d	1.2 ^{cd}	0.1 ^d
0.5	0.01	3.1 ^a	3.1 ^a	0.8 ^{cd}
Coefficiente de variación		103.54	95.54	191.13
R²		0.62	0.60	0.80

Valores con igual letra entre columnas no difieren significativamente ($P < 0.05$).

Al analizar los datos agrupados por pH se obtuvo los resultados del Cuadro 12; en el pH de suelo de 5.84 hubo una diferencia estadística comparado con el pH 6.14, la diferencia fue consistente en todos los segmentos de la planta: alto, medio y bajo mostrando que entre más ácido sea el pH mayor número de puntos necróticos en la planta. Es claro que a menor pH hubo una mayor cantidad de puntos necróticos en todos los segmentos de la planta, por lo cual se deduce que los síntomas son causados por toxicidad de microelementos. Se conoce que el pH es el factor más importante para mantener una nutrición óptima por micronutrientes, ya que a pH bajo el manganeso se encuentra disponible por lo que induce toxicidad (Reed 1992).

Se observó un incremento de puntos necróticos en el segmento superior, seguido por el medio y bajo, indicando que la manifestación de síntomas se presentó en su mayoría en la parte del follaje utilizado para la exportación de la flor.

Cuadro 12. Puntos necróticos en las hojas por cada segmento y a dos pH del suelo en el cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH del suelo	Segmento de la planta		
	Alto	Medio	Bajo
5.84	3.5 ^a	2.6 ^a	2.6 ^a
6.14	1.1 ^b	1.3 ^b	0.5 ^b
Coefficiente de variación	103.54	95.54	191.13
R²	0.62	0.60	0.80

Valores con igual letra entre columna no difieren significativamente ($P < 0.05$).

Basados en la relación existente entre el pH y los puntos necróticos se agruparon los datos por pH para los análisis restantes (Cuadro 13).

Se observa que el segmento alto fue el que tuvo mayor cantidad en los puntos necróticos, sintomatología seguida en cantidad por el segmento medio y bajo; también se observó claramente la disminución de puntos necróticos en el pH de 6.14 (Cuadro 13). La sintomatología se hizo más notoria aún con pequeños cambios en el pH del suelo, debe tenerse en cuenta que un pequeño cambio en el pH en realidad significa una alta diferencia en el contenido de hidrogeniones; el pH del suelo debe permanecer por encima de 6.5.

Cuadro 13. Puntos necróticos en las hojas por cada segmento contados en la semana nueve del cultivo de crisantemo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH	Elementos (mg/kg)		Puntos necróticos por segmento		
	Fe	Mn	Alto	Medio	Bajo
5.84	0	0	2,3	2,0	0,6
	0	2	3,3	2,5	0,6
	0	10	2,4	1,3	3,8
	2	0	1,5	3,3	1,5
	10	0	1,6	3,1	1,5
	2	2	1,9	4,4	1,6
	10	10	4,1	2,6	1,6
	2	10	4,1	3,1	2,6
	10	2	1,4	2,0	1,1
	0.5	0.01	3,5	3,4	0,6
6.14	0	0	2,0	1,8	0,5
	0	2	2,0	2,2	0,5
	0	10	1,0	0,8	0,6
	2	0	1,1	1,2	0,6
	10	0	0,7	0,6	0,0
	2	2	1,0	1,7	0,7
	10	10	0,5	0,8	0,3
	2	10	1,4	1,9	0,8
	10	2	0,3	0,6	0,2
	0.5	0.01	1,8	2,1	1,2

4.4.2 Calidad de la planta

En la longitud del tallo, diámetro del tallo y número de flores útiles se encontró diferencia estadística entre algunos de los tratamientos, sin embargo estas diferencias no afectan los estándares comerciales de calidad de la flor.

En la longitud del tallo el tratamiento que más altura presentó fue el de 0 mg/kg de Fe y Mn; en el diámetro del tallo los mejores tratamientos fueron 2 mg/kg de Fe y 10 mg/kg de Mn e igualmente el de 10 mg/kg de Fe y 2 mg/kg de Mn; en el número de flores útiles el mejor tratamiento fue el de 10 mg/kg de Fe y 10 mg/kg de Mn (Cuadro 14).

