

## INDICE DE CONTENIDO

Cap.		Pag.
	INDICE DE FIGURA Y CUADROS	iv
<b>I</b>	INTRODUCCION.....	1
	Objetivos.....	2
	Hipótesis.....	3
<b>II</b>	REVISION DE LITERATURA.....	4
	ORIGEN, TAXONOMIA Y FILOGENIA DEL TOMATE.....	4
	Importancia del cultivo de tomate.....	5
	FUNCIONES, ABSORCION Y DISTRIBUCION DEL CALCIO	5
	Factores que influyen en la absorción del calcio.....	6
	La pudrición apical de frutos de tomate (BER).....	8
	El calcio en los suelos y su interacción con otros nutrimentos....	9
	FUNCIONES, ABSORCION Y TRANSPORTE DEL BORO.....	11
	Síntomas de toxicidad y deficiencia causados por el boro.....	12
	Factores que favorecen la distribución del boro.....	13
	El boro en los suelos e interacciones.....	14
	FUNCIONES Y ABSORCION DEL MAGNESIO.....	15
	Magnesio en los suelos e interacciones.....	15
<b>III</b>	MATERIALES Y METODOS.....	17
	Localización geográfica.....	17
	Material vegetativo.....	17
	Diseño experimental.....	17
	Metodología seguida.....	19
	Variables evaluadas.....	21

<b>IV</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
	Numero de frutos.....	22
	Peso de frutos.....	23
	Firmeza de frutos.....	25
<b>V</b>	<b>DISCUSION.....</b>	<b>26</b>
	Numero de frutos.....	26
	Peso de frutos.....	29
	Firmeza de frutos.....	31
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES Y SUGERENCIA.....</b>	<b>33</b>
<b>VII</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>34</b>
	<b>APENDICE.....</b>	<b>40</b>

## INDICE DE FIGURA Y CUADROS

	Pag.
FIGURA 1 Factores que favorecen la pudrición apical de frutos de tomate.....	7
CUADRO 1 Fuente, formulación y dosis de los fertilizantes empleados en la solución completa.....	19
CUADRO 2 Niveles y dosis del factor B.....	19
CUADRO 3 Efecto de los factores A, B y sus interacciones (AxB y BxA) en el numero de frutos de tomate.....	23
CUADRO 4 Efecto de los factores A, B y sus interacciones (AxB y BxA) en el peso de los frutos de tomate.....	25
CUADRO 5 Efecto de los factores A, B y sus interacciones (AxB y BxA) en la firmeza de frutos de tomate.....	26
CUADRO 6 Análisis de varianza para la variable numero de frutos en el cultivo de tomate.....	
CUADRO 7 Análisis de varianza para la variable peso de frutos en el	

cultivo de tomate.....  
CUADRO 8      Analisis de varianza para la variable firmeza de frutos  
en el cultivo de tomate.....

deficiencia de éstos en períodos críticos como la floración trae consigo pérdidas drásticas en el amarre de frutos y calidad de los mismos.

La fertilización foliar ha sido aceptada ampliamente como un método para prevenir y controlar las deficiencias de macro y micronutrientes, la principal ventaja de las aspersiones foliares es que a menor tiempo se corrigen las deficiencias y es más económica que la fertilización al suelo (Alexander and Schroeder, 1987).

Este tipo de fertilización es muy conveniente que se realice cuando los nutrientes son requeridos fuertemente, puesto que algunos nutrientes como el calcio y boro no se mueven con facilidad en los haces vasculares (específicamente en el floema) dependiendo fuertemente de la tasa de transpiración para su distribución en los órganos superiores de las plantas, causando la aparición de desordenes fisiológicos como la pudrición apical de frutos causada por la deficiencia de calcio.

Sin duda alguna la firmeza de los frutos es uno de los atributos de calidad que más se buscan mejorar con un buen manejo de fertilización, puesto que la firmeza es el parámetro más importante en postcosecha para alargar la vida de anaquel en frutos climatéricos como los de tomate.

Debido a las pérdidas ocasionadas por la deficiencia de los nutrimentos antes citados y tratando de probar que con la aplicación foliar de fulvatos de Calcio + Boro y Calcio + Boro + Magnesio se reducen dichos problemas, reflejado en un mejor rendimiento y calidad del producto a cosechar se planteo el siguiente trabajo con el fin de lograr los siguientes:

### **Objetivos:**

- 1.- Mediante la aspersión foliar de fulvatos de Calcio + Boro y Calcio + Boro + Magnesio se incrementará el número de frutos amarrados.
2. - Los fulvatos de Calcio + Boro y Calcio + Boro + Magnesio incrementarán el peso de los frutos.
3. - La firmeza de los frutos se mejorará a través de la aplicación de fulvatos de Calcio + Boro y Calcio + Boro + Magnesio.

### **Hipótesis:**

Los fulvatos de Calcio + Boro y Calcio + Boro + Magnesio se absorberán foliarmente en la planta de tomate y esto se reflejará en un mejor número y peso de

frutos, además de que se mejorará la firmeza de los frutos dando como resultado una mejor vida de anaquel.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **ORIGEN, TAXONOMIA Y FILOGENIA DEL TOMATE**

El tomate cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y sus especies silvestres relacionadas tienen su centro de origen en una estrecha y elongada región montañosa de los Andes, en los países de Perú, Ecuador y Chile; en adición, especies relacionadas del tomate son parte única de la flora nativa de las Islas Galápagos. La domesticación y

cultivo del tomate fuera de su centro de origen parece que ocurrió en las primeras civilizaciones de México, por lo que la palabra tomate deriva del lenguaje Nahuatl de México (Warnock, 1988).

La clasificación taxonómica del tomate ha sido sujeta a mucha discusión recientemente puesto que su nombre técnico lo han querido cambiar por *Solanum lycopersicon* L. y *Lycopersicon lycopersicum* (L) Karsten, pero en la actualidad se mantiene como el que le asignó Miller en 1768. Actualmente el género *Lycopersicon* está comprendido por nueve especies, ocho de las cuales son especies silvestres y la más importante tiene una variedad silvestre y la domesticada (*cerasiforme* y *esculentum* respectivamente) (Warnock, 1988).

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas. Las especies del género *Solanum* más relacionadas con el género *Lycopersicon* se encuentran en la sección *Petota* subsección *potatoe* series *Juglandifolia* y las especies de estas series son *S. juglandifolium* Dun., *S. Ochranthum* Dun., *S. lycopersicoides* Dun., y *S. rickii* Corr. Quizá por esto se considere a *S. lycopersicoides* como el intermedio entre los dos géneros. La filogenia del tomate es hasta el momento incierta, pero el género *Lycopersicon* se ha agrupado en dos complejos que indican sus relaciones filogenéticas generales, el primero se nombró “*esculentum*” e incluye a *L. esculentum*, *L. hirsutum*

Humb.& Bonpl., *L. pimpinellifolium* (Jusl) Mill., *L. chmielewskii*, *L. parviflorum*, *L. pennellii*, y *L. cheesmany* Riley. El segundo se nombró “*peruvianum*” e incluye a *L. peruvianum* y *L. chilense* (Warnock, 1988).

