

**EFFECTO DE FULVATOS DE CALCIO, BORO Y  
MAGNESIO EN LA VIDA DE POSTCOSECHA  
EN TOMATE**

**JORGE ALBERTO RAMIREZ LEYVA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN HORTICULTURA**

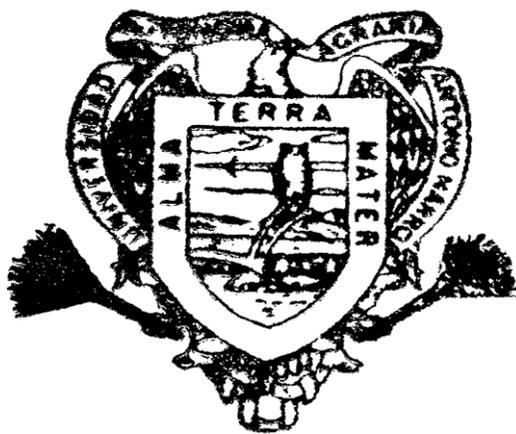
**Universidad Autonoma Agraria**

**"Antonio Narro"**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coah.**

**FEBRERO DE 2001**



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
SUBDIRECCION DE POSTGRADO

EFFECTO DE FULVATOS DE CALCIO, BORO Y MAGNESIO EN LA VIDA DE  
POSTCOSECHA EN TOMATE

TESIS  
POR

JORGE ALBERTO RAMIREZ LEYVA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

Ph. D. Alfonso Reyes López

Asesor:

M.C. Leobardo Bañuelos Herrera

Asesor:

M.C. Jaime Moisés Rodríguez del Angel

Asesor:

M.C. Lindolfo Rojas Peña

Ph. D. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero de 2001.

18017

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico brindado durante el periodo de la Maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por la segunda ocasión que me brinda su hospitalidad.

Al Grupo Bioquímico Mexicano, por la aportación hecha a esta investigación.

Al Dr. Alfonso Reyes López, por sus consejos para mi superación, así como por la responsabilidad asumida en este trabajo.

Al M.C. Leobardo Bañuelos Herrera, por su colaboración en el seguimiento de este trabajo.

Al M.C. Jaime Moisés Rodríguez del Angel, por su participación en la elaboración de este trabajo.

Al M.C. Lindolfo Rojas Peña, una vez más le agradezco su amistad, apoyo académico y la hospitalidad brindada.

A Mario Alberto Flores por el apoyo incondicional brindado durante todo el trabajo de investigación.

A la Familia González Camarillo, gracias por su confianza, así como por su amistad.

A la Familia Bacópulos Mejía, nuevamente gracias por su cariño y amistad.

## DEDICATORIA

A **Dios** Nuestro Señor. Por darme el privilegio de vivir, de amar y de lograr los propósitos que planeamos juntos.

### **A mis Padres:**

- ❖ Sr. Cuauhtémoc Ramírez Bencomo
- ❖ Sra. María Iris Leyva Victorino

Gracias por confiar en mí. Gracias por guiarme por el camino del saber, este camino que ustedes antes ya han recorrido. Les dedico este logro, que más que mío, también es de ustedes.

### **A mis hermanos:**

- ❖ Cuauhtémoc Jr.
- ❖ María Magdalena
- ❖ Iris Krystal
- ❖ Sófocles

Que Dios los bendiga, y gracias por todo su cariño.

### **A Yaritzi Ximena:**

Gracias hermana por ser el impulso más grande que me motiva a seguir adelante.

**A Sandra Alicia:**

Gracias por brindarme tu cariño. Gracias por ser como eres y... Por tu amor.

**A mis Primos:**

Magdiel, Sabino, Arnoldo, Marichuy, Cuauhtémoc, Lenin, Pepe, Xochitl, Nezahualcoyotl, Enedino, Cristóbal, Sabino (Ney).

**A mis compañeros y amigos:**

Arnulfo Gustavo, Silvia, Carlos Javier, Rodrigo Emilio, Alfonso, Anaxímenes, Bladimir, Victor Hugo.

A mis compañeros de la **Dirección General de Fomento Agrícola del Gobierno de Guerrero**: Con especial dedicatoria a los Igs., José Nuñez, Eduardo Figueroa, Moisés Medrano, Isidoro Luna, María de Jesús y Rosa Isela.

# COMPENDIO

Efecto de Fulvatos de Calcio, Boro y Magnesio en la Vida de Postcosecha  
en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Por

JORGE ALBERTO RAMIREZ LEYVA

MAESTRIA EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buena Vista, Saltillo, Coahuila. Febrero de 2001.

Dr. Alfonso Reyes López. - Asesor -

Palabras Clave: Tomate, Calcio, Boro, Firmeza, Postcosecha.

La firmeza es el parámetro más importante en la vida de anaquel en frutos climatéricos como el tomate, y este es uno de los atributos de calidad que se puede mejorar con un buen manejo de fertilización, debido a esto, en el presente trabajo se estudió el efecto de dos formulaciones de fulvatos de calcio, boro y magnesio dentro de diferentes soluciones nutritivas sobre la calidad del fruto, rendimiento, así como en su

vida de anaquel a 10 días durante el periodo de Junio-Diciembre de 1999. Se llevaron a cabo dos trabajos de investigación, experimento en campo así como en invernadero. El diseño empleado en campo fue bloques al azar con 15 repeticiones, y en invernadero se utilizó un diseño bloques al azar con arreglo factorial 4x4 con 4 repeticiones por tratamiento. Los resultados más destacados en campo, fueron la firmeza de frutos en  $\text{kg cm}^{-2}$  y rendimiento en  $\text{kg planta}^{-1}$  correspondientes al tratamiento 5 formulado con Ca, B, Mg a  $2.5 \text{ g L}^{-1}$  que fue superior en la producción en 76 por ciento y 78 por ciento respectivamente comparados con el testigo absoluto y comercial. En invernadero, los resultados que presentan a la mejor firmeza de frutos en anaquel se concentra en el tratamiento Ca, B, Mg de la solución sin B.

## ABSTRACT

Effect of Fulvates of Calcium, Boron and Magnesium in the Life Postharvest  
in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

By

JORGE ALBERTO RAMIREZ LEYVA

MASTER IN SCIENCE

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenvista, Saltillo, Coahuila. February 2001.

Ph. D. Alfonso Reyes López – Advisor –

Key Words: Tomato, Calcium, Boron, Firmness, Postharvest.

The firmness is the most important parameter in the shelf life in fruits climaterics like the tomato, and this it is one of the attributes of quality that can improve with a good fertilization handling, due to this, presently work was studied the effect of two formulations of fulvates of calcium, boron and magnesium inside different nutritious solutions about the quality of the fruit, yield, as well as in its shelf life to 10 days during the period of June-December of 1999. They were carried out two investigation works,

experiment in field as well as in greenhouse. The design used in field was blocks at random with 15 repetitions, and in greenhouse it was used a design blocks at random with factorial arrangement 4x4 with 4 repetitions for treatment. The most outstanding results in field, were the firmness of fruits in  $\text{kg cm}^{-2}$  and yield in  $\text{kg plant}^{-1}$  corresponding to the treatment 5 formulated with Ca, B, Mg to  $2.5 \text{ g L}^{-1}$  that was superior in the production in 76 and 78 per cent respectively compared with the absolute and commercial control. In greenhouse, the results that they present to the best firmness of fruits in shelf concentration the treatment Ca, B, Mg of the solution without B.

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| RESULTADOS Y DISCUSION.....     | 26 |
| Experimento en campo.....       | 26 |
| Rendimiento.....                | 26 |
| Firmeza de frutos.....          | 27 |
| Sólidos solubles.....           | 28 |
| Experimento en invernadero..... | 28 |
| Rendimiento.....                | 28 |
| Firmeza de frutos.....          | 30 |
| VIDA DE ANAQUEL.....            | 30 |
| Firmeza de frutos.....          | 30 |
| Sólidos solubles.....           | 31 |
| Pérdida de peso.....            | 32 |
| CONCLUSIONES.....               | 33 |
| LITERATURA CITADA.....          | 34 |
| LITERATURA CITADA.....          | 37 |
| APENDICE.....                   | 43 |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro |  | Página |
|--------|--|--------|
| 1      | Tratamientos utilizados en el experimento de invernadero.....                                  | 24     |
| 2      | Soluciones nutritivas aplicadas al sustrato, así como las soluciones aplicadas al follaje..... | 25     |
| 3      | Rendimiento total promedio del experimento de campo.....                                       | 27     |
| 4      | Comportamiento promedio de la firmeza y sólidos solubles de frutos de tomate.....              | 28     |
| 5      | Firmeza promedio de los frutos evaluados en el experimento de invernadero.....                 | 30     |
| 6      | Promedio de los sólidos solubles de frutos evaluados a 10 días de anaquel.....                 | 32     |

## INDICE DE FIGURAS

| Figura |  | Página |
|--------|--|--------|
| 1      | Promedio del rendimiento total por planta en el experimento de invernadero.....                                | 29     |
| 2      | Promedio de la firmeza de frutos evaluados a 10 días de anaquel.....   | 31     |
| 3      | Comportamiento de medias de la interacción de la pérdida de peso de frutos evaluados a 10 días de anaquel..... | 33     |

## INTRODUCCION

En nuestro país, el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), es la hortaliza de mayor importancia económica, ya que se plantan cerca de 80,000 hectáreas, seguido por la papa y el chile.

La producción nacional de tomate se concentra en los estados de Sinaloa y Baja California Norte, y destinan la mayor parte a la exportación. Los estados de Morelos, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y San Luis Potosí, para consumo interno.

La fertilización, dentro de los modos de producción, es determinante, ya que algunos elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de los cultivos, tanto por sus características, como por otros factores, no están disponibles. Algunos de estos elementos son el calcio, el boro y el magnesio.

Con el auge de la agricultura orgánica, el uso de sustancias orgánicas en los programas de fertilización, va en aumento.

La aplicación de sustancias orgánicas líquidas, vía foliar, es una buena alternativa, ya que poseen ventajas para su uso por las plantas, sobre las formas aplicadas al suelo.

La calidad del fruto, es un parámetro de gran importancia, ya que es determinante considerarla para la vida de anaquel del tomate.

Por lo expuesto, los **objetivos** del presente trabajo son:

- ❖ Determinar la dosis óptima, vía foliar, de fulvatos de calcio, boro y magnesio.
- ❖ Establecer el efecto de los fulvatos en la firmeza, calidad y rendimiento del tomate.

### **Hipótesis:**

- Los fulvatos de calcio, boro y magnesio, aumentan la firmeza, calidad y rendimiento del tomate.

## REVISION DE LITERATURA

### Las sustancias húmicas

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere a la suma de todas las sustancias orgánicas que contienen carbón. Química y físicamente, consiste de una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente, de productos desmenuzados, y de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Khan, 1972, 1978; Schnitzer y Schulten, 1995 y Schnitzer, 2000).

La materia orgánica del suelo, por convención, es dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas (Flaig *et al.*, 1975; Schnitzer y Khan, 1978).

Las sustancias no húmicas son: carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y compuestos de bajo peso molecular (ácidos orgánicos) (Felbeck, 1965), celulosa, hemicelulosa y lignina (Kononova, 1963; Schnitzer, 1978; Aleksandrova, 1994; y Schnitzer y Schulten, 1995; Yano *et al.*, 1998).

Las sustancias no húmicas se descomponen gracias a dos procesos: la mineralización y la humificación. La mineralización, es la formación de compuestos, en general solubles (nitratos, fosfatos, etc.), o gaseosos (CO<sub>2</sub>), por la acción de microorganismos y la humificación, la cual ocurre bajo condiciones aeróbicas, consiste

en la síntesis química y/o biológica de compuestos, de residuos de plantas y animales por la actividad enzimática de los microorganismos (Dachanfour, 1984).

Las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estables que su forma original; provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de la síntesis de microorganismos (Schnitzer 1978; Stevenson, 1982).

Las características generales de las sustancias húmicas son: color oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular, del cual va desde algunos cientos a algunos miles (Schnitzer, 1978).

Las sustancias húmicas tienen dos orígenes: 1) residuos vegetales y animales humificados (Schulten y Leinweber, 1995; Schnitzer y Schulten, 1992; Diné *et al.*, 1998), y 2) estos mismos desechos orgánicos, depositados y cubiertos con arcilla y/o arena, comprimidos lentamente durante miles de años en la tierra, para formar petróleo, carbón y minerales fósiles (turbas, lignitos y leonardita) (Senn y Kingman, 1973; Senn y Godley, 2000).