Cuadro 14. Variables de la calidad de la planta, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Elementos (mg/kg)		Característica		
Fe	Mn	Longitud tallo (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número flores útiles
0	0	90.0 ^a	0.6 ^b	5.9 ^e
0	2	88.0 ^{abc}	0.7 ^a	6.2 ^d
0	10	89.7 ^a	0.6 ^b	6.4 ^{bcd}
2	0	89.6 ^a	0.6 ^b	6.6 ^b
10	2	88.4 ^{abc}	0.6 ^b	6.3 ^{cd}
2	2	89.6 ^{abc}	0.6 ^b	6.4 ^{bcd}
10	10	86.4 ^c	0.6 ^b	7.2 ^a
2	10	88.7 ^{ab}	0.7 ^{ab}	6.6 ^b
10	2	86.6 ^{bc}	0.7 ^{ab}	6.5 ^{bc}
0.5	0.01	89.7 ^a	0.6 ^b	5.7 ^e
Coefficiente de variación		7.0	34.6	11.1
R²		0.58	0.52	0.66

Valores con igual letra entre columna no difieren significativamente ($P < 0.05$).

Al agruparse los tratamientos por pH se observa una diferencia significativa en la longitud del tallo y el número de flores útiles a diferentes pH del suelo. La calidad de la planta es mejor mientras mayor sea el diámetro del tallo, la longitud del tallo y el número de flores útiles. No se encontró una relación entre las variables con el mejor parámetro de calidad y el efecto de los pH del suelo; en el diámetro del tallo no hubo diferencia estadística por el efecto de los pH del suelo (Cuadro 15).

Cuadro 15. Variables de la calidad de la planta a dos pH del suelo, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

pH suelo	Longitud tallo (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de flores útiles
5.84	86.6 ^b	0.7 ^a	6.5 ^a
6.14	90.8 ^a	0.6 ^a	6.2 ^b

Valores con igual letra entre columna no difieren significativamente ($P < 0.05$).

4.5 Relación entre los nutrientes y los puntos necróticos.

El Mn obtuvo en las correlaciones de los puntos necróticos y el contenido de elementos foliares valores de 0.79, 0.48 y 0.98 en el segmento alto, medio y bajo respectivamente, manifestando esta correlación positiva que a mayor cantidad de Mn presente en la hoja, mayor número de puntos necróticos en el follaje. Al igual que el Mn el Zn presentó valores de 0.80 y 0.83 en el segmento alto y bajo. En los microelementos Fe, B, Cu no se encontró

relación (Cuadro 16). Sin embargo hay que recordar que los niveles de Zn son medios en la plata mientras que los de Mn son medios a altos (Cuadro 9). El Mn tuvo una correlación negativa con los puntos necróticos en el segmento bajo, por lo que se puede pensar que el Mg tiene un efecto supresivo en la absorción de Mn. El Mg tiene un efecto de supresión en la absorción del manganeso. El Mg es antagonista del manganeso (Rodríguez A *et al.* 2001).

Cuadro 16. Correlaciones de los análisis foliares y los puntos necróticos en las hojas para cada segmento de la planta, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Segmento planta	Elemento											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Zn	Mn	Fe	B	Cu
Alto	0,36	0,36	0,49	0,49	-0,47	0,07	0,00	0,80	0,79	-0,01	0,27	0,02
Medio	0,62	0,38	0,51	0,46	-0,46	0,08	0,53	0,67	0,48	-0,21	0,50	0,04
Bajo	0,49	-0,14	0,11	0,50	-0,72	0,58	-0,13	0,83	0,98	-0,45	-0,20	-0,45

La correlación entre el Mn del suelo con los puntos necróticos del follaje presentó valores de 0.44, 0.06, 0.99 en el segmento alto medio y bajo respectivamente, mostrando una alta relación en el segmento bajo, indicando que a menor contenido del suelo en Mn menor el números de puntos necróticos en el follaje; el Fe presentó valores de 0.63, 0.77 y 0.62 para el segmento alto medio y bajo respectivamente (Cuadro 17). Concentraciones altas de Fe disminuyen la concentración del Mn (Rodríguez A *et al.* 2001).