### Importancia del cultivo de tomate.

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en México es la segunda especie hortícola más importante debido a la superficie sembrada y la primera en cuanto a producción. En el aspecto socioeconómico también es importante, puesto que se requiere de una mano de obra elevada (140 jornales/ha) para su producción, generando así una buena fuente de empleo para los trabajadores de campo (Valadez, 1998).

A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año, y se consume tanto en fresco como en procesado (puré), siendo una fuente rica en vitaminas A y C (Valadez, 1998).

### FUNCIONES, ABSORCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL CALCIO

Las funciones fisiológicas del calcio en las plantas son diversas. En adición a su papel como mensajero celular, los efectos del calcio sobre la integridad de las membranas, la rigidez de la pared celular y el mantenimiento del contacto célula a célula son reportados; pero también asociado a las membranas previene la pérdida de iones causada por el estrés (Poovaiah, 1993). Además juega un papel importante en el metabolismo del nitrógeno al involucrarse con la actividad nitrato reductasa (NR) para la asimilación de nitratos en nitritos (Matsumoto *et al.*, 1980).

El calcio se absorbe como ion calcio bivalente ( $\text{Ca}^{2+}$ ), pero no puede ser cargado en las células translocadoras del floema (Salisbury and Ross, 1994). Sin embargo, el calcio es un factor necesario para regular la translocación de nutrientes en el floema; puesto que las concentraciones de magnesio (Mg) y fósforo (P) muestran un remarcado incremento en los tubos cribosos del tallo en plantas deficientes de calcio (Schulte-Baukloh and Fromm, 1993).

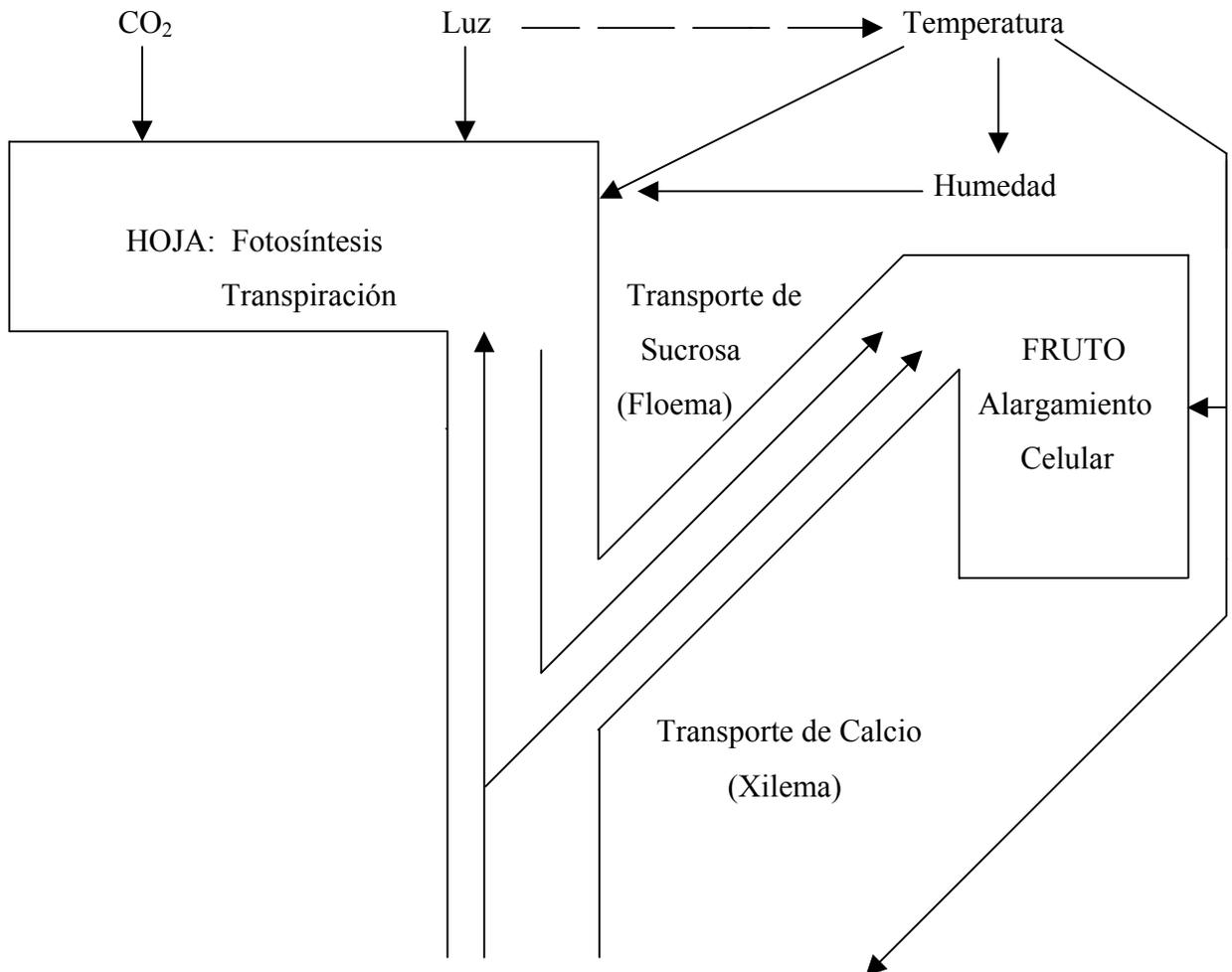
La eficiencia en la distribución y utilización del calcio dentro de las plantas difiere entre líneas y cultivares. Así por ejemplo una línea eficiente tiene la capacidad de mantener una relación alta de calcio soluble/insoluble y tiene un movimiento lento pero continuo del calcio absorbido, permitiendo el crecimiento de órganos apicales y metabolismo en todas las partes de la planta bajo deficiencia de calcio. En el 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). Además se dice que dicha eficiencia o ineficiencia trae consigo que la absorción de otros cationes como potasio (K) o magnesio (Mg) incremente o disminuya (English and Barker, 1987)

#### Factores que influyen en la absorción del calcio.

La absorción del calcio esta altamente relacionada con la radiación solar, ya que este factor determina la tasa de transpiración por las hojas y frutos y por consiguiente la absorción del nutriente, el cual se mueve con menor facilidad a los órganos de baja transpiración como los frutos de tomate (Adams and Ho, 1993).