Las sustancias húmicas están divididas en tres fracciones, basadas en su disolución en medios líquidos, básicos y ácidos (Schnitzer, 1978 y 1980; Stevensen, 1982; Piccola, 1990; Christopher, 1996; Schnitzer, 2000).

Las tres fracciones son: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR).

Los ácidos húmicos no son solubles en agua, pero si en compuestos alcalinos y precipitan en ácido (pH 2-4). Estos compuestos son los de mayor cantidad y estudiados de las sustancias húmicas.

Los ácidos fúlvicos son soluble en agua bajo cualquier condición de pH, es decir, permanecen en solución, después de la remoción de los AH por acidificación.

Las huminas no son solubles, ni a cualquier pH del medio (Schnitzer, 1978; Stevenson, 1982; Schnitzer y Schulten, 1995; Schnitzer, 2000).

Dentro de todas las características, la más importante, tal vez, es la presencia de los grupos funcionales libres, ya que de ellos depende el accionar de los compuestos húmicos en: mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y en la nutrición y fisiología vegetal (Sorge *et al.*, 1994; Stevenson y Schnitzer, 1997; Dinel *et al.*, 1998; Novosha *et al.*, 1992; Schnitzer, 1993, 1995, 2000).

### **Efecto en las plantas**

Según Chen y Aviad (1990), las sustancias húmicas y una adecuada nutrición vegetal, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta. La estimulación del crecimiento de la raíz es generalmente más aparente que la estimulación del crecimiento del tallo. La típica respuesta muestra incrementos en el crecimiento a medida que se incrementa la concentración de sustancias húmicas en la solución nutritiva, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas. El tallo muestra generalmente el mismo comportamiento en la respuesta al crecimiento a las sustancias húmicas, sin embargo, la magnitud de la respuesta del crecimiento es

menor. Las aplicaciones foliares mejoran el crecimiento de la raíz y elongan la estructura foliar. Además las sustancias húmicas, pueden formar complejos con cationes metálicos, lo que mejora la absorción. Una pequeña fracción de bajo peso molecular de las sustancias húmicas puede ser tomada por las plantas, estos componentes al parecer incrementan la permeabilidad de la membrana celular y tiene efectos similares al de las hormonas.

Los ácidos húmicos y fúlvicos afectan al crecimiento vegetal de forma directa, al formar raíces adventicias, respiración de la raíz, síntesis de proteínas, e indirectamente a la disposición de iones y traslocación dentro de la planta (Elgala *et al.*, 1978; Linehan, 1997; Ranthan y Schnitzer, 1981; Tyler y McBride, 1982; Vanghan y Malcolm, 1985).

Los resultados de ciertos experimentos indican que los ácidos fúlvicos tienen efectos ligeramente superiores a los ácidos húmicos, de aquí que las concentraciones de los materiales húmicos sean importantes, y generalmente la respuesta disminuye a altas concentraciones.

Los ácidos húmicos presentan cierto efectos en la planta como el traslado de nutrimentos desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los sitios de acumulación; son activadores y estabilizadores de algunas enzimas. Ayudan al desarrollo temprano de las plantas al recuperar la tensión (estrés) de trasplante, mayor expansión foliar e incremento del sistema radical (Flores, 1993).

Fracciones de ácidos húmicos presentan una sorprendente capacidad de actuar estimulando los procesos fisiológicos y bioquímicos; y que su estímulo se basa en los procesos energéticos relacionados con la respiración y la síntesis de ácidos nucleicos,

esto produce una elevación en la vitalidad del organismo vegetal bajo la acción de sustancias biológicamente activas al aumentar la asimilación de los elementos nutritivos del suelo (Kononova, 1982).

El ácido húmico y el fúlvico, de varias fuentes, tienen efecto positivo en el crecimiento de la planta a través de la aceleración de los procesos respiratorios, al incrementar la permeabilidad de las células y por la estimulación hormonal (Facbenro y Agboola 1993; David *et al.*, 1994).

Reyna (1996), establece que el efecto de las sustancias húmicas eleva la actividad de los fermentos sintetizantes, en especial la endolasa y la sacarosa, lo que conduce a la acumulación de carbohidratos solubles en la planta. Con esto se relaciona la elevación de la presión osmótica de la planta, que contribuye a una mayor resistencia al marchitamiento en los periodos de sequía en el aire. Además, la participación de estas sustancias, activa los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta y las dosis bajas de dichas sustancias contribuyen a la elevación de la intensidad de respiración, metabolismo y crecimiento del organismo vegetal. La consecuencia de esto es el consumo más enérgico de los elementos nutritivos del suelo y fertilizantes.

En un experimento en papa con suelo calcáreo (Andrade, 1995), aplicó ácido húmico comercial Humitrón 50G, poliquel de calcio + fertilizante sulfato de potasio (50 por ciento de  $K_2O$ ) y sulfato de magnesio al 10% se logró mejorar el rendimiento. Los mayores efectos fueron con el nivel alto de ácido húmico (100 kg/ha) y los niveles medios poliquel de calcio (6 lt/ha) + sulfato de potasio (300 kg/ha) y sulfato de magnesio (25 kg/ha). Con el nivel medio y alto del ácido húmico se presentaron

cambios en algunas de las características evaluadas en el suelo, pero no fueron significativas.

## El Calcio

Las funciones fisiológicas del calcio en las plantas son diversas, es un mensajero celular, integra las membranas, da rigidez a la pared celular y el mantenimiento del contacto de célula a célula, pero también asociado a las membranas previene la pérdida de iones causada por el estrés, juega un papel importante en el metabolismo del nitrógeno al involucrarse con la actividad nitrato reductasa para la asimilación de nitratos a nitritos. Aparte, una de sus funciones principales es como constituyente de la membrana celular, cuya lamina media se compone en gran parte del pectato de calcio lo cual es de vital importancia ya que si se reemplaza el calcio por algún otro elemento (K, Mg) los materiales orgánicos se lixivian a través de las membranas celulares. Otras funciones son: proporciona una buena base para la neutralización de los ácidos orgánicos, está relacionado con los puntos de crecimiento (meristemas), especialmente con las puntas y raíces pueden ser de importancia para la absorción de nitrógeno (Poovaiah, 1993; Matsumoto *et al.*, 1980).

El calcio se relaciona a la síntesis de proteína por su incremento sobre la asimilación de nitrógeno y se asocia con la actividad de ciertos sistemas enzimáticos, generalmente es considerado inmóvil. El papel del calcio sobre el alargamiento de las células y desarrollo de los tejidos meristemáticos ha sido complicado por los resultados de investigaciones contradictorias.

La eficiencia en la distribución y utilización del calcio dentro de las plantas difiere entre líneas y cultivares, por ejemplo una línea eficiente tiene la capacidad de mantener una relación alta de calcio soluble/insoluble y tiene un movimiento lento pero continuo del calcio absorbido, al permitir el crecimiento de órganos apicales y metabolismo en todas las partes de la planta bajo deficiencia de calcio. En caso contrario una línea ineficiente no es capaz de mantener una buena cantidad de calcio soluble en los tejidos, depositándose el calcio en las hojas basales y teniendo poco movimiento ascendente en la planta después de la absorción (Behling *et al*, 1989). Aparte, la eficiencia o ineficiencia de la absorción de calcio trae consigo que otros cationes como potasio o magnesio incrementen o disminuyan la absorción (English and Baker, 1987).

Marti y Mills (1991), citan que en un experimento realizado en Chile pimiento, el primer pico de absorción del calcio ocurre durante la floración, y este es el más pequeño. El segundo pico y el más grande de la absorción de este elemento se da durante el desarrollo de los segundos y tercer racimos de frutos; por lo tanto, las aplicaciones complementarias de calcio deben realizarse antes de este periodo de la demanda máxima para reducir potencialmente la pudrición apical en los frutos.

La absorción del calcio está influenciada por la radiación solar, ya que este factor determina la tasa de transpiración por las hojas y frutos y por consiguiente la absorción del nutrimento, este elemento se mueve con menor facilidad a los órganos de baja transpiración como los frutos de tomate (Adams y Ho, 1993).

Brown y Ho (1993) y Niebla y Driss-Ecole (1989), señalan que el movimiento acropétalo del calcio dentro de tejidos de baja transpiración como en los frutos de

tomate, es debido al transporte basipétalo de auxinas como el ácido indolacético (IAA) Pero también dicho movimiento de auxinas puede ser reducido al aplicar inhibidores como el ácido tribenzoico (TIBA) o cloroflenurol (CME) en las flores y frutos de tomate (Banuelos *et al.*, 1987).

Otro factor que influye en la absorción del calcio es la temperatura de la zona de la raíz, se ha observado que la temperatura óptima para la absorción del calcio y para nutrimentos mayores es de 25 ° C (Adams y Ho, 1993; Tindall *et al.*, 1990).

La mayoría de los suelos contienen calcio suficiente para permitir un suplemento y crecimiento vegetal óptimo (Salisbury y Ross, 1994). Sin embargo, en las regiones con alta precipitación, los suelos se vuelven ácidos debido a las altas concentraciones de iones de aluminio (Al) y manganeso (Mn), lo que provoca por consecuencia, la deficiencia de iones calcio, magnesio (Mg), potasio (K) y/o fósforo (P) (Elamin y Wilcox, 1986; Keltjens y Tan, 1993; Le Bot *et al.*, 1990).

Los suelos calcáreos altos en  $\text{CaCO}_3$  limitan la absorción de otros cationes (disminuyendo la CIC), por lo que la aplicación de azufre elemental (agrícola) es recomendado para que a través de su oxidación se forme yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), el cual se precipita al subsuelo y mejora la capacidad de intercambio catiónico, además, el calcio y azufre se tornan más solubles para su absorción (Dawood, 1989). Dicho fertilizante ha mostrado acidular mejor los suelos que otros fertilizantes azufrados como el  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Nielsen *et al.*, 1993).

La concentración total de cationes de calcio, potasio y magnesio, en el suelo, es gobernada por la cantidad de aniones solubles como el cloro (Cl), sulfatos ( $\text{SO}_4$ ),

nitratos ( $\text{NO}_3$ ), carbonatos de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) y la proporción entre los diferentes cationes es dependiente de las reacciones de intercambio, por ejemplo, una alta relación potasio/calcio induce deficiencias de calcio y magnesio debido a la poca absorción de dichos nutrimentos. La adición de iones al cloro incrementa la solubilidad y absorción de los mismos. Para que exista una buena absorción y traslocación de calcio a los puntos de crecimiento de la raíz es necesaria una traslocación simultánea de fosfatos para formar iones pares o complejos antes o después de la absorción, ya que un ion influencia al otro en su absorción y traslocación a los puntos de crecimiento de raíces (Jakobsen, 1993).

Los iones sulfatos son los principales aniones que se unen al calcio para ser absorbidos y traslocados durante el forzado de cultivos (desarrollo de yemas productivas), en segundo plano se encuentran los iones nitratos y por último los iones cloro (Fouldrin *et al.*, 1993).

La salinidad creada por el cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) también limita la absorción de calcio y su traslocación en toda la planta. Sin embargo, el crecimiento y desarrollo de las plantas cuando están en estrés salino pueden mejorarse con la adición de calcio o potasio (Satti *et al.*, 1994), la fertilización con potasio debe excederse porque la pudrición apical de frutos de tomate (BER) es frecuentemente más estimulada por la salinidad creada por la adición de nutrimentos mayores del potasio y magnesio (Adams y Ho, 1993).

El calcio parece tener un efecto retardador en las velocidades de maduración del fruto lo cual se manifiesta en baja respiración y producción de etileno, ablandamiento del fruto, cambios de color y pérdidas de solutos (Ferguson, 1984).

En un experimento realizado en mango (*Mangifera indica* L.), en donde se realizaron aplicaciones foliares de calcio en la etapa de precosecha, se encontró que los frutos de mango mostraron un aumento en el contenido de calcio en el exocarpio y endocarpio de la fruta, y por consiguiente, todos los tratamientos con calcio retrasaron la maduración de los mangos con respecto a los frutos no tratados. A los 8 días de almacenaje bajo condiciones de ambiente ( $35 \pm 3$  °C) eran demasiado maduros, mientras que los frutos tratados con calcio permanecían en buenas condiciones y con un buen aspecto comercial hasta los 10 días de almacenamiento (Singh *et al.*, 1993).

Pérez *et al.* (1998), mencionan que en un experimento en tomate (Cv. Daniela) en donde se evaluaron diferentes dosis de una relación de K: Ca, se encontró que el mejor tratamiento fue una relación de 400:350 ppm, al obtener una mejor vida de anaquel de frutos, debido a que el calcio pudo actuar directamente sobre la consistencia de los frutos, al no presentarse ningún antagonismo entre ambos elementos.