Cuadro 17. Correlaciones de los análisis de suelo por los puntos necróticos en las hojas para cada segmento de la planta, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.

Segmento planta	Elemento									
	Ca	Mg	K	Na	Zn	Fe	Mn	Cu	B	
Alto	0,12	-0,67	0,64	-0,29	0,34	0,63	0,44	0,59	0,54	
Medio	-0,17	-0,79	0,75	-0,30	0,29	0,77	0,06	0,63	0,84	
Bajo	0,32	-0,44	0,71	0,16	0,17	0,62	0,99	0,58	0,49	

Todos los datos indican que los puntos necróticos en las hojas son una manifestación de intoxicación con Mn, que se acentúa a pH menores. Además de la disponibilidad de este elemento en el suelo, deben tenerse en cuenta otros factores que acentúan su disponibilidad.

4.6 Factores que aumentan la absorción del Manganeso

Algunos de los factores implicados en la alta absorción del manganeso se explican a continuación:

El sistema de riego utilizado por Cultivos San Nicolás deposita mayores concentraciones de agua en los bordes de las camas y en las esquinas, en las cuales los puntos necróticos se intensifican comparándolas con las zonas restantes; debido a la práctica manual de riego y su irregularidad de aplicación causa inundación en estas zonas suelos y los suelos inundados con falta de aireación incrementan el Mn soluble (Giordano *et al.* 1983).

Observaciones de campo en perfiles de suelos y barrenaciones indican que estacionalmente en la época lluviosa, los niveles freáticos suben hasta 30-40 centímetros de la superficie, lo cual resulta en reducción de óxido de manganeso haciéndolo más soluble y por ende más absorbible por la planta lo cual también puede estar incidiendo en las altas concentraciones de este elemento en la planta y en toxicidad potencial (Gauggel 2005)

Por otra parte se observa que cuando las radiaciones son altas los puntos necróticos aumentan; el requerimiento de Mn disminuye en algunas plantas expuestas a altas intensidades de luz, acentuando la toxicidad de Mn bajo estas condiciones (Giordano *et al.* 1983).

En el suelo los niveles de Mn^{+2} pueden aumentar hasta 10 veces con la combinación de alta temperatura y materia orgánica (Giordano *et al.* 1983). Las aplicaciones de compost que se hacen como práctica en el cultivo, también pueden estar aumentando la disponibilidad del Mn.

5. CONCLUSIONES

Las diferentes dosis de Fe y Mn que se aplicaron al suelo no mostraron un efecto sobre los puntos necróticos de las hojas en el cultivo de crisantemo variedad Yellow Vero en Cultivos San Nicolás.

Se determinó que a diferentes valores de pH cambia la incidencia de los puntos necróticos, siendo mayores cuando los pH fueron más bajos.

Las concentraciones foliares de Mn en la planta y la alta absorción del elemento determinaron que éste elemento fuese el causante de los puntos necróticos; no así el Fe.

Niveles foliares de más de 205 mg/kg de Mn se deben considerar como muy altos en la variedad Yellow Vero.

Con este experimento no quedó clara la relación entre los elementos Fe y Mn, tampoco la interacción de los mismos en los puntos necróticos de la variedad Yellow Vero.

El pH del suelo influyó sobre el diámetro y longitud del tallo. Cuando el pH es más bajo el diámetro es mayor y la longitud del tallo menor.

Se encontró diferencias estadísticas en el efecto de los tratamientos sobre la calidad de la planta, los tratamientos se mantuvieron entre los rangos óptimos para la exportación del crisantemo variedad Yellow Vero.

6. RECOMENDACIONES

Suspender temporalmente las aplicaciones de Mn en el fertirriego; cuando el Mn baje foliarmente de 150 ppm hacer aplicación de dosis de mantenimiento de 0.2 ppm; si los niveles llegaran a bajar mucho hacer aplicaciones normales de 0.05 ppm en la variedad Yellow Vero.

Mantener el pH del suelo por encima de 6.5 mediante aplicaciones de cal agrícola.