Además se dice 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) (Banuelos *et al.*, 1987), pero también dicho movimiento de auxinas puede ser reducido al aplicar inhibidores como el ácido tribenzoico (TIBA) o clorflenurol (CME) en las flores y frutos de tomate (Brown and Ho, 1993; Niebla and Driss-Ecole, 1989).

El desorden fisiológico conocido como pudrición apical de frutos de tomate (Blossom-end rot= BER) ocurre bajo una interacción entre los efectos de la radiación solar y la temperatura ambiental sobre el crecimiento del fruto y los efectos del estrés ambiental sobre la absorción del calcio y su distribución dentro de toda la planta (Figura1) (Adams and Ho, 1993).



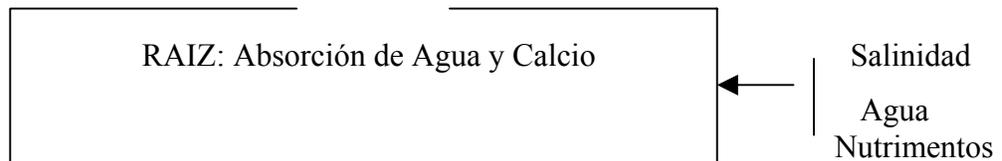


Figura 1. Factores que favorecen la pudrición apical de frutos de tomate.

Otro de los factores que influyen en la absorción del calcio es la temperatura de la zona de raíz, pues se ha observado que la temperatura óptima para la absorción del calcio y para nutrientes mayores es de 25° C (Adams and Ho 1993; Tindall *et al.*, 1990).

La pudrición apical de frutos en tomate (BER).

El BER comienza con lesiones humedecidas de color marrón ligero, las cuales se agrandan, se tornan negras y correosas y con frecuencia invaden con formas negras secundarias. Ocasionalmente ocurre en los lados del fruto y en algunas ocasiones ésta produce una lesión negra interna, no visible desde el exterior del fruto. Los frutos afectados por la pudrición maduran mas rápidamente que lo normal, por lo que las plantas de crecimiento rápido son mas sujetas a la enfermedad (Scott, 1997).

En lo que se refiere al desarrollo del fruto, la pudrición puede ocurrir por los siguientes aspectos:

1.- Existe una correlación altamente significativa entre la incidencia del BER y la concentración de calcio en la porción distal del fruto en los 10 días posteriores a la antesis pero no en maduración (los 10 primeros días después de antesis son cruciales para la aparición del BER) (Franco *et al.*, 1994).

2.- Los frutos pequeños tienen una concentración relativamente alta de calcio, la cual decrece conforme los frutos van creciendo y cuando el BER se desarrolla (Adams and Ho, 1992).

3.- En los frutos existe un pobre desarrollo del xilema en la porción distal, lo cual limita que el calcio se absorba eficientemente (Belda and Ho, 1993).

4.- Existe una fuerte competencia de calcio por las hojas y una tasa de crecimiento de frutos muy alta (Ho *et al.*, 1993).

El calcio en los suelos y su interacción con otros nutrientes. La mayoría de los suelos contienen calcio suficiente para permitir un suplemento y crecimiento vegetal adecuado (Salisbury and Ross, 1994). Sin embargo, en las regiones con alta precipitación, los suelos se vuelven ácidos debido a las altas concentraciones de iones aluminio (Al) y manganeso (Mn), trayendo como consecuencia la deficiencia de iones calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y/o fósforo (P) (Bekker *et al.*, 1994; Elamin and Wilcox 1986; Keltjens and Tan, 1993; Le Bot *et al.*, 1990; McCray and Sumner, 1990).

La aplicación de limos ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ) para elevar el pH de los suelos ácidos e incrementar la absorción de calcio o magnesio por los cultivos es una práctica común para disminuir las deficiencias de dichos nutrientes (Bekker *et al.*,

1994; Elamin and Wilcox, 1985; Smith and Demchak, 1990). Sin embargo cuando se aplica un tipo de limo se espera la absorción del nutrimento, pero la absorción de otro (antagonista o interaccionista) puede o no disminuir; por ejemplo al aplicar  $\text{CaCO}_3$  en el cultivo de tomate el contenido de calcio en los tejidos se incrementa pero las concentraciones de magnesio y manganeso decrecen, sin tener ningún efecto sobre el potasio (Elamin and Wilcox, 1985).

También la aplicación de calcio en forma de gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en suelos aluviales (ácidos) es recomendable para incrementar los rendimientos y calidad de frutos de tomate, pero además se dice que la dispersión de los coloides del suelo se reduce con la aplicación de dicho fertilizante (Muller, 1993).

Otros micronutrientes como el zinc (Zn) y boro (B) también pueden decrecer cuando se aplican los  $\text{CaCO}_3$  o  $\text{MgCO}_3$  en suelos ácidos debido principalmente al incremento del pH (Smith and Demchak, 1990), pero también el calcio puede decrecer las concentraciones de fierro (Fe) en las hojas protegiendo contra toxicidades de zinc cuando este nutrimento está en niveles elevados en los tejidos de las plantas (Wallace and Abou-Zamzam, 1989).

Por otra parte 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 gypsum ( $\text{CaSO}_4$ ) el cual se precipita al subsuelo y permite mejorar la capacidad de intercambio cationico además de que el calcio y azufre se ponen mas 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).

En los suelos la concentración total de cationes como calcio, potasio y magnesio es gobernada por la cantidad de aniones solubles como cloro (Cl), sulfatos (SO<sub>4</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>), carbonatos de hidrogeno (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) y la proporción entre los diferentes cationes es dependiente de las reacciones de intercambio. Así por ejemplo una alta relación potasio/calcio induce deficiencias de calcio y magnesio debido a la poca absorción de dichos nutrimentos; pero la adición de iones cloro incrementan la solubilidad y absorción de los mismos (Jakobsen, 1993).

Para que exista una buena absorción y translocación de calcio a los puntos de crecimiento de raíz es necesaria una translocación simultanea de fosfatos para formar iones pares o complejos antes o después de la absorción, pues un ion influencia al otro en su absorción y translocación a los puntos de crecimiento de raíces (Jakobsen, 1993).

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

La salinidad creada por el cloruro de sodio (NaCl) también limita la absorción de calcio y su translocación 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), pero no debe excederse la fertilización con potasio porque la pudrición apical de frutos de tomate (BER) es frecuentemente mas estimulada por la salinidad creada con la adición de nutrimentos mayores como el potasio y magnesio (Adams and Ho, 1993).

## FUNCIONES, ABSORCION Y TRANSPORTE DEL BORO

El papel del boro (B) en la nutrición y fisiología de las plantas ha sido investigado extensamente y ha sido implicado en la síntesis y estructura de la pared celular, función y estructura de las membranas y en el metabolismo de ácidos fenólicos y auxinas (Loomis and Durst, 1992). Otro de los 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 and Ross, 1994).