La deficiencia de calcio provoca una debilidad en las paredes celulares (Bolaños, 1998). Las hojas o brotes jóvenes se ven afectados por la deficiencia de este elemento, las yemas terminales mueren, después de la aparición de distorsiones en las puntas o bases de las hojas jóvenes. Aparte, las hojas jóvenes de la yema terminal, al principio típicamente curvadas, mueren en puntas o márgenes, por lo que el crecimiento posterior se caracteriza por una apariencia de recorte en estos puntos, por último, el tallo muere en la yema terminal (Salisbury y Ross, 1994).

Bolaños (1998), indica que una deficiencia de calcio en algunos vegetales presenta ciertos desordenes específicos, como el encamado en los tulipanes, que es cuando el

tallo no puede sostener la cabeza de la flor, la pudrición apical en tomate y la mancha amarga en los frutos de manzana.

Entre las causas que pueden dar lugar a una deficiencia de calcio en el fruto de tomate, se encuentran una nutrición inadecuada, el crecimiento rápido del fruto, salinidad elevada en la zona radical, el abonado excesivo con nitrógeno amónico, etc. El cloruro cálcico aplicado por pulverización es fácilmente absorbido por las hojas y frutos (Nuez, 1995).

### **El Boro**

El papel del boro en la nutrición y fisiología de las plantas ha sido investigado extensamente y es implicado en la síntesis y estructura de la pared celular, función y estructura de las membranas y el metabolismo de ácidos fenólicos y auxinas (Loomis y Durst, 1992). Aparte, otros papeles atribuidos al boro es su involucramiento en el metabolismo del nitrógeno, pues actúa en la asimilación de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) al activar las proteínas enzimáticas (NR, NiR, GS, GOGAT, PEPC) involucradas en el proceso, reduciendo la acumulación de nitratos en las hojas (Ruiz *et al.*, 1998). Además, se dice que tiene un cometido aún no determinado pero esencial en la elongación de los tubos polínicos (Salisbury y Ross, 1994).

El boro es requerido para la germinación y desarrollo del polen y provee la estabilidad de tubos polínicos. Es necesario donde hay una activa división celular y en la formación de frutos, flores y raíces (Mengel y Kirkby, 1978).

La absorción del boro en los suelos es casi por completo como ácido bórico sin disociar ( $H_3BO_3$ ) (Salisbury y Ross, 1994). Aparte, el boro se encuentra presente en la mayoría de los suelos, pero su disponibilidad es muy pobre por encontrarse estrechamente ligado a los complejos de la estructura del suelo. La absorción del boro es muy baja en los suelos que contienen mucho calcio y cuando se realiza el encalado tiende a reducir su absorción, por lo que se sugiere que el calcio induce al boro a participar en complejos o a precipitar en el suelo, o bien reduce la capacidad de las raíces para absorberlo (Bidwell, 1990).

Mata y Mosqueda (1995), refieren que cuando se realizan aplicaciones foliares de ácido bórico en el mango, durante el periodo de máxima floración, se incrementa el tamaño de la fruta, el peso fresco, el contenido de azúcares totales en los frutos, ácido ascórbico y sólidos totales de la pulpa, lo que trae por consecuencia una mejora en la calidad de los frutos.

El boro al igual que el calcio, deposita en los márgenes, ápices y áreas intervenales de las hojas más viejas, donde se observan los primeros síntomas de toxicidad y se mueve a través de la corriente transpiratoria (Oertli, 1994). Además, los primeros síntomas de toxicidad pueden observarse a la primera semana después de que el cultivo se expone a altas concentraciones, una clorosis marginal y apical aparece, las hojas inmaduras se expanden pero no crecen, y las hojas más nuevas no lo hacen al tomar una forma estropeada, descolorida como colores bronce, café y negro, se marchitan y mueren.

En el tomate (semitolerante al boro), los síntomas de toxicidad sólo se pueden observar en zonas áridas y semiáridas, donde las aguas de riego tienen altas

concentraciones de boro, éste es difícil de lixiviar debido a las escasas lluvias (Gupta *et al.*, 1985; Maynard, 1997). Aunado a lo anterior, se dice que la clasificación a la tolerancia está basada en la ocurrencia de daño foliar y no en la pérdida de rendimiento del producto comercial (Francois, 1984).

Por otra parte, los síntomas de deficiencia de boro en tomate pueden ocurrir en el fruto y follaje. En las hojas los síntomas aparecen como áreas quebradizas, clorosis de los ápices de las hojas basales y finalmente necrosis de los puntos de crecimiento terminal, los tallos son rugosos y quebradizos y los entrenudos son cortos (Maynard, 1997). La senescencia de tejidos de plantas jóvenes acelera e incrementa la cantidad de celulosa y lignina (Yamauchi *et al.*, 1986). La floración se reduce y los frutos desarrollan áreas corchosas alrededor de los pedúnculos, los lóculos se abren y la maduración del mismo es irregular (Maynard, 1997).

Casos extremos de toxicidad (en hojas viejas) y deficiencia (en hojas jóvenes) en la misma planta puede suceder, con concentraciones elevadísimas de boro en tejidos necróticos, más bajas en tejidos verdes y regulares en tejidos cloróticos (Oertli, 1994).

Entre los factores ambientales que influencia las relaciones hídricas y que afectan la concentración y distribución del boro en las plantas se encuentran los siguientes:

La temperatura, al incrementar la absorción de agua y boro, aunque el transporte sea por separado (Oertli, 1993), el estrés hídrico causado por baja humedad de los suelos (Maynard, 1997), la humedad relativa y la duración e intensidad lumínica (Oertli, 1994).

Este nutrimento es altamente móvil en el suelo y fácilmente lixiviable, por esta razón se habla de deficiencias en todas las partes húmedas del mundo, pues menos del 5 por ciento del boro total se encuentra disponible para los cultivos (Gupta *et al.*, 1985).

El principal nutrimento que interacciona con el boro es el calcio, ya que la deficiencia de boro incrementa la absorción total de calcio en el tomate, además dicha eficiencia inhibe la translocación de calcio a las hojas superiores, al inducir cambios anormales en el metabolismo del calcio en la pared celular (Yamauchi, *et al.*, 1986). Aunado a lo anterior se dice que la translocación del calcio se incrementa al aumentar la concentración del boro en el substrato (Ganmore-Neumann y Davidov, 1993).

La deficiencia de boro ha mostrado inhibir la absorción de potasio (Schon *et al.*, 1990), pero cuando se aplica boro vía foliar, la absorción de potasio e incluso de calcio mejoran, además, el boro se transloca de las hojas a raíces y frutos de tomate (Sperry *et al.*, 1995).

Las adiciones de nitrógeno, a través de compostas o fertilizantes han aumentan la disponibilidad del boro en los suelos a una reducción del pH (Gupta *et al.*, 1985).

### **El Magnesio**

El magnesio, es parte esencial en la clorofila, además se combina con el ATP y activa enzimas relacionadas con la fotosíntesis, respiración y formación de DNA y RNA (Salisbury y Ross, 1994).

El magnesio se absorbe como ion divalente ( $Mg^{2+}$ ) y a diferencia con el calcio y boro, se retransloca fácilmente dentro de la planta (Salisbury y Ross, 1994). La manera más fácil de encontrar si hay suficiencia y/o insuficiencia de magnesio es al realizar un análisis foliar y determinar que las hojas basales contengan igual o mayor concentración de magnesio que las hojas superiores, si esto sucede la planta es suficiente en dicho nutrimento (Elamin y Wilcox, 1986).

Maynard (1997), indica que en cultivares de tomate que producen frutos grandes, los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas basales como resultado de la translocación del magnesio a los frutos en desarrollo.

Entre los cationes principales que favorecen su deficiencia se pueden citar al potasio (Jakobsen, 1993; Maynard, 1997), amonio (Maynard, 1997) y al calcio (Elamin y Wilcox, 1985; Maynard, 1997).

Las altas concentraciones de magnesio en el suelo traen consigo los desordenes fisiológicos del color del fruto de tomate conocidos como “ojo amarillo” y “corazón blanco”, por lo tanto, se recomienda la aplicación de yeso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) para desplazar al magnesio del suelo y reducir dichos desordenes nutricionales (Hartz *et al.*, 1998).

El manganeso, es otro nutrimento que puede decrecer la absorción del magnesio en suelos ácidos, sin embargo, en el cultivo de tomate este nutrimento es poco importante pues se cree que el cultivo tiene cierta tolerancia a dicho elemento (Le Bot *et al.*, 1990). Este puede causar severos problemas en cultivos como melón (Elamin y Wilcox, 1986) y trigo (Le Bot *et al.*, 1990).

El efecto de la deficiencia de magnesio en la calidad de frutos, se manifiesta en la reducción del tamaño, del espesor de la piel y del contenido de azúcares, sólidos solubles, sólidos totales, vitamina C y la textura de la corteza adquiere mayor suavidad.

La deficiencia de magnesio es más común bajo condiciones del suelo como son: elevada acidez, alto porcentaje de aluminio de intercambio, alta lixiviación (en suelos arenosos), porque sus sales son muy solubles ya que el catión queda retenido con poca energía por el complejo de cambio, las elevadas concentraciones relativas de calcio y potasio de intercambio (antagonismo iónico) y el predominio de arcillas con alta capacidad fijadora de magnesio.

# EFFECTO DE FULVATOS DE CALCIO, BORO Y MAGNESIO EN LA VIDA DE POSTCOSECHA EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

## RESUMEN

La firmeza es el parámetro más importante en la vida de anaquel en frutos climatéricos como el tomate, y este es uno de los atributos de calidad que se puede mejorar con un buen manejo de fertilización, debido a esto, en el presente trabajo se estudió el efecto de dos formulaciones de fulvatos de calcio, boro y magnesio dentro de diferentes soluciones nutritivas sobre la calidad del fruto, rendimiento, así como en su vida de anaquel a 10 días durante el periodo de Junio-Diciembre de 1999. Se llevaron a cabo dos trabajos de investigación, experimento en campo así como en invernadero. El diseño empleado en campo fue bloques al azar con 15 repeticiones, y en invernadero se utilizó un diseño bloques al azar con arreglo factorial 4x4 con 4 repeticiones por tratamiento. Los resultados más destacados en campo, fueron la firmeza de frutos en  $\text{kg cm}^{-2}$  y rendimiento en  $\text{kg planta}^{-1}$  correspondientes al tratamiento 5 formulado con Ca, B, Mg a  $2.5 \text{ g L}^{-1}$  que fue superior en la producción en 76% y 78% respectivamente comparados con el testigo absoluto y comercial. En invernadero, los resultados que presentan a la mejor firmeza de frutos en anaquel se concentra en el tratamiento Ca, B, Mg de la solución sin B.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum*, Rendimiento, Firmeza, Calcio, Boro.

**EFFECTS OF FULVATES OF CALCIUM, BORON AND MAGNESIUM IN THE LIFE POSTHARVEST IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

## ABSTRACT

The firmness is the most important parameter in the shelf life in fruits climacterics like the tomato, and this it is one of the attributes of quality that can improve with a good fertilization handling, due to this, presently work was studied the effect of two formulations of fulvates of calcium, boron and magnesium inside different nutritious solutions about the quality of the fruit, yield, as well as in its shelf life to 10 days during the period of June-December of 1999. They were carried out two investigation works, experiment in field as well as in greenhouse. The design used in field was blocks at random with 15 repetitions, and in greenhouse it was used a design blocks at random with factorial arrangement 4x4 with 4 repetitions for treatment. The most outstanding results in field, were the firmness of fruits in  $\text{kg cm}^{-2}$  and yield in  $\text{kg plant}^{-1}$  corresponding to the treatment 5 formulated with Ca, B, Mg to  $2.5 \text{ g L}^{-1}$  that was superior in the production in 76% and 78% respectively compared with the absolute and commercial control. In greenhouse, the results that they present to the best firmness of fruits in shelf concentrates on the treatment Ca, B, Mg of the solution without B.

*Key words: Lycopersicon esculentum, Yield, Firmness, Calcium, Boron.*

## INTRODUCCION

En México el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza económicamente más importante debido a que se siembran aproximadamente 80,000 hectáreas al año. Conociendo la importancia que tiene la fertilización foliar en tomate se han venido estudiando los efectos en el rendimiento y calidad de frutos, que satisfagan la demanda de los consumidores, así como su disponibilidad en el mercado durante un periodo más prolongado.

Sin lugar a duda, la firmeza de los frutos es uno de los atributos de calidad que se puede mejorar con un buen manejo de fertilización, y a su vez es el parámetro más importante en postcosecha para incrementar la vida de anaquel en frutos climatéricos como es el tomate.