Al momento del riego evitar los excesos de agua; preferiblemente plantar esta variedad en el área donde se tiene riego por goteo para evitar los excesos de agua en los extremos de las camas.

Disminuir la luminosidad cubriendo con maya de polipropileno las camas de Yellow Vero, hacer pruebas para determinar el porcentaje de sombra a utilizar.

Suspender aplicaciones de materia orgánica antes de la siembra de la variedad Yellow Vero ya que esta provee Mn que reacciona a altas luminosidades aumentando la absorción por la planta, haciéndola más vulnerable a la toxicidad.

Evaluar el efecto de la humedad en la disponibilidad de Mn y controlar las aplicaciones de agua (riego) para que la humedad sea uniforme en toda el área; preferiblemente usar el sistema de riego por goteo para evitar excesos de riego con el método de manguera.

En otros ensayos tener en cuenta la intensidad y tamaño de los puntos necróticos que disminuyen el área foliar de la planta.

Revisar la disponibilidad de Mn en el medio de enraizamiento de los esquejes.

Controlar los ascensos de nivel freático para que el suelo no llegue a niveles altos de humedad.

Inspeccionar las dosis de fertilización de los elementos antagónicos y sinérgicos del Mn como lo son Mg, K, Fe, Cu.

7. BIBLIOGRAFÍA

Bidwell. 1990. Fisiología Vegetal. A.C.T. Editor, S.A. Trad. GG Cano. México D.F. p 284-285.

CIDEIBER (Centro de Información y Documentación Empresarial sobre Iberoamérica).1998. Información de los países. Colombia. Actividades del sector primario. Sector agrícola vegetal (en línea). Consultado 19 nov. 2004. Disponible en: <http://www.cideiber.com/infopaises/reparte1.asp?p=2>

Dr. Calderón Labs. 2005. Tablas de niveles críticos. (en línea). Consultado 10 sep. 2005. Disponible en: <http://www.drcaideronlabs.com/Agracces/Entrada.htm>

Edwards, D. G ; Asher, C.J. 1982. Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. In "Proceeding of the Ninth plant nutrition Colloquium, Warwick, England". A. Scaife, ed. 145-150 p. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks, UK.

Florvertical (Associació d'agricultors viveristes de Barcelona). 2004. Sector de la flor en Colombia. (En línea). Barcelona. Consultado 20 nov. 2004. Disponible en: http://vivbcn.florvertical.com/informacion/tendencia.cfm?id_tendencia=10

Giordano, P.M; Mortvedt, J.J; Lindsay, W, L. 1983. Micronutrientes en la agricultura: condiciones climáticas y de suelos que promueven la deficiencia de micronutrientes en plantas. Trad. C. V Garibay. AGT editor S.A. México D.F. p 291- 310.

Gómez, D; Montoya, J. 2004. Problemática fitotoxicidad y amarillamiento en el follaje de crisantemos. (Microsoft PowerPoint). CSN, Colombia.

Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Microelementos u oligoelementos. Edi. Mundi Prensa. España. p 80-82.

Horst, M. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Limited. Edit. San Diego. p 325- 332.

Municipio de la Ceja. 2005. Generalidades. (en línea). Colombia, Consultado 26 jun, 2005. Disponible en: www.laceja.gov.co/webLaCeja/index.asp

Reed, D. 1992. Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero:

nutrición por micronutrientes. Bogotá. Carlos Valencia Editores. p 173.

Rodriguez, A; Hoyos, M; Chang, M. 2001. Soluciones nutritivas en Hidroponía: la solución nutritiva. Edit. UNALM. Lima Perú. p 25.

SAS®. 2000. User`s Guide. Statistical Analysis Institute Inc. Carey N.C.SAS®. 2000. User`s Guide. Statistical Analysis Institute Inc. Carey N.C.

Wissemeier, A. H; Horst, W, J. 1992. Effect of light intensity on manganese toxicity syptoms and callose formation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Plant soil 146 (1) 67-75.

8. ANEXOS



Anexo 1. Sintomatología de puntos necróticos en Crisantemo tipo pompón en la variedad Yellow Vero, Cultivos San Nicolás, Colombia, 2005.