El boro es absorbido de los suelos casi por completo como ácido bórico sin disociar ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) (Salisbury and Ross, 1994). En la planta se transporta con lentitud hacia fuera de los órganos floemáticos después de que llega a ellos por el xilema o cuando existe una deficiencia marcada en algunos órganos inferiores como hojas basales y raíces (Oertli, 1993).

Síntomas de deficiencia y toxicidad causados por el boro.

Al igual que el calcio, el boro se mueve a través de la corriente transpiratoria, depositándose generalmente en los márgenes, ápices y áreas intervenales de las hojas más viejas y es allí donde se observan los primeros síntomas de toxicidad (Oertli, 1994).

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 con colores bronce, café y negro, se marchitan y mueren (Oertli, 1993).

En la planta de tomate (semitolerante al boro) los síntomas de toxicidad solo se pueden observar en zonas áridas y semiáridas, donde las aguas de riego tienen altas concentraciones de boro y éste es difícil de lixiviar debido a las escasas lluvias (Gupta *et al.*, 1985; Maynard, 1997). Aunado a esto 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 follaje y fruto. 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), además se acelera la senescencia de tejidos de plantas jóvenes 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 loculos se abren y la maduración del mismo es irregular (Maynard, 1997).

Se han observado casos extremos en donde puede existir toxicidad (en hojas viejas) y deficiencia (en hojas jóvenes) en la misma planta, con concentraciones elevadísimas de boro en tejidos necróticos, mas bajas en tejidos verdes y regulares en tejidos cloróticos (Oertli, 1994).

Factores que favorecen la distribución del boro.

Debido a una distribución no uniforme del boro, el conocimiento de su transporte en las plantas puede servir de auxilio en algunos desordenes por deficiencias e incrementar la eficiencia de las aplicaciones foliares (Hanson, 1991).

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

1.- La temperatura, al incrementar la absorción de agua y boro, aunque el transporte sea por separado (Oertli, 1993).

2.- El estrés hídrico causado por baja humedad de los suelos (Maynard, 1997).

3.- La humedad relativa (Oertli, 1994).

4.- La duración e intensidad lumínica (Oertli, 1994).

La distribución no uniforme del boro en las hojas es mas elevada en el caso de la toxicidad del boro (por ser localizada) que en la deficiencia de boro. Por eso se piensa

que la concentración de boro en hojas aumenta conforme las hojas crecen, puesto que su translocación en la planta es debida a la corriente de transpiración (Oertli, 1994).

El boro en los suelos e interacciones. Este nutrimento es altamente móvil en el suelo y fácilmente lixiviable, ést es la razón de que se hable de deficiencias en todas las partes húmedas del mundo, pues menos del 5% del boro total se encuentra disponible para los cultivos (Gupta *et al.*, 1985).

El principal nutrimento que interacciona con el boro es el calcio, pues la deficiencia de boro incrementa la absorción total de calcio en la planta de tomate, pero además dicha deficiencia inhibe la translocación de calcio a las hojas superiores, induciendo 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 and Davidov, 1993).

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

También se dice que el nitrógeno interacciona con el boro, puesto que las adiciones de nitrógeno a través de compostas o fertilizantes han aumentado la disponibilidad del boro en los suelos debido principalmente a la reducción del pH (Gupta *et al.*, 1985).

La adición de magnesio como carbonatos u óxidos, también favorecen las deficiencias de boro debido principalmente al aumento del pH (Smith and Dekcham, 1990).

El manganeso también interacciona con el boro, puesto que una deficiencia o toxicidad de boro incrementa la concentración de manganeso en los tejidos de las plantas (Chatterjee *et al.*, 1989).

#### FUNCIONES Y ABSORCION DEL MAGNESIO

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

El magnesio se absorbe como ion divalente magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y a diferencia con el calcio y boro, este nutrimento se retransloca fácilmente dentro de la planta (Salisbury and Ross, 1994) y la manera más fácil de saber si hay suficiencia de magnesio es checar mediante un análisis foliar 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 and Wilcox, 1985).

En ausencia de magnesio la clorosis intervenal de las hojas basales es el primer síntoma de deficiencia, ya que las células del mesofilo próximas a los haces vasculares retienen la clorofila por períodos mayores que las células del parenquima que se hallan entre ellos (Salisbury and Ross, 1994) y las hojas mas jóvenes son atacadas por estreses continuos (Maynard, 1997).

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 (Maynard, 1997).

### Magnesio en los suelos e interacciones.

Las deficiencias de magnesio en cultivos se desarrollan si la concentración de dicho nutrimento es baja en el medio radicular, si está presente en formas químicas que no estén disponibles para su absorción o utilización por la planta, o si una alta concentración de un catión competitivo está presente (Elamin and Wilcox, 1985).

Entre los cationes que favorecen su deficiencia se pueden citar al potasio (Jakobsen, 1993; Maynard 1997), amonio (Maynard, 1997; Zornoza *et al.*, 1987) y al calcio (Elamin and Wilcox, 1985; Maynard, 1997) como los principales.

Los suelos con alto magnesio intercambiable conforme la relación magnesio/calcio incrementa, los iones sodio y potasio incrementan su solubilidad, permitiendo que los suelos se vuelvan improductivos. En esos suelos el intercambio entre magnesio y calcio indica que el potasio y sodio son más competitivos contra el magnesio que contra el calcio (Haghnia and Pratt, 1988).

Las altas concentraciones de magnesio en el suelo traen consigo los desordenes fisiológicos del color de fruto de tomate conocidos como “Ojo amarillo” y “Corazón blanco”, por lo que se recomienda la aplicación de gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) para desplazar al magnesio del suelo y reducir dichos desordenes nutricionales (Hartz *et al.*, 1998).

Anteriormente la toxicidad causada por aluminio se decía que traía como consecuencia la deficiencia de calcio, pero en el cultivo de tomate y varias monocotiledoneas es el magnesio quien puede contrarrestar los efectos de dicho elemento en suelos ácidos (Keltjens and Tan, 1993).

El manganeso es otro nutrimento que puede decrecer la absorción de magnesio en suelos ácidos, pero 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), sin embargo éste puede causar severos problemas en cultivos como melón (Elamin and Wilcox, 1986) y trigo (Le Bot *et al.*, 1990).

Las interacciones con otros micronutrientes también son reportadas por ejemplo con el boro y zinc (Smith and Demchak, 1990), al igual se ha encontrado cierta interacción con el fierro (Agarwala *et al.*, 1988).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización geográfica**

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" ubicada en las coordenadas 25° 23' latitud norte y 101° 01' de longitud oeste en el municipio de Saltillo Coahuila, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 metros.