El calcio participa en la formación de pectato de calcio y activa la transpiración y capacidad de almacenaje (Kramer, *et al.*, 1991); además, tiene función como elemento de unión de los pectatos de la lámina media de la pared celular.

Los estudios del movimiento del calcio dentro de las plantas han mostrado que el problema es de distribución más bien que de absorción (Poovaiah, 1989). Las condiciones desfavorables para la absorción de calcio al principio de la estación como sequía, tienen mayor efecto en reducir el calcio del fruto que en reducir el calcio foliar (Shear y Faust, 1970).

La cantidad total de calcio, magnesio y potasio en el fruto se ha encontrado que se incrementa durante la estación de crecimiento, en contraste, la concentración de cada elemento disminuye durante la estación debido a la dilución causada por el incremento del fruto (Himmelrick y Walker, 1982).

Raese (1989), señala que en los frutos jóvenes en desarrollo, se requieren grandes cantidades de calcio a principios de la estación para la rápida iniciación celular y expansión; pero también se requiere calcio para mantener la integridad celular posteriormente durante la etapa de desarrollo, cuando las células se agrandan y el tamaño del fruto se incrementa.

Lewis y Martín (1973) propusieron que a niveles normales de calcio en los tejidos vegetales el magnesio es incapaz de desplazarlo de los sitios de intercambio, no obstante, donde el nivel del calcio está por debajo de un cierto valor umbral, el magnesio puede sustituir al calcio en la lámina media y membranas celulares con un

efecto adverso en su integridad y puede predisponer al tejido al desarrollo de desórdenes fisiológicos.

El calcio tiene un efecto retardador en la velocidad de maduración, lo cual se manifiesta en una baja respiración y producción de etileno, ablandamiento del fruto, cambios de color y pérdidas de solutos (Ferguson, 1984).

Soto (1986) indica que a mayor crecimiento de fruto, ocurre mayor pérdida de firmeza acumulada y que por medio de ésta se puede predecir el comportamiento del mismo en postcosecha.

Loomis y Durst (1992) señalan que el papel del boro ha sido implicado en la síntesis y estructura de la pared celular, función y estructura de las membranas, así como en el metabolismo de ácidos fenólicos y auxinas.

Mata y Mosqueda (1995) mencionan que cuando se realizan aplicaciones foliares de ácido bórico en el mango durante el periodo de máxima floración, se incrementa significativamente el tamaño de la fruta y el peso fresco, además existe un incremento en el contenido de azúcares totales en los frutos, ácido ascórbico y sólidos totales de la pulpa, esta situación trae como consecuencia un mejoramiento en la calidad de los frutos cosechados. La importancia del boro radica en que forma parte en el metabolismo de los carbohidratos y facilita el movimiento de los azúcares integrando un complejo permeable de boro-azúcar. Además presenta una marcada influencia en el desarrollo de las células por el control que ejerce en la formación de polisacaridos, en la síntesis de pectina, inhibición de la formación de almidón y la influencia en el metabolismo del ácido nucleico.

Peterson y Krackenberger (1954) señalan que al incrementarse la absorción de potasio por las raíces, se presenta en forma general la tendencia a reducirse la de calcio y magnesio, e inversamente un aumento en la absorción de calcio y magnesio

tiende a reducir la absorción de potasio, aunque este efecto es menos notable que la acción de potasio sobre la absorción de calcio y magnesio.

Chen y Aviad (1990) indican que los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo de las plantas bajo condiciones de adecuada nutrición, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas. Así mismo, encontraron que las aplicaciones foliares pueden mejorar tanto el crecimiento de la raíz como el crecimiento del tallo.

Kononova (1982) indica que determinadas fracciones de ácidos húmicos presentan una significativa capacidad de estimular los procesos fisiológicos y bioquímicos, el cual se basa en los procesos energéticos relacionados con la respiración y la síntesis de ácidos nucleicos, obteniéndose una elevación en la vitalidad del organismo vegetal bajo la acción de sustancias biológicamente activas, aumentando la asimilación de los elementos nutritivos del suelo.

Fagbenro y Agboola (1993) mencionan que las sustancias húmicas particularmente el ácido húmico y el ácido fúlvico de diversas fuentes tienen efecto positivo en el crecimiento de la planta a través de la aceleración de los procesos respiratorios al incrementar la permeabilidad de las células y por la estimulación hormonal.

Debido a las pérdidas ocasionadas por la deficiencia de los nutrimentos antes citados y tratando de probar que la aplicación foliar de un compuesto hecho a partir de fulvatos de **calcio-boro, calcio, boro y magnesio** se vea reflejado en una mejor calidad y rendimiento de frutos se planteó el siguiente estudio con la finalidad de: mejorar la calidad del fruto para consumo en fresco, incrementar el rendimiento (número de frutos), mejorar la firmeza de los frutos.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en dos sitios experimentales durante los meses de junio – diciembre de 1999.

Los productos utilizados fueron: Fulvato de Ca, B y Fulvato de Ca, B y Mg fabricados por el Grupo Bioquímico Mexicano. La concentración del Fulvato de Ca, B es de: 18% de calcio y 2% de boro y el Fulvato de Ca, B y Mg es de: 15% de calcio, 2% de boro y 1% de magnesio.

El primer experimento se estableció en el Rancho denominado “El Padrino” ubicado aproximadamente a 25 Km al sur de la ciudad de Saltillo, localizado geográficamente a 25°14'29" de latitud norte y 101°10'39" de longitud oeste, con una altitud de 1,860. El tipo de suelo que predomina en este sitio, es de clasificación franco arcilloso.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento de campo.

| Tratamiento                      | Dosis (g L <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|----------------------------|
| Testigo (Absoluto)               |                            |
| Ca(NO <sub>3</sub> ) (Comercial) | 2.5                        |
| Fulvato de Ca, B                 | 2.5                        |
| Fulvato de Ca, B                 | 5.0                        |
| Fulvato de Ca, B, Mg             | 2.5                        |
| Fulvato de Ca, B, Mg             | 5.0                        |

El segundo trabajo se realizó en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se ubica en

Buenvista a 7 Km. al sur de la ciudad de Saltillo, localizada geográficamente a 25°22' de latitud norte y 101°10' de longitud oeste a una altitud de 1,742 .

La solución aplicada al sustrato se derivó a partir de la solución nutritiva de Douglas (1976). Posteriormente, a cada lote de plantas de cada solución nutritiva se le aplicó cuatro tratamientos al follaje, los cuales consistieron en las dosificaciones que se observan en el Cuadro 2. Cada tratamiento se integró por 15 macetas de 20 lts de capacidad llenas de arena sílica, la cual constituyó el soporte físico para el desarrollo de la planta bajo condiciones hidropónicas.

Cuadro 2. Soluciones nutritivas, aplicadas al sustrato así como las soluciones aplicadas al follaje.

| Soluciones nutritivas aplicadas al suelo | Dosis aplicadas al follaje | (g L <sup>-1</sup> ) |
|--|----------------------------|----------------------|
|  | Testigo                    | 0                    |
| Solución Completa                        | Ca B                       | 2.5                  |
|  | Ca B Mg                    | 2.5                  |
|  | Ca(NO <sub>3</sub> )       | 2.5                  |
| Solución sin Ca                          | ”                          | ”                    |
| Solución sin B                           | ”                          | ”                    |
| Solución sin Ca y B                      | ”                          | ”                    |

Para determinar la firmeza de frutos en campo se tomaron al azar 15 frutos y 6 frutos en invernadero por repetición, respectivamente, expresando así la lectura en kg cm<sup>-2</sup>. Se utilizó un diseño bloques al azar con arreglo bifactorial (4x4), representando el fruto la unidad experimental.

El rendimiento total en campo se evaluó a partir del número de frutos y peso de los frutos planta<sup>-1</sup>, expresándolo así mismo en kg planta<sup>-1</sup>; en el invernadero el

Cuadro 3. Rendimiento total promedio obtenido en el experimento de campo.

| Tratamientos   | Número de frutos planta <sup>-1</sup> |    | Peso de frutos<br>Kg planta <sup>-1</sup> |      |
|--|---------------------------------------|----|---|------|
|  | Trat.1 Testigo                        | 24 | ab  | 2.38 |
| Trat.2 Ca(NO <sub>3</sub> ) (2.5 g L <sup>-1</sup> ) | 20                                    | b  | 2.46                                      | bc   |
| Trat.3 Ca B (2.5 g L <sup>-1</sup> )                 | 21                                    | b  | 2.33                                      | c    |
| Trat.4 Ca B (5.0 g L <sup>-1</sup> )                 | 23                                    | ab | 2.36                                      | c    |
| Trat.5 Ca B Mg (2.5 g L <sup>-1</sup> )              | 28                                    | a  | 3.13                                      | a    |
| Trat.6 Ca B Mg (5.0 g L <sup>-1</sup> )              | 24                                    | ab | 2.54                                      | b    |

\* Medias con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

En el Cuadro 4 se presentan los promedios de la firmeza de frutos, donde el tratamiento 5 se destaca obteniendo una firmeza superior con respecto al testigo absoluto y el testigo comercial.

En el mismo Cuadro, el tratamiento testigo presenta el mayor contenido de sólidos solubles.

En los resultados de firmeza se observa un incremento de ésta con la formulación de Ca, B y Mg, en relación con los testigos. Esto coincide con Marquéz *et al.* (1991), quien menciona que la aplicación de boro contribuye a la mejor asimilación e incremento en el transporte de calcio, así como de un buen abastecimiento de boro dentro del fruto. Además contribuyen a la síntesis de componentes pécticos, a la formación de la pared celular y las membranas celulares, que traen como consecuencia una mayor firmeza (Faust y Shear, 1968). Por su parte, Poovaiah y Reedy (1987), afirman que el incremento de los niveles de calcio de la pared celular por infiltración preserva la firmeza del mismo, y los protege de la degradación de microorganismos que ganan la entrada de pectinas.

Cuadro 4. Comportamiento promedio de la firmeza y sólidos solubles de frutos de tomate.

| Tratamientos  | Firmeza Kg cm <sup>-2</sup> |   | Sólidos Solubles |    |
|---|-----------------------------|---|------------------|----|
| Trat.1 Testigo                                      | 4.57                        | c | 4.45             | a  |
| Trat.2 Ca(NO <sub>3</sub> )(2.5 g L <sup>-1</sup> ) | 4.83                        | b | 4.26             | b  |
| Trat.3 Ca B (2.5 g L <sup>-1</sup> )                | 4.85                        | b | 4.21             | bc |
| Trat.4 Ca B (5.0 g L <sup>-1</sup> )                | 5.02                        | b | 4.43             | a  |
| Trat.5 Ca B Mg (2.5 g L <sup>-1</sup> )             | 5.59                        | a | 4.12             | c  |
| Trat.6 Ca B Mg (5.0 g L <sup>-1</sup> )             | 4.90                        | b | 4.27             | b  |

\* Medias con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

El contenido de sólidos solubles presenta cierta característica entre el tratamiento que obtuvo el valor de firmeza más alto, correspondiente a Ca, B y Mg, siendo para éste su contenido de sólidos solubles relativamente menor comparándolo con el testigo absoluto el cual presenta la menor firmeza y el mayor contenido de azúcares. El tratamiento Ca-B-Mg, mostró una tendencia a incrementar los grados brix del fruto comparado con el testigo absoluto. Se conoce que el contenido de sólidos solubles disminuye a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento.

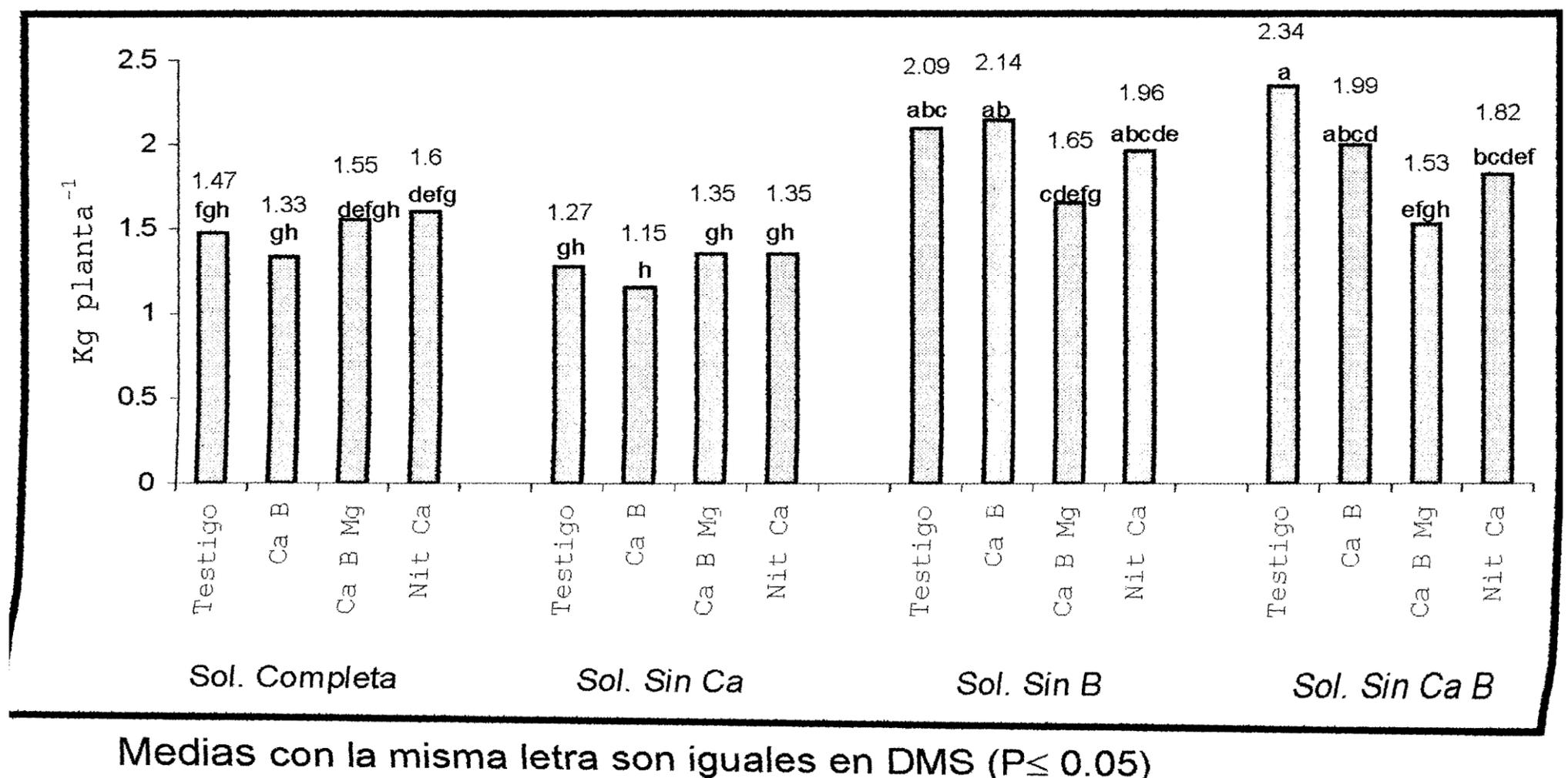
#### Experimento de Invernadero

En la Figura 1 se observan las diferencias para la interacción de los tratamientos en estudio, donde el mayor rendimiento corresponde al tratamiento testigo con la solución sin Ca-B, el cual presenta una diferencia superior del 54%, y 49% con respecto a los tratamientos testigo y Ca-B de la solución sin Ca. Así mismo, Lazcano

(1998) sugiere que la fertilización con nitrato de calcio es una buena alternativa si se busca buena calidad y rendimiento. Además, su efecto sobre la vida de anaquel se ve incrementada cuando existe un buen balance Ca: K, Ca: N y Ca: Mg. Si consideramos el total de nutrimentos extraídos por la planta así como los momentos de máxima absorción y controlar el balance entre ellos, resultará en incrementos en rendimientos y calidad de fruta.

La solución sin B y sus respectivos niveles presentan los valores más altos de rendimiento total. Esta solución no contaba con boro en el suelo, por lo que Gupta *et al.* (1985) y Maynard, (1997) indican que las aguas de riego de las zonas áridas y semiáridas contienen una buena cantidad de boro. La solución sin Ca presenta los más bajos rendimientos; el tratamiento testigo, quien careció de Ca tanto foliar como en el suelo, presenta uno de los rendimientos más bajos.

Figura 1. Promedio del rendimiento total por planta en el experimento de invernadero.



En el Cuadro 5 se aprecia que no existe diferencia en la interacción para firmeza entre los tratamientos en estudio, sin embargo, la solución completa muestra una tendencia a incrementar ésta de 5.47 kg cm<sup>-2</sup> a 6.30 kg cm<sup>-2</sup>, así mismo, el tratamiento Ca-B-Mg incrementó la firmeza de frutos comparados con el testigo absoluto.

La solución completa presenta las medias de mayor firmeza, esto se relaciona a que el fruto obtenido mostró ciertas características que dependieron en gran parte al buen manejo de la fertilización durante todo su ciclo de crecimiento (Huett y Detmann, 1988).

Cuadro 5. Firmeza promedio de frutos evaluados en el experimento de invernadero.

| Tratamientos          | Firmeza             |   | Tratamientos        | Firmeza             |    |
|-----------------------|---------------------|---|---------------------|---------------------|----|
|                       | Kg cm <sup>-2</sup> |   |                     | Kg cm <sup>-2</sup> |    |
| Soluciones Nutritivas |                     |   | Productos Foliareos |                     |    |
| Sol. Completa         | 6.30                | a | Testigo             | 5.61                | b  |
| Sol. Sin Ca           | 5.60                | c | Ca B                | 5.95                | a  |
| Sol. Sin B            | 5.93                | b | Ca B Mg             | 5.91                | a  |
| Sol. Sin Ca B         | 5.47                | c | Nitrato de Ca       | 5.81                | ab |

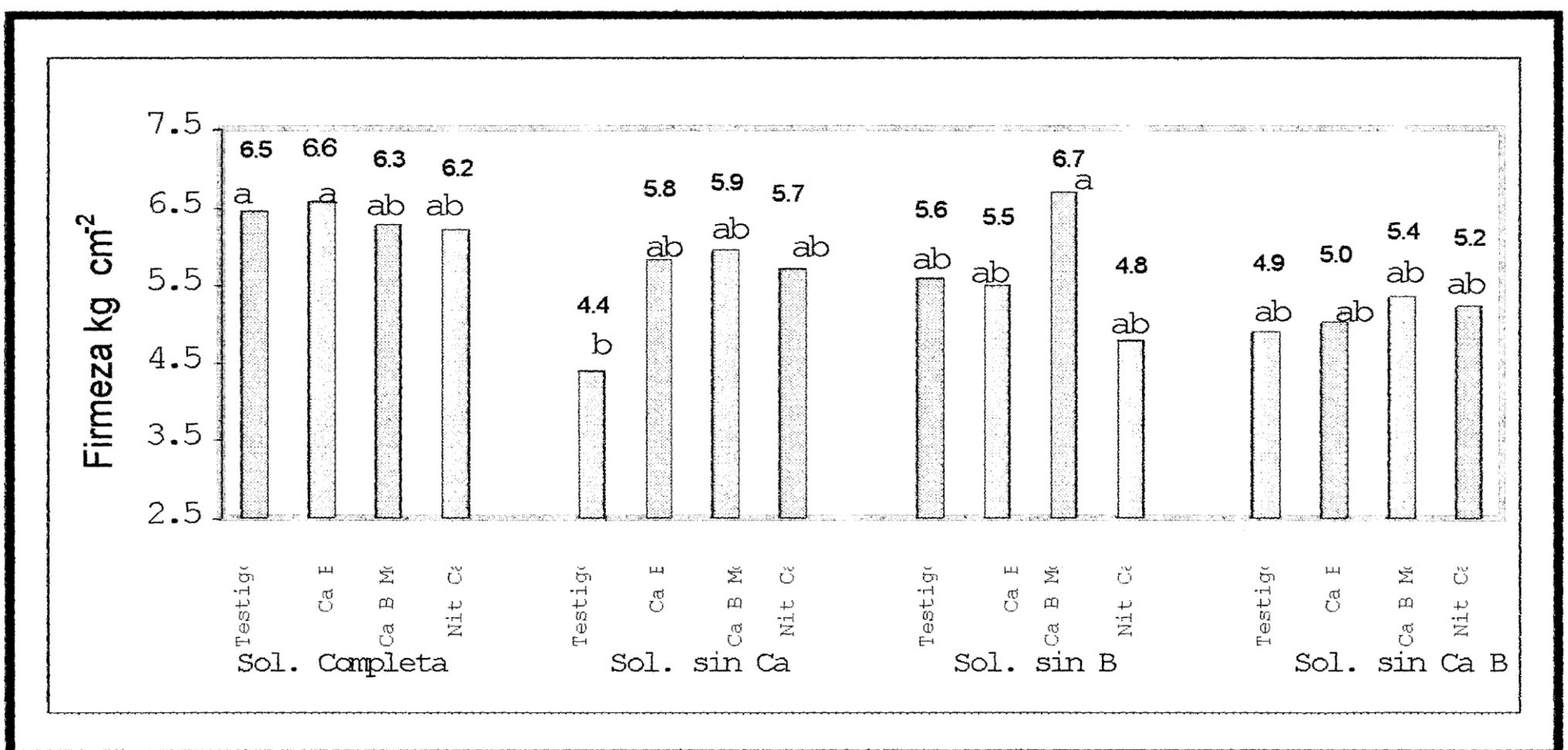
\* Medias con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

#### Vida de Anaquel

La figura 2, presenta los promedios de firmeza de frutos de la interacción entre los tratamientos, donde el tratamiento Ca-B-Mg de la solución sin B incrementó significativamente ésta de 4.4 kg cm<sup>-2</sup> a 6.7 kg cm<sup>-2</sup>, comparado con el testigo absoluto de la solución sin Ca.

Dentro de la solución sin Ca, el tratamiento testigo muestra la firmeza de frutos más baja, debido a la deficiencia de calcio que éste sufrió, ya que no se le suministró ni en el suelo ni en forma foliar. Por otro lado, la solución sin B, la cual careció de boro en el suelo, pero no de calcio, en su tratamiento Ca, B y Mg con aplicación foliar, presentó la mejor firmeza de frutos, lo cual coincide con Hopfinger (1988), quién encontró que con aplicaciones foliares de calcio en precosecha, promueven la firmeza en almacenamiento.

Figura 2. Promedio de la firmeza de frutos evaluados a 10 días de anaquel.



\* Medias con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

En el Cuadro 6 se presentan los promedios de los sólidos solubles, en los cuales la solución completa incrementó considerablemente éstos, comparados en relación con los tratamientos en estudio. Lo anterior coincide con Olsen *et al.* (1967), quién menciona que los sólidos solubles totales están inversamente relacionado a la firmeza y eso quizá se deba a que los sólidos solubles aumentan después de la

cosecha debido a la conversión de la reserva de almidón a azúcar. Así mismo, el Cuadro 6 nos muestra valores de °Brix que coinciden con estudios que afirman que un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno (Osuna, 1983).

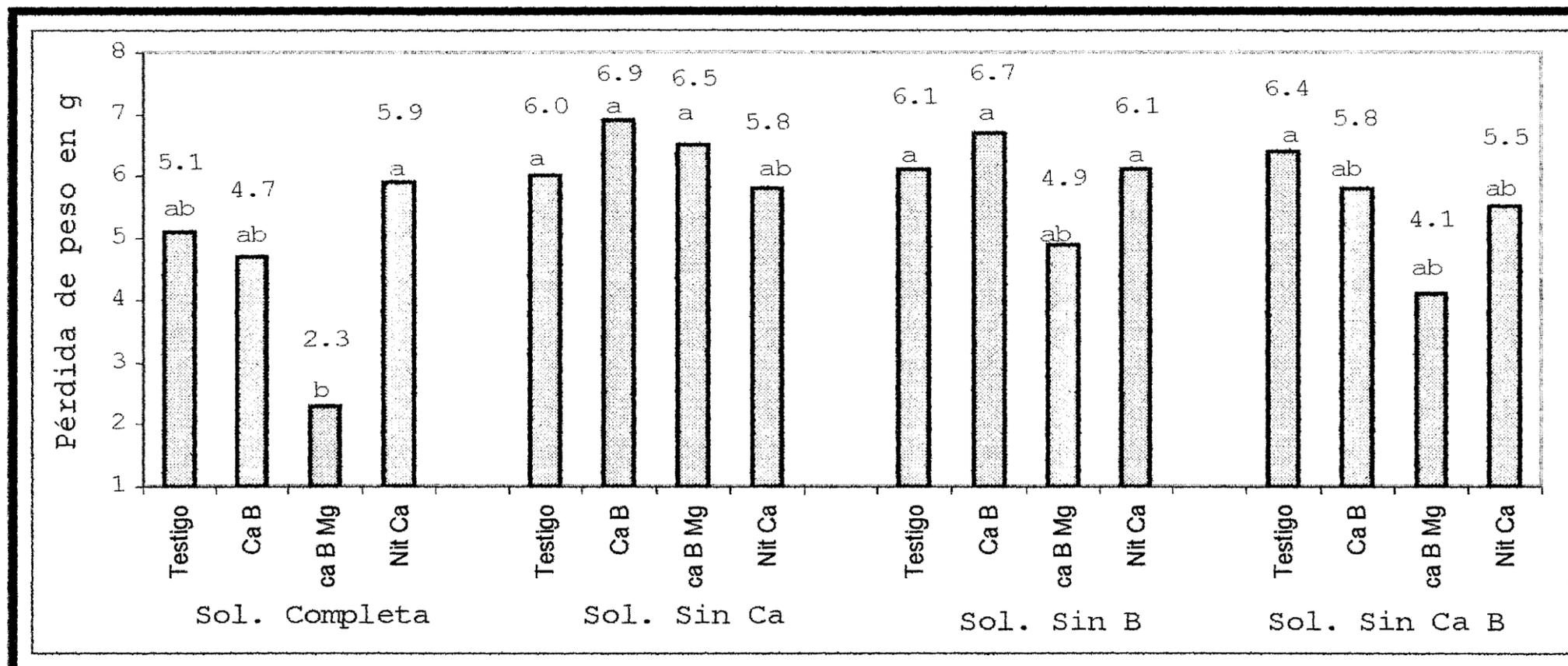
Cuadro 6. Promedio de sólidos solubles de frutos evaluados a los 10 días.