El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno (6 de julio - 18 de diciembre de 1999) en un invernadero de forma semicircular, el cual se encuentra ubicado a un costado del Departamento de Horticultura en la zona conocida como el bajío de la UAAAN, Dicho Invernadero es de uso múltiple, pues en él se mantiene a especies hortícolas, frutícolas y plantas ornamentales.

## **Material vegetativo**

Se utilizó el cultivar "Río Grande", el cual es un tomate de los denominados saladete o huaje.

## **Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado se denomina diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial AxB (Olivares, 1994).

El factor A estuvo conformado por cuatro niveles y fueron las soluciones nutritivas: solución completa, solución sin calcio, solución sin boro y solución sin calcio

y boro. En el cuadro siguiente se enlistan los fertilizantes de la solución completa.

Cuadro 1. Fuente, formulación, y dosis de los fertilizantes empleados en la solución completa.

Fertilizante	Formulación	Dosis optima (ppm)	200 litros de agua (g)
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2350	470
Sulfato de Magnesio	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	760	152
Acido Fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	250	50 (cc)
Nitrato de Amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	58	11.60
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	56	11.2
Sulfato de Cobre	$\text{Cu}(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	39	2.4
Cloruro de Potasio	KCl	30	1.52
Sulfato de Zinc	$\text{Zn}(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	17	3.40
Sulfato Ferroso	$\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	12	11.60
Sulfato de Manganeso	$\text{Mn}(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7.6	6

La solución sin calcio se formó con los mismos fertilizantes, solamente que no se aplicó Nitrato de Calcio, para formar a la solución sin boro solamente se le excluyo el Bórax a la solución completa. La solución sin calcio y boro también se formó por los fertilizantes de la solución completa sin agregar Nitrato de Calcio y Bórax.

El factor B (aplicaciones foliares) se formo por cuatro niveles (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles y dosis del factor B.

Niveles	Dosis
Nivel 1.- Testigo	
Nivel 2. - Fulvato de Calcio + Boro	3000 ppm

Nivel 3. - Fulvato de Calcio + Boro + Magnesio	3000 ppm
Nivel 4. - Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3000 ppm

Como ya se mencionó, existieron cuatro niveles del factor A y cuatro niveles del factor B. En total fueron dieciséis niveles que multiplicados por quince plantas (repeticiones por nivel) nos dieron un total de 240 unidades experimentales.

### **Metodología seguida.**

El día 7 de julio de 1999 las semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv "Río Grande" se pusieron a germinar en charolas flotantes utilizando como sustrato perlita. En la solución se utilizó ácidos fúlvicos a 500 ppm, además se agregó fungicida-nematicida para evitar enfermedades en las raíces de las plántulas.

El transplante se realizó el 28 de julio (tres semanas después), las plántulas se seleccionaron cuidadosamente para obtener buena uniformidad de establecimiento y se escogieron aquellas que no presentaron daños en las raíces u otros problemas en las hojas.

Las plántulas se transfirieron a botes de 20 litros que contenían arena sílica de río, solamente se dejó una pequeña parte de los contenedores sin llenar. Antes y después de transferirlas se regó muy bien para lograr una mejor adaptación de las mismas. El 29 de julio (un día después) se realizó la aplicación del fertilizante triple 17 (17% N, 17%P, 17% K) a razón de 15 g por planta para favorecer un buen desarrollo de raíces.

Las soluciones nutritivas (Factor A) se empezaron a aplicar a partir del día primero de agosto y éstas se aplicaron tres veces por semana a una cantidad de 1.5 litros por planta (repetición), un cuarto riego por semana consistió de agua sin fertilizante para facilitar el lavado de sales y evitar su acumulación.

Se realizó un deshierbe manual a la semana de establecidas las plántulas, después ya no fue necesario realizar ninguno.

Se utilizaron para conducir a las plantas hilos de rafia, esto se realizó antes de que las plantas empezaran a doblarse por su propio peso.

El 26 de Agosto se realizó la poda a dos tallos y posteriormente se realizó la aplicación del fungicida Captan (Captan 50 PH) a una concentración de 1 g/l (1000 ppm) mezclado con el coadyuvante bionex (Alcohol tridecil polioxietilénico) a una concentración de 1cc/l (1000 ppm) en una aspersora de mochila con una capacidad de 15 litros.

El 27 de Agosto se inició la aplicación de los fertilizantes foliares (Factor B) justamente cuando apareció la floración al 50%. Estas aplicaciones foliares se realizaron (una vez por semana) cada semana hasta una semana antes del termino del ciclo de cultivo.

La aparición de la enfermedad conocida como *Alternaria alternata* fsp *lycopersici* poco después del termino del mes de agosto (sin fecha precisa) hizo que se aplicara el fungicida Metalaxil 8% + Mancozeb 64% (Ridomil 72) dos veces por semana a una concentración de 1000 ppm, aunque esta enfermedad se reporta como infecciosa, sin tener control químico (Paulus, 1997), solo se menciona que existen cultivares resistentes a la enfermedad.

La enfermedad antes citada ataco a los niveles uno y dos, primero apareció en el nivel dos (solución sin calcio) pasándose después al nivel uno (solución completa), los niveles tres y cuatro no fueron afectados por la enfermedad porque no estaban cerca de los niveles uno y dos, además estaban separados por una cama de rosales.

Otra enfermedad que se observo fue un tipo de virus, el cual solo se presentó en un tratamiento del nivel tres (solución sin boro). Esta enfermedad casi ataco en el fin del cultivo pero redujó el numero de frutos de ese nivel, pues las plantas afectadas produjeron frutos muy pequeños que maduraban rápidamente en la planta por lo que no se les tomó en cuenta.

### **Variables evaluadas**

Numero de frutos.

En esta variable se cosecharon los frutos por repetición (planta), para después hacer la sumatoria total de todos los cortes (ocho en total) y para después obtener la media por nivel.

Peso de frutos.

Cuando los frutos se cosecharon, se pesaron con una balanza analítica para obtener su peso. Posteriormente se obtuvo la media de cada nivel.

Firmeza de frutos

Solamente se tomaron cinco frutos por nivel (aleatoriamente), y en total se realizó la prueba de firmeza cuatro veces. A los frutos se les removió la cascara con una navaja muy fina, cuidando de no llevarse tejidos, entonces se tomó la firmeza con un penetrómetro por los dos lados del fruto (en los diámetros ecuatoriales), se obtuvo la media de los diámetros y entonces la media de cada nivel. Cabe el mencionar que los frutos se dividieron en dos estadios: rosa (estadio uno) y rojo (estadio rojo), por lo que los datos presentados en este trabajo son medias del estadio dos.

## **RESULTADOS**

### **Numero de frutos.**

El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencias altamente significativas en los factores A (soluciones) y B (aplicaciones foliares) a nivel de significancia del 5%.

Los cuatro niveles del factor A son estadísticamente diferentes, el nivel tres (solución sin boro) fue altamente significante respecto al nivel dos (solución sin calcio) obteniendo estos el mayor y menor número de frutos (27.1 y 18.63 respectivamente). Los niveles cuatro y uno (solución sin calcio y boro, y solución completa) también fueron significantes ( 24.16 y 22.05 respectivamente) respecto al nivel dos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de los factores A, B y sus interacciones (AxB, BxA) en el número de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv Río Grande.

Factor A	Factor B				Medias A
	Testigo	Ca + B	Ca + B + Mg	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Completa	22.9333 a	19.7333 b	22.8000 a	22.7333 a	22.0500 c
Sin Ca	16.9333 c	17.2000 c	19.5333 b	20.8667 a	18.6333 d
Sin B	27.6000 b	30.0000 a	25.8000 c	25.0000 d	27.1000 a
Sin CaB	29.4000 a	23.7333 b	20.4000 c	23.1333 b	24.1667 b
Medias B	24.2167 a	22.6667 b	22.1333 c	22.9333 b	22.9875

Los valores son medias por planta (repetición). NS=0.05

En el nivel dos del factor A (solución sin calcio) también se encontraron diferencias significantes, el nivel cuatro (CaNO<sub>3</sub>) fue altamente significativo con una

media de 20.86 respecto a los niveles dos y uno (Ca+B y testigo) que obtuvieron medias de 17.20 y 16.93 respectivamente (estadísticamente iguales). El nivel tres (Ca+B+Mg) que obtuvo una media de 19.53 también fue significativo respecto a los niveles dos y uno (cuadro 3).

En el nivel cuatro del factor A (solución sin calcio y boro) también se encontraron diferencias significantes, el nivel uno (testigo) obtuvo una media de 29.40 y supero ampliamente a los demás niveles. El peor nivel fue el número tres (Ca+B+Mg) con una media de 20.40, siendo los niveles dos y cuatro (Ca+B y CaNO<sub>3</sub> respectivamente) estadísticamente iguales con una media de 23.73 y 23.13, pero significantes respecto al nivel tres (Cuadro 3).

En el nivel uno del factor A (solución completa) solamente el nivel dos (Ca+B) fue estadísticamente inferior a los demás (Cuadro 3).

### **Peso de frutos.**

El análisis de varianza (ANVA) también mostró diferencias altamente significantes en todos los niveles de los factores A y B a nivel del 5%.

Los cuatro niveles del factor A son estadísticamente diferentes, el nivel tres (solución sin boro) fue altamente significativo respecto al nivel dos (solución sin calcio) al obtener el mayor y menor peso de frutos con una media de 1974.61 g, y 1300.24 g respectivamente. Los niveles cuatro y uno (solución sin calcio y boro, y solución completa) también fueron significantes (con una media de 1896.65 g, y 1491.95 g respectivamente) respecto al nivel dos (Cuadro 4).

En la interacción AxB se observaron diferencias altamente significantes. Así por ejemplo, en el nivel cuatro del factor A (solución sin calcio y boro) los niveles del factor B son diferentes, el nivel uno (testigo) fue altamente significativo respecto al nivel tres (Ca+B+Mg) obteniendo una media de 2353.62 g, y 1537.94 g respectivamente. Los otros dos niveles (Ca+B y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) aunque fueron estadísticamente iguales entre ellos, fueron significantes (con una media de 1876.8 g, y 1818.20 g respectivamente) comparándolos con el nivel tres (cuadro 4).

El nivel dos del factor A (solución sin calcio) fue el que mostró menos diferencias. Solamente el nivel dos (Ca+B) fue estadísticamente inferior (con una media de 1164.17 g) a los demás, los cuales fueron estadísticamente iguales con medias superiores a 1300 g (cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de los factores A, B y sus interacciones (AxB y BxA) en el peso de los frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv Río Grande).

Factor A	Factor B				Medias A
	Testigo	Ca + B	Ca+ B+Mg	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Completa	1479.3335 b	1331.7335 c	1555.4001 a	1601.3335 a	1491.9501 c
Sin Ca	1319.9620 a	1164.1777 b	1361.8500 a	1354.9731 a	1300.2407 d
Sin B	2132.1499 a	2150.1799 a	1656.1466 c	1959.9664 a	1974.6106 a
Sin CaB	2353.6265 a	1876.8600 b	1537.9467 c	1818.2000 b	1896.6588 b
Medias B	1821.2679 a	1630.7378 c	1527.8359 d	1683.6183 b	1665.868

Los valores son medias por planta (repetición). NS=0.05.

En la solución completa (nivel uno del factor A) también se encontraron diferencias significantes. Los niveles cuatro y tres (CaNO<sub>3</sub> y Ca+B+Mg

respectivamente) fueron altamente significantes con medias de 1601.33 y 1555.40 g respecto al nivel dos (Ca+B) que obtuvo una media de 1331.73 g. El nivel uno (testigo) también fue significativo respecto al nivel dos con una media de 1479.33 g (cuadro 4).

En el nivel tres del factor A (solución sin boro) se encontró también diferencias significantes. El nivel tres fue el que obtuvo la peor media (1656.14 g) respecto a los niveles dos y uno (Ca+B y testigo) que fueron estadísticamente iguales entre ellos (con medias de 2150.17 y 2132.14 g) pero altamente significantes al nivel tres, el nivel cuatro también fue estadísticamente significativa (con una media de 1959.96 g) respecto al nivel tres (cuadro 4).

### **Firmeza de frutos**

El análisis de varianza (ANVA) solo mostró diferencia estadística en un nivel del factor A, pero ninguna en el factor B a nivel de significancia de 5%.

El único nivel del factor A que fue significativo respecto a los demás fue el número uno (solución completa). Los niveles del factor B fueron estadísticamente iguales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de los factores A, B y sus interacciones (AxB y BxA) en la firmeza de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv Río Grande).

Factor A	Factor B				Medias A
	Testigo	Ca+B	Ca+B+Mg	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Completa	5.2900 ab	5.3350 ab	5.0850 b	5.6650 a	5.3438 a

Sin Ca	4.7350 a	5.0900 a	4.8450 a	4.7300 a	4.8500 b
Sin B	4.7050 a	4.9100 a	4.6850 a	5.0000 a	4.8250 b
Sin CaB	4.8000 a	4.7500 a	4.8900 a	4.8100 a	4.8125 b
Medias B	4.8825 a	5.021 a	4.8763 a	5.0512 a	4.9578

Los valores son medias de 5 frutos por nivel. NS=5%.

Las interacciones AxB solo se encontró significancia en el nivel uno (solución completa), el nivel cuatro fue significativo respecto a los demás.