| Tratamientos          | ° Brix |    | Tratamientos       | ° Brix |    |
|-----------------------|--------|----|--------------------|--------|----|
| Soluciones Nutritivas |        |    | Productos Foliares |        |    |
| Sol. Completa         | 4.53   | bc | Testigo            | 4.53   | bc |
| Sol. Sin Ca           | 4.30   | c  | Ca B               | 4.30   | c  |
| Sol. Sin B            | 5.28   | a  | Ca B Mg            | 5.28   | a  |
| Sol. Sin Ca B         | 4.80   | b  | Nitrato de Ca      | 4.80   | b  |

\* Medias con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

En relación con la pérdida de peso, la Figura 3 presenta la interacción entre los tratamientos, destacándose el tratamiento Ca-B-Mg de la solución completa, con una menor pérdida de peso, disminuyendo ésta de 6.9 gr a 2.3 gr comparado con el tratamiento Ca-B de la solución sin Ca. Lo anterior coincide con Garza (1997), quién encontró la menor pérdida de peso en dos fuentes de calcio (Packhard y nitrato de calcio) con 10.20% y 11.05% de su peso en relación con el testigo con 12.58% de su peso. Por lo tanto, el reblandecimiento podría ser resultado de una pérdida de calcio de la lámina media y/o la pérdida de calcio en sitios donde se unen las moléculas de pectina, esta observación es soportada por la observación de que el calcio soluble decae en los tejidos durante el almacenamiento.

Figura 3. Comportamiento de medias de la interacción de pérdida de peso en frutos evaluados a 10 días de anaquel.



\* Medias con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

## CONCLUSIONES

El tratamiento formulado a partir de Ca, B y Mg a  $2.5 \text{ g L}^{-1}$ , favoreció el rendimiento total a través de un mayor número de frutos, así, la firmeza de frutos se vio incrementada por este mismo tratamiento (Ca, B y Mg a  $2.5 \text{ g L}^{-1}$ ).

La firmeza de los frutos tendió a aumentar por el efecto del Ca, B y Mg dentro de la solución completa, así como en la vida de anaquel, diferenciados por pertenecer a la solución sin B.

La pérdida de peso tendió a disminuir con la aplicación de Ca, B y Mg dentro de la solución completa.

## LITERATURA CITADA

- Caron, J. and L.E. Parent. 1980. Derivation and assessment of DRIS nomrs for grenhouse tomatoes. *Can. J. Plant Sci.* 69: 1027-1025.
- Chen Y. And T. Aviad. 1990. Effects of humics sustances on plant growth; Contribution from seagran center for soil and water sciences, faculty of Agriculture. In: "Humic sustances in soil crops sciences: select readings", MacCarthy, C.E.; Clapp, R.L. Malcom and P.R., Bloom (eds) *Sci. Soc. am. Inc.*, Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 161-182.
- Douglas, J. Shalto. 1976. Hydroponyc layflats. *Wordl Crops*, March/April 1976. pp. 82-87.
- Facbenro, J.A. and A.A. Agboola. 1993. Effect of diferent levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *Journal of Plant Nutrition.* 16: 1465-1483.
- Faust M. and Klein J.D. 1974. Levels and site of metabolically active calcium in apple fruit. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 99(1): 93-94.
- Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescense and fruit rippening. *Plant Cell and Environment* 7, 477-489.
- Garza, D.L.E. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y calcio foliar en el almacenamiento de manzanas. . Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., Méx. p 60-64.
- Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., and Nicholaichuk, W. 1985. Boron toxicity and deficiency: A review. *Can J. Soil Sci.* 65:381-436.
- Hilmerick D.G. and Walker C.A. 1982. Seasonal trends of calcium, magnesium and potasium fractions in apple leaf and fruit tissues. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 107(6): 1078-1080.
- Hopfinger, J.A. 1988. Report for nutrical vs. alcium chloride project regarding foliar calcium uptake. Rutgers Cooperative Extension. New Jersey Experiment Estation. 13p.
- Huett, D.O., and Dettmann, E.B. 1988. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:391-399.

- Kramer G.F., yi Wang Ch., and Conway W.S. 1991. Inhibitor softening by polyamine application in Golden Delicious and McIntosh apples. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 116(5): 813-817.
- Lazcano, F.I. 1998. *Revista productores de Hortalizas*. Edición Agosto. Vol.3 Núm.3. p. 12.
- Lewis T.L. and Martín D. 1973. Longitudinal distribution of applied calcium, and of naturally occurring calcium, magnesium and potassium, in Merton apple fruits. *Aust. J. Agric. Res.* 24: 363-371.
- Loomis, W.D. and Durst, R.W. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors*. 3:229-239.
- Márquez C. J.A., G.A. Baca, J.D. Etchevers, J. Rodríguez A., C. Saucedo V. 1991. Efecto del Bórax y  $\text{CaCl}_2$  aplicados al follaje en árboles de manzana (*Malus pumila*) selección rayada para el control de la mancha amarga. *Agrociencia* Num. 3. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press: Harcourt Brace Jovanovich, Publisher. 243-254: 378-385.
- Mata, B.I., R. Mosqueda, B. La producción de mango en México. Ed. UTEHA. México.
- Maynard, D.N. 1997. Nutritional diseases, p 60-63. In Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., and Zitter, T.A. (eds). *Compendium of tomato diseases*. APS Press. Minesota, USA.
- Olsenk., Schomer H. A., Bartram R.D. 1967. Segregation of "Golden Delicious" apples for quality by light transmission. *American Society for Horticultural Science*. V. 91: 821-828.
- Osuna, G.J.A. 1983. Resultados de la investigación sobre jitomate para uso industrial en el estado de Morelos 1980-1982, SARH, INIA, CIAMC, CAEZ. México.
- Peterson, W.J. y H.F. Krackenberger. 1954. Effect of environment on the calcium content of plants. In influence of environment on the chemical composition of plants. *Southern Coop. Series Bull.* 36: 77-97.
- Poovaiah and A.S.N. Reddy 1987. Calcium messenger system in plants. *C.R.C. Critical Reviews in plants Sciences*. 6: 47-103.
- Poovaiah B.W. 1986. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. XXII International Horticulture Congress/83<sup>rd</sup>. ASHS annual meeting. Proceedings of the symposium calcium in horticulture. Vol. 23 (2) 267-271.

Poovaiah B.W. 1989. Important considerations about calcium on apples and pears.

Good Fruit Grower. Vol. 40 No.7, 29-35.

Rase, T. 1989. Important considerations about calcium on apples and pears. Good Fruit

Grower. Vol. 40 No. 7. 2-35.

Rodríguez, N.F., y D.R. Morales. 1991. Influencia de las sustancias húmicas en la

producción de jitomate en invernadero. Memorias del XXIV Congreso Nacional

de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo., Méx. p. 90-91.

Shear, C.B. and M. Faust. 1970. Calcium transport in apple trees. Plant Physiology. 45,

670-674.

Soto P.J.M. 1986. Dinámica de maduración de manzana (*Malus silvestris* Mill.) Golden

Delicious en la Sierra de Chihuahua. Tesis licenciatura. Escuela Superior de

Fruticultura. Universidad Autónoma de Chihuahua.

## LITERATURA CITADA

- Adams, P., and Ho, L.C. 1993. Effects on environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant Soil*. 154: 127-132.
- Andrade, H.C. 1995. Balance nutricional y un bioactivador húmico en un suelo calcáreo cultivado con papa (*Solanum tuberosum* L.) en Arteaga, Coahuila. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 13-15.
- Banuelos, G.S., Bangerth, F., and Marschner, H. 1987. Relationship between polar basipetal auxin transport and acropetal  $\text{Ca}^{2+}$  transport into tomato fruit. *Physiol Plant*. 71: 321-327.
- Behling, J.P., Gabelman, W.H., and Gerloff, G.C. 1989. The distribution and utilization of calcium by two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines differing in calcium efficiency when grown low-Ca stress. *Plant Soil*. 113: 189-196.
- Bidwell, R.G. 1990. *Fisiología Vegetal*. AGT Editor. México. p 461-463.
- Brown, M.M., and Ho, L.C. 1993. Factors affecting calcium transport and basipetal IAA movement in tomato fruit in relation to blossom end rot. *J. Exp. Bot*. 44: 1111-1117.
- Caron, J. and L.E. Parent. 1980. Derivation and assessment of DRIS norms for greenhouse tomatoes. *Can. J. Plant Sci*. 69: 1027-1025.
- Chen Y. And T. Aviad. 1990. Effects of humics substances on plant growth; Contribution from seagran center for soil and water sciences, faculty of Agriculture. In "Humic substances in soil crops sciences: select readings", MacCarthy, C.E.; Clapp, R.L. Malcom and P.R., Bloom (eds) Sci. Soc. am. Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 161-182.
- David, P.P.; Nelson, P.V. and D.A. Sanders. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*. 17: 173-184.
- Dawood, F.A. 1989. Effect of high rates of sulfur on the  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4$  content of calcareous soil. *Plant Soil*. 120: 307-309.
- Elamin, O.M., and Wilcox, G.E. 1986. Effect of magnesium fertilization on yield and leaf composition of tomato plants. *J. Plant Nutr*. 8: 909-1012.

- Elgala, A.M., Metwally, A.I., and Khalil, R.A. 1978. The effect of humic acid and Na<sub>2</sub>EDDHA on the uptake of Cu, Fe, and Zn by barley in sand culture. *Plant and Soil* 49, 41-48.
- English, J.E., and Barker, A.V. 1987. Ions interactions in calcium-efficient and calcium-inefficient tomato lines. *J. Plant. Nutr.* 10: 857-864.
- Facbenro, J. A. and A. A. Agboola. 1993. Effect of diferent levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *Journal of Plant Nutrition.* 16: 1465-1483.
- Faust M. and Klein J. D. 1974. Levels and site of metabolically active calcium in apple fruit. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 99(1): 93-94.
- Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescense and fruit rippening. *Plant Cell and Environment* 7, 477-489.
- Flores, A. J. 1993. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex Plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) V. Atlantic en la Región de Galeana, N. L. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Fouldrin, K., Limami, A., and Lamaze, T. 1993. Calcium (<sup>45</sup>Ca) mobility in Chicory root (*Chichorium intybus* L.) as affected by the anionic composition of the nutrient solution during forcing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 587-592.
- Francois, L.E. 1984. Effect of excess bororn in tomato yield, fruit size, and vegetative growth. *J. Amer. Soc. Sci.* 109: 322-324.
- Ganmore-Neumann, R. and Davidov, S. 1993. Uptake and distribution of calcium in rose plantets as affceted by calcium and boron concentration in culture solution. *Plant Soil.* 155/156: 151-154.
- Garza, D.L.E. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y calcio foliar en el almacenamiento de manzanas. . Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., Méx. p 60-64.
- Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., and Nicholaichuk, W. 1985. Boron toxicity and deficiency: A review. *Can J. Soil Sci.* 65:381-436.
- Hartz, T.K., Giannini, C., Miyao, E., Valencia, J., Cahn, M., Mullen, R., and Brittan, K. 1998. Soil cation balance effects tomato color diseases. *HostScience.* 33(1-3): 013 (Abstr).
- Hilmerick D.G. and Walker C.A. 1982. Seasonal trends of calcium, magnesium and potasium fractions in apple leaf and fruit tissues. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 107(6): 1078-1080.
- Hopfinger, J.A. 1988. Report for nutrical vs. alcium chloride project regarding foliar calcium uptake. Rutgers Cooperative Extension. New Jersey Experiment Estation. 13p.

- Huett, D.O., and Dettmann, E.B. 1988. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:391-399.
- Jakobsen, S.T. 1993. Nutritional disorders between potassium, magnesium, calcium, and phosphorus in soil. *Plant Soil.* 154: 21-28.
- Jackson, W.R. 1997. Humic, fulvic and microbial balance: Organic soil conditioning. Sacramento, California. p. 1201-1207.
- Keltjens, W.G., and Tan, K. 1993. Interactions between aluminium, magnesium and calcium with different monocotyledonous and dicotyledonous plants species. *Plant Soil.* 155/156: 485-488.
- Kononova, M.M. 1963. Soil organic matter. Pergamon, Press, Oxford, 544 p.
- Kononova, M.M. 1982. Materia orgánica del suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. 1ª Edición. Editores Oikos-Tau, S.A., Barcelona, España.
- Kramer G.F., y Wang Ch., and Conway W.S. 1991. Inhibition softening by polyamine application in Golden Delicious and McIntosh apples. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 116(5): 813-817.
- Le Bot, J, Goss, M.J., Carvalho, M.J.G.P.R., Van Beusichem, M.L., and Kirkby, E.A. 1990. The significance of the magnesium to manganese ratio in plant tissues for growth and alleviation of manganese toxicity in tomato (*Lycopersicon esculentum* L) and wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Plant Soil.* 124: 205-210.
- Lewis T.L. and Martín D. 1973. Longitudinal distribution of applied calcium, and of naturally occurring calcium, magnesium and potassium, in Merton apple fruits. *Aust. J. Agric. Res.* 24: 363-371.
- Loomis, W.D. and Durst, R.W. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors.* 3:229-239.
- MacCarthy, C.E.; Clapp, R.L. Malcom and P.R. Bloom (Eds) 1990. Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. Am. Soc. Agron. Inc. Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 4-5.
- Márquez C. J.A., Baca, J.D. Etchevers, J. Rodríguez A., C. Saucedo V. 1991. Efecto del Bórax y  $\text{CaCl}_2$  aplicados al follaje en árboles de manzana (*Malus pumila*) selección rayada para el control de la mancha amarga. *Agrociencia* Num. 3. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press: Harcourt Brace Jovanovich, Publisher. 243-254: 378-385.
- Martin, J.P. 1971. Decomposition and binding action of polysaccharides in soil. *Soil. Biol. Biochem.* 3: 33-41.
- Mata, B.I., Mosqueda, B.R. la producción de mango en México. Ed. UTEHA. México.

- Matsumoto, H., Teraoka, K., and Kawasaki, T. 1980. Repression of nitrate reductase in cucumber leaves caused by calcium deficiency. *Plant Cell Physiol.* 21: 183-191.
- Maynard, D.N. 1997. Nutritional diseases, p 60-63. In Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., and Zitter, T.A. (eds). *Compendium of tomato diseases*. APS Press. Minesota, USA.
- Mengel, K., Kurkby, E.A. 1978. *Principles of Plant Nutrition*. Bern: Int. Potash Inst. 593 p.
- Narro, F.E. 1996. Sustancias húmicas en la agricultura (Resumen). VII Semana de la Investigación Científica. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La paz, B.C.S. México.
- Niebla, M.H., and Driss-Ecole, D. 1989. Interactions of Auxin-TIBA in *Lycopersicon esculentum*. *J. Exp. Bot.* 40: 1279-1284.
- Nielsen, D., Hogue, E.J., Hoyt, P.B., and Droughth, B.G. 1993. Oxidation of elemental sulphur and acidulation of calcareous soils in souther British Columbia. *Can. J. Soil. Sci.* 73: 103-114.
- Nuez, F. 1995. *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 793 p.
- Oertli, J.J. 1994. Non-homogeneity of boron distribution in plant and consequences for foliar diagnosis. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 25: 1133-1147.
- Osuna, G.J.A. 1983. Resultados de la investigación sobre jitomate para uso industrial en el estado de Morelos 1980-1982, SARH, INIA, CIAMC, CAEZ. México.
- Peterson, W.J. y H.F. Krackenberger. 1954. Effect of environment on the calcium content of plants. In influence of environment on the chemical composition of plants. *Southern Coop. Series Bull.* 36: 77-97.
- Piccolo, A., and Mirabella, A. 1987. Characteristics of soil humic extracts obtained by some organic and inorganic solutes and purified by the HCl-HF treatment. *Soil Sci.* 146, 418-426.
- Poovaiah and Reddy, A.S.N. 1987. Calcium messenger systme in plants. *C.R.C. Critical Reviews in plants Sciences.* 6: 47-103.
- Poovaiah B.W. 1986. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. XXII International Horticultura Congress/83<sup>rd</sup>. ASHSannual meeting. Proceeding of the symposium calcium in horticulture. Vol. 23 (2) 267-271.
- Poovaiah B.W. 1989. Important considerations about calcium on apples and pears. *Good Fruit Grower.* Vol. 40 No.7, 29-35.
- Poovaiah, B.W. 1993. Biochemical and molecular aspects of calcium action. *Acta Hortic.* 236: 139-149.

- Rauthan, B.S., and Schnitzer, M. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant and Soil* 63, 491-495.
- Reyna, B.B. 1996. Reducción de fertilizante de fondo en papa (*Solanum tuberosum* L.) al aplicar bioactivadores húmicos y fertilizantes foliares, en Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría. Programa de Graduados de la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 23-32, 105-110.
- Ruiz, J.M., Baghour, M., Bretones, G., Belakbir, A., and Romero, L. 1998. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): Role of boron as a possible regulatory factor. *Int. J. Plant Sci.* 159: 121-126.
- Salisbury, F.B., and Ross, C.W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Iberoamericana México. Pp. 144-147.
- Satti, S.M.E., Ibrahim, A.A., and Al-Kindy, S.M. 1994. Enhancement of salinity tolerance in tomato: Implications of potassium and calcium flowering and yield. *Commun. Soil Sci. Plan Anal.* 25: 2825-2840.
- Schnitzer, M. 1978. Humic substances: chemistry and reactions. In "Soil Organic Matter" (M. Schnitzer and S.U. Khan, eds.), pp. 1-64. Elsevier, Amsterdam.
- Schnitzer, M., and Khan, S.U. 1972. "Humics substances in the Environment." Dekker, New York.
- Schnitzer, M., and Khan, S.U. 1978. "Soil Organic Matter" Elsevier, Amsterdam.
- Schnitzer, M., and Schulten H.-R. 1995. Analysis de organic matter in soil extracts and whole soils by pirolysis-mass spectrometry.
- Schnitzer, M., and Schulten, H.-R. 1992. The analysis of soil organic matter by pyrolysis-field ionization mass spectrometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1811-1817.
- Schon, M.K., Novacky, A., and Bevlins, D. 1990. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to  $K^+$ . *Plant Physiol.* 93: 566-571.
- Schulten, H.-R., and Leinweber, P. 1995. Composition, stability and turnover of soil organic matter; investigations by off-line pyrolysis and direct pyrolysis-mass spectrometry. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 32, in press.
- Shear, C.B. and Faust M. 1970. Calcium transport in apple trees. *Plant Physiology.* 45, 670-674.
- Sifuentes I.E. 1995. Acidos húmicos y elementos menores en la nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Tesis de Maestría. Programa de Graduados de la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 26-34.
- Sorge, C., Muller, R., Leinweber, P., and Schulten, H.-R. 1993. Pyrolysis-mass spectrometry of whole soils, soil particle-size fractions, litter materials and

humic substances: statical evaluation of sample weight, residue, volatized matter and ion intensity. *Fresenius J. Anal. Chem.* 346, 697-703.

Soto P.J.M. 1986. Dinámica de maduración de manzana (*Malus silvestris* Mill.) Golden Delicious en la Sierra de Chihuahua. Tesis licenciatura. Escuela Superior de Fruticultura. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Sperry, W.J., Davis, J.M., Sanders, D.C., and Nelson, P.V. 1995. Foliar-applied boron and root-applied potassium affect growth, tyeld, quality, and nutrient content of tomato. *HortScience*. 30(1,3-4): 139 (Abstr).

St. John, T.V.; coleman D.C. and Raid, C.P.P. 1983. Association of vesicular-arbuscularmicorrizhal hyphae with soil organic particies. *Ecology*. 64: 957-959.

Stebbins R.L. and Dewey D.H. 1972. Role of transpiration and fphloem transport in accumulation of 45 calcium in leaves of young apple trees. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 97(4): 47193-474.

Stevenson, F.J. 1982. *Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. Wiley, New York.

Stiles W.C. 1987. Tree nutrition: a key to good fruot quality. *Compact fruit tree*. Vol. 20. Department of Pomology. Cornell University. 107-111.

Tindall, J.A., Mills, H.A., and Radcliffe, D.E. 1990. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. *L. plant Nutr.* 13: 939-956.

Tyler, L.D., and McBride, M.B. 1982. Influence of Ca, pH and humic acid on Cd uptake. *Plant and Soil*. 64, 259-262.

Vaughan, D., and Malcolm, R.E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In *Soil organic matter and biological activity*, eds. D. Vaughan and R.E. Malcolm. pp. 37-76. Marinus Nijhoff/ Junk Publ., Dordrencht.

Weis S.A., Drake M., Bramlage W.J., and Brake J.H. 1980. A sensitive method for measuring changes in calcium concentration in "Mc Intoshi" apples demostrated in determining effects of foliar calcium sparys. *J. Amer. Soc. hort. Sci.* 105(3): 346-349.

Yamauchi, T., Hara, T., and Sonoda, Y. 1986. Effects of boron deficiency and calcium supply on the calcium metabolism in tomato plant. *Plant Soil*. 93:223-230.

# APENDICE

Cuadro A.1 Análisis de varianza de la variable número de frutos correspondientes al experimento realizado a campo abierto.

| F V          | G L | S C    | C M    | Fc     | F $\alpha$ |    |
|--------------|-----|--------|--------|--------|------------|----|
| Tratamientos | 5   | 0.0694 | 0.0138 | 2.8185 | 0          | ** |
| Error        | 30  | 0.1478 | 0.0049 |        |            |    |
| Total        | 35  | 0.2172 |        |        |            |    |

C.V. = 5.48%

Cuadro A.2 Análisis de varianza de la variable peso de frutos correspondientes al experimento realizado a campo abierto.

| F V          | G L | S C      | C M     | Fc      | F $\alpha$ |    |
|--------------|-----|----------|---------|---------|------------|----|
| Tratamientos | 5   | 275.5996 | 55.1199 | 28.4385 | 0          | ** |
| Error        | 30  | 58.1464  | 1.9382  |         |            |    |
| Total        | 35  | 333.7460 |         |         |            |    |

C.V. = 2.99%

Cuadro A.3 Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos correspondientes al experimento realizado a campo abierto.

| F V          | G L | S C      | C M     | Fc      | F $\alpha$ |    |
|--------------|-----|----------|---------|---------|------------|----|
| Tratamientos | 5   | 53.0087  | 10.6017 | 16.1020 | 0          | ** |
| Bloques      | 89  | 83.5898  | 0.9392  | 1.4265  | 0.011      |    |
| Error        | 445 | 292.9931 | 0.6584  |         |            |    |
| Total        | 539 | 429.5917 |         |         |            |    |

C.V.=16.34%

Cuadro A.4 Análisis de varianza de la variable grados brix correspondientes al experimento realizado a campo abierto.

| F V          | G L | S C      | C M    | Fc     | F $\alpha$ |    |
|--------------|-----|----------|--------|--------|------------|----|
| Tratamientos | 5   | 7.4462   | 1.4892 | 7.2367 | 0          | ** |
| Bloques      | 89  | 19.8339  | 0.2228 | 1.0829 | 0.299      |    |
| Error        | 445 | 91.5781  | 0.2057 |        |            |    |
| Total        | 539 | 118.8583 |        |        |            |    |

C.V. = 10.57%

Cuadro A.5 Análisis de varianza de la variable número de frutos del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

| F V                | G L | S C    | C M    | Fc       | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|--------|--------|----------|------------|----|
| Sol. Nutritiva     | 3   | 0.8677 | 0.2892 | 162.2209 | 0          | ** |
| Productos Foliares | 3   | 0.0465 | 0.0155 | 8.7058   | 0          | ** |
| Interacción        | 9   | 0.3605 | 0.0400 | 22.4643  | 0          | ** |
| Error              | 224 | 0.3994 | 0.0017 |          |            |    |
| Total              | 239 | 1.6742 |        |          |            |    |