## DISCUSION

### Numero de frutos.

En el factor A, el menor número de frutos obtenido en la solución sin calcio fue debido principalmente a la deficiencia del nutriente, ya que como lo mencionan Satti *et al* (1994) el calcio es muy importante durante la floración para favorecer un buen amarre de frutos. También la deficiencia de nitrógeno tuvo efectos negativos, puesto que como lo mencionan Raab and Terry (1995) el nitrato es indispensable para que exista una buena concentración de osmolitos (cationes, sucrosa, nitratos) en las hojas, además mejora la absorción y movimiento acropétalo de cationes como  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  (Huett and Dettmann, 1988). Por otra parte Barker *et al* (1988) mencionan que cuando se nutre a la planta con amonio este nutriente no permite que el calcio ascienda tan fácilmente a las hojas y se deposite en los vástagos, y el hecho de que el calcio se estarve puede causar desbalances nutrimentales en los tallos y que exista poco movimiento de asimilados de carbono hacia órganos en desarrollo (Schulte-Baukloh and Fromm, 1993),

disminuyendo tal vez con esto el número de frutos amarrados. Por último cabe el mencionar que la enfermedad Cáncer de tallo por alternaria (*Alternaria alternata* fsp. *lycopersici*) comenzó en este nivel y fue el mas castigado por la enfermedad.

El hecho de que la solución completa no haya obtenido el mayor número de frutos fue debido a que la enfermedad antes citada causó severos problemas a todos los tejidos de las plantas (principalmente en las hojas) de los niveles uno y dos (solución completa y solución sin calcio), pues Paulus (1997) menciona que las pérdidas de rendimiento causadas por esta enfermedad pueden llegar hasta un 90 %.

La importancia del nitrógeno en una buena expresión vegetativa y por ende reproductiva (Huett and Dettmann, 1988) y el calcio durante la floración (Satti *et al.*,

1994) quedaron de manifiesto en los niveles anteriores del factor A, todo esto aunado a los efectos desfavorables causados por la enfermedad.

Debido a todo lo anterior el nivel tres del factor A (solución sin boro) obtuvo el mayor número de frutos pues no tuvo deficiencias de nitrógeno, calcio y no fue atacado por la enfermedad. Por otra parte se menciona que las aguas de riego de las zonas áridas y semiáridas contienen buena cantidad de boro (Gupta *et al.*, 1985; Maynard, 1997) de tal modo que incluso pudo existir muy poca deficiencia del nutrimento.

El hecho de que la solución sin calcio y boro haya obtenido mayor número de frutos incluso que la solución completa se debió a que este nivel no fue atacado por la enfermedad, pero también se observa la importancia del calcio en floración (Satti *et al.*, 1994) puesto que este nivel fue inferior a la solución sin boro.

En las interacciones AxB o BxA la variación ocurrida en los dieciséis niveles fue debida a las interacciones entre los nutrimentos y de cierta forma al ataque por la enfermedad ya mencionada.

En el nivel tres del factor A (solución sin boro) al aplicar Ca+B vía foliar se aumenta el número de frutos fijados, similares resultados fueron obtenidos por DeMoranville and Deubert (1987) en el cultivo de arándanos. En el caso de nivel que mostró el menor número de frutos ( $\text{CaNO}_3$ ) pudo ser debido a que cuando existe deficiencia de boro y se suplementa con calcio se puede afectar el metabolismo del calcio como lo mencionan Yamauchi *et al* (1986) ya que aunque un nutrimento puede sustituir al otro en ciertas funciones no es lo más apropiado, además el suplemento externo de calcio (aplicación foliar) puede incrementar el calcio en las hojas pero no precisamente en órganos de baja transpiración como lo mencionan Ganmore-Neumann and Davidod (1993) en el cultivo de rosal, lo mismo pudo ocurrir durante el fijado de

frutos disminuyendo el número de frutos amarrados pues como lo mencionan Franco *et al* (1994) los primeros días a la aparición de las flores si no existe buen suplemento de calcio éstas pueden ser abortadas o propensas a la pudrición apical de frutos.

El hecho de que el nivel uno (testigo) haya obtenido mayor numero de frutos que los niveles tres y cuatro (Ca+B+Mg y CaNO<sub>3</sub> respectivamente) probablemente se deba a que el agua de riego haya contenido algo de boro, pues en regiones áridas y semiáridas este nutrimento se encuentra en altas concentraciones (Gupta *et al.*, 1985; Maynard, 1997) y como este nutrimento se requiere en cantidades muy pequeñas no haya sido factor de deficiencia. En el nivel tres pudo existir cierto efecto interaccionista como lo mencionan Teasdale and Richards (1990), lo cual se reflejó en un menor numero de frutos amarrados.

Sin lugar a duda las interacciones nutricionales y otros factores a la interacción AxB fueron muy drásticos en el nivel dos del factor A (solución sin calcio), ya que este obtuvo el peor promedio del factor A. En el nivel uno (testigo) el menor número de frutos obtenidos se debió a la deficiencia de calcio, puesto que ésta causa el desorden fisiológico más importante en el cultivo de tomate, el cual se conoce como pudrición apical de frutos (Adams and Ho, 1992,1993), también la deficiencia de nitrógeno en forma de nitratos pudo reducir la absorción de otros cationes como potasio, magnesio, calcio y por consiguiente el desarrollo de las plantas (Huett and Detmann, 1988), lo cual puede repercutir en un menor número de frutos amarrados. Además fue en dicha interacción donde apareció la enfermedad ya mencionada afectando aun más a todo el metabolismo de la planta (fotosíntesis, respiración, nutrición).

El mayor número de frutos obtenidos en el nivel cuatro (CaNO<sub>3</sub>) fue debido a que esos nutrimentos eran los demandados por el cultivo en el período que más se requerían, sin embargo ésta fue de las peores interacciones AxB o BxA ya que solo

superó a una que no está incluida en el nivel dos del factor A (1x2 o 2x1). Dicho incremento de número fue debido a lo mencionado por Huett and Detmann (1988) puesto que la planta requiere al nitrato para una buena absorción de cationes, aunado a esto Cavazos y De la Cerda (1995) encontraron que la aplicación de un fertilizante foliar que contenía N(6%) y Ca (8%) fue efectivo en aumentar el número de frutos fijados en el cultivo de la sandía.

En el nivel tres (Ca+B+Mg) es creíble que el calcio que se requería haya sido suplementado vía foliar y que al amonio haya tenido efectos interaccionistas con el magnesio como lo mencionan Maynard (1997) y Zornoza *et al* (1987), pero también pudo existir cierto efecto interaccionista como lo mencionan Teasdale and Richards (1990).