C.V. = 3.12%

Cuadro A.6 Análisis de varianza de la variable peso de frutos del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

| F V                | G L | S C     | C M    | Fc       | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|---------|--------|----------|------------|----|
| Sol. Nutritiva     | 3   | 19.8276 | 6.6092 | 253.9089 | 0          | ** |
| Productos foliares | 3   | 2.2799  | 0.7599 | 29.1968  | 0          | ** |
| Interacción        | 9   | 6.0818  | 0.6757 | 25.9610  | 0          | ** |
| Error              | 224 | 5.8306  | 0.0260 |          |            |    |
| Total              | 239 | 34.0201 |        |          |            |    |

C.V. = 9.68%

Cuadro A.7 Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

| F V                | G L | S C      | C M      | Fc      | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|----------|----------|---------|------------|----|
| Repeticiones       | 23  | 19.3154  | 0.8998   | 1.2400  | 0.207      |    |
| Sol. Nutritiva     | 3   | 39.4501  | 136.1500 | 19.4163 | 0          | ** |
| Productos foliares | 3   | 6.6220   | 2.2073   | 3.2592  | 0.021      | *  |
| Interacción        | 9   | 3.6416   | 0.4046   | 0.5974  | 0.8        | ns |
| Error              | 345 | 233.6582 | 0.6772   |         |            |    |
| Total              | 383 | 302.6875 |          |         |            |    |

C.V. = 14.12%

Cuadro A.8 Análisis de varianza de la variable grados brix del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

| F V                | G L | S C      | C M     | Fc      | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|----------|---------|---------|------------|----|
| Repeticiones       | 23  | 6.009    | 0.2609  | 1.0140  | 0.447      |    |
| Sol. Nutritiva     | 3   | 50.8203  | 16.9401 | 65.8324 | 0          | ** |
| Productos foliares | 3   | 3.5751   | 1.1917  | 4.6313  | 0.004      | *  |
| Interacción        | 9   | 5.7822   | 0.6424  | 2.4968  | 0.009      | ** |
| Error              | 345 | 88.7753  | 0.2573  |         |            |    |
| Total              | 383 | 154.9541 |         |         |            |    |

C.V. = 10.60%

Cuadro A.9 Análisis de varianza de la variable firmeza de frutos evaluados a diez días de anaquel del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

| F V                | G L | S C     | C M    | Fc      | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|---------|--------|---------|------------|----|
| Sol. Nutritiva     | 3   | 23.9599 | 7.9866 | 15.7646 | 0          | ** |
| Productos foliares | 3   | 8.2373  | 2.7457 | 5.4198  | 0.002      | *  |
| Interacción        | 9   | 15.7060 | 1.7451 | 3.4446  | 0.001      | *  |
| Error              | 96  | 48.6354 | 0.5066 |         |            |    |
| Total              | 111 | 96.5388 |        |         |            |    |

C.V. = 12.61%

Cuadro A.10 Análisis de varianza de la variable grados brix de frutos evaluados a diez días de anaquel del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

| F V                | G L | S C     | C M    | Fc      | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|---------|--------|---------|------------|----|
| Sol. Nutritiva     | 3   | 14.8356 | 4.9452 | 14.7198 | 0          | ** |
| Productos foliares | 3   | 2.3083  | 0.7694 | 2.2903  | 0.082      | *  |
| Interacción        | 9   | 4.3984  | 0.4887 | 1.4547  | 0.176      | ns |
| Error              | 96  | 32.2519 | 0.3359 |         |            |    |
| Total              | 111 | 53.7944 |        |         |            |    |

C.V. = 22.68%

Cuadro A.11 Análisis de varianza de la variable pérdida de peso de frutos evaluados a diez días de anaquel del experimento realizado bajo condiciones de invernadero.

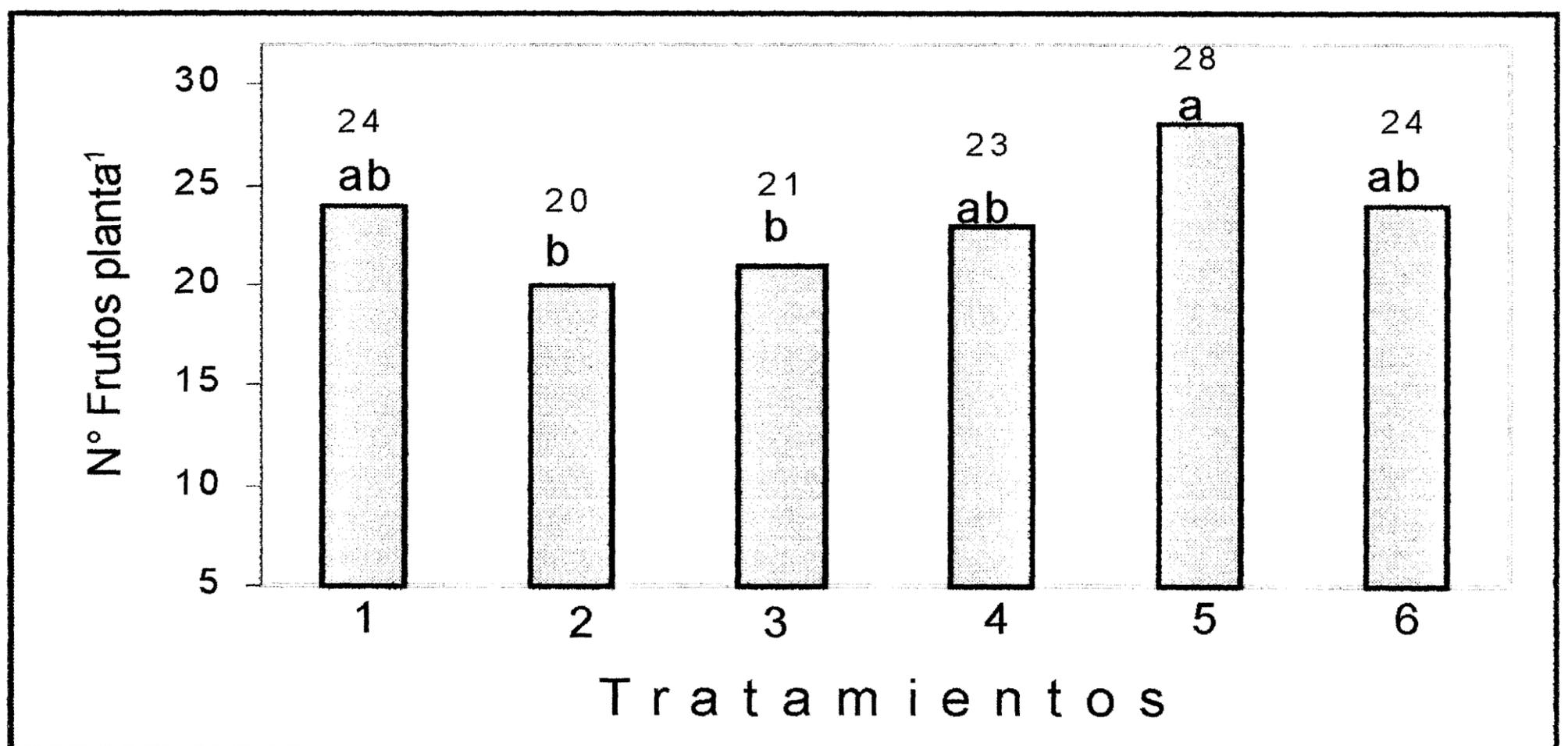
| F V                | G L | S C      | C M    | Fc     | F $\alpha$ |    |
|--------------------|-----|----------|--------|--------|------------|----|
| Sol. Nutritiva     | 3   | 22.2143  | 7.4047 | 4.3104 | 0.006      | ** |
| Productos foliares | 3   | 19.5712  | 6.5237 | 3.7976 | 0.012      | *  |
| Interacción        | 9   | 44.4135  | 4.9348 | 2.8727 | 0.004      | ** |
| Error              | 144 | 247.3730 | 1.7178 |        |            |    |
| Total              | 159 | 333.5722 |        |        |            |    |

C.V. = 22.68%

Cuadro A.12 Fertilizantes utilizados durante el desarrollo del cultivo (formulación óptima según Douglas, 1976)

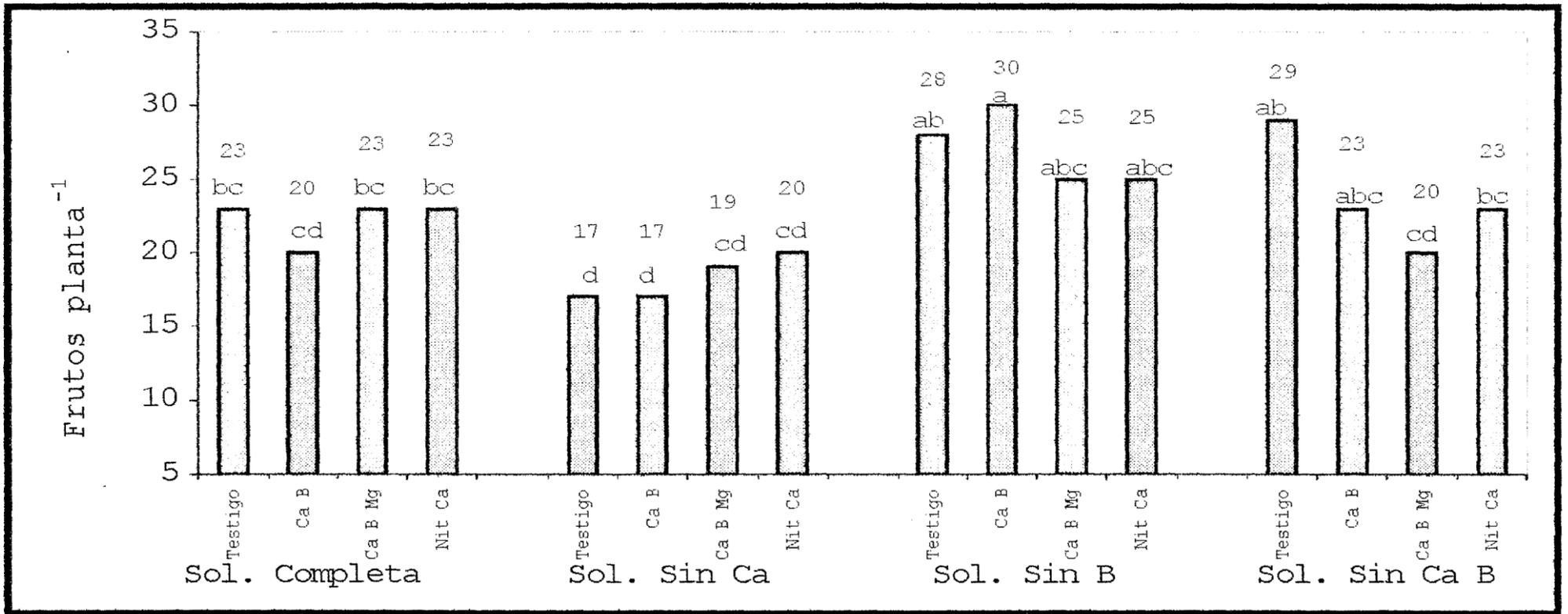
| FERTILIZANTE         | FORMULACION   | DOSIS OPTIMA 200 lts de agua |       |
|----------------------|---|------------------------------|-------|
|                      |   | g/lit                        | (g)   |
| Nitrato de calcio    | $\text{NaCO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$           | 2.35                         | 470.0 |
| Sulfato de magnesio  | $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 0.76                         | 152.0 |
| Acido fosforico      | $\text{H}_3\text{PO}_4$                             | 0.25                         | 50.0  |
| Sulfato de cobre     | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$           | 0.039                        | 7.80  |
| Bórax                | $\text{H}_3\text{BO}_3$                             | 0.056                        | 11.20 |
| Sulfato ferroso      | $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 0.012                        | 2.40  |
| Sulfato de manganeso | $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$            | 0.0076                       | 1.52  |
| Sulfato de zinc      | $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$            | 0.017                        | 3.40  |
| Nitrato de amonio    | $\text{NH}_4\text{NO}_3$                            | 0.058                        | 11.60 |
| Cloruro de potasio   | KCl   | 0.03                         | 6.0   |

Figura A.1 Número promedio de frutos, correspondientes al experimento realizado a campo abierto.



\* valores con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )

Figura A.2 Número de frutos promedio obtenidos en el experimento realizado bajo condiciones de invernadero.



\* valores con la misma letra son iguales en DMS ( $P \leq 0.05$ )