En el nivel dos (Ca+B) es lógico pensar que la aplicación foliar de calcio y boro no fue efectiva al afectar el metabolismo del calcio como lo menciona Yamauchi *et al* (1986), o que el calcio no fue trasladado a los órganos de baja transpiración como lo mencionan Ganmore-Neumann and Davidov (1993), pero también la deficiencia de nitrógeno pudo tener efecto adverso (Barker *et al.*, 1988) en este nivel y la enfermedad complemento todos los efectos.

Los resultados obtenidos en la solución completa se debieron al ataque de la enfermedad, pero se observa que el calcio es un nutrimento importantísimo puesto que todas las medias de este nivel fueron superiores si se les compara con la solución sin calcio que también fue atacada por la enfermedad.

### **Peso de frutos.**

El peso de los niveles del factor A fue dependiente del número de frutos. Sin embargo en las interacciones AxB o BxA se observan diferencias bien marcadas. Así por ejemplo en la solución completa el nivel cuatro mejoró el peso de los fruto y supero al testigo, lo anterior fue debido a que se aplicó calcio vía foliar y este nutrimento es importante en el mantenimiento de la pared celular (Poovaiah, 1988; Yamauchi *et al.*,

1986) y no permitio tan fácilmente el rompimiento de las celulas por el patógeno, ya que como lo mencionan Berry *et al* (1988) el nivel de nutrición de calcio en conjunto con nitrógeno muestran cierta tolerancia al ataque de enfermedades como el cáncer bacterial de tomate (*Corynebacterium michiganensis*), mejorando así el transporte de azucares de las hojas hacia el fruto y obteniendo un mejor peso.

En el nivel tres (Ca+B+Mg) se obtuvo también buen peso, pero se observa que hubo cierto efecto interaccionista (Teasdale and Richards, 1990) pues fue inferior al nivel cuatro (no significativo). El nivel dos fue dependiente en gran medida del número de frutos pues no hubo diferencia en el peso.

En la solución sin boro el nivel cuatro también supera al nivel tres, pues el nitrato favorece la absorción de nutrimentos (Raab and Terry, 1995) y aumenta la materia seca y el crecimiento de los frutos (Huett and Detamann, 1988). El nivel dos (Ca+B) que había sido significativo respecto al nivel uno en el número de frutos fue estadísticamente igual en el peso, esto fue debido a que el incremento de rendimiento cuando se aplica calcio y boro no esta basado en el peso de los frutos sino en el número (DeMoranville

and Deubert, 1987) aunque los resultados contradicen a los obtenidos por Kotur (1994) en el cultivo de pepino, deduciendo que el rendimiento se incrementa dependiendo del tamaño de los frutos.

El menor peso de frutos en el nivel tres pudo ser debido a una interacción como lo mencionan Teasdale and Richards, (1990), puesto que si existe una concentración igual de calcio y magnesio en los tejidos se puede inducir deficiencia de calcio (Mostafa and Ulrich, 1976) debido a que el magnesio es altamente móvil (Maynard, 1997; Salisbury and Ross, 1994) y el calcio no llega con tanta facilidad a los órganos de baja transpiración como los frutos de tomate (Adams and Ho, 1993) y como el calcio es el nutrimento que favorece el agrandamiento celular (Poovaiah, 19938) el peso pudo disminuir.

En la solución sin calcio el nivel tres muestra nuevamente efectos interaccionistas (Teasdale and Richards, 1990) pues este nivel en el número de frutos fue superior al testigo y en el peso fue estadísticamente igual. En el nivel dos también se observa una disminución en el peso respecto al nivel uno, lo cual puede ser debido a lo mencionado por Yamauchi *et al* (1986) quienes mencionan que la deficiencia de un nutrimento y el suplemento con otro puede afectar el metabolismo del primero. Lo anormal ocurrió en el nivel cuatro pues este nivel había sido el de mayor número en este nivel y de mayor peso en otros y obtuvo menor peso en este nivel incluso que el nivel tres. El nivel uno (testigo) muestra claramente que existieron efectos interaccionistas entre los nutrimentos, pues este nivel fue superior que el nivel dos que había obtenido mayor número de frutos.

### **Firmeza de frutos.**

En el factor A, el hecho de que el nivel número uno (solución completa) haya sido significativo respecto a los demás se debe a que el producto cosechado (fruto) muestra las mejores características, después de que éste es fertilizado bien durante todo el desarrollo de la planta, pues sus características dependen en gran medida de todo el manejo de fertilización en todas las etapas de crecimiento de los órganos vegetales (Huett and Detmann (1988).

La mejor firmeza de todas las interacciones fue la completa mas  $(\text{CaNO}_3)_2$ , pues el calcio es el nutrimento mas importante para retrasar el ablandamiento de los frutos (Brady *et al.*, 1985) y por ende su maduración (Brady, 1987) y la fertilización con nitrógeno en forma de nitratos favorece la absorción de cationes y produce frutos firmes (Huett and Detmann, 1988).

La peor de todas las interacciones (la que obtuvo la peor firmeza) fue la solución sin boro mas (Ca+B+Mg), lo cual confirma los efectos interaccionistas de la deficiencia del boro y el suplemento con calcio y magnesio (Teasdale and Richards, 1990), por lo que es muy probable que el magnesio haya llegado con mayor facilidad al fruto (Maynard, 1997) que el calcio, afectando la firmeza de los frutos (Conway and Sams, 1987).

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

Los fulvatos de Calcio + Boro sobresalieron sobre los de Calcio + Boro + Magnesio aumentando el número de frutos amarrados; respecto a la aplicación foliar con Nitrato de Calcio no se encontraron diferencias significativas.

El peso de los frutos fue dependiente aunque no en su totalidad del número de frutos, sobresaliendo nuevamente los fulvatos de Calcio + Boro sobre los de Calcio + Boro + Magnesio.

En la firmeza de fruto aunque no se encontró diferencia significativa, los fulvatos de Calcio + Boro vuelven a sobresalir sobre los de Calcio + Boro + Magnesio y el testigo.

El nivel de ataque de la enfermedad es un factor que contó mucho en este experimento, pues las medias más bajas se obtuvieron en los niveles que fueron atacados por la enfermedad (excepto en la variable firmeza).

#### SUGERENCIA

Se recomienda que se realice una prueba con diferentes dosis de los fulvatos utilizados en este experimento porque una sola dosis no despeja datos muy claros.

#### LITERATURA CITADA

Adams, P., and Ho, L. C. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *J. Hortic. Sci.* 67:827-839.

- \_\_\_\_\_. 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant Soil*. 154:127-132.
- Agarwala, S. C., Chatterjee, C., Gupta, S., and Nautiyal, N. 1988. Iron-manganese-magnesium interaction in cauliflower. *J. Plant Nutr.* 11:1005-1014.
- Alexander, A., and Schroeder, M. 1987. Modern trends in foliar fertilization. *J. Plant Nutr.* 10:1391-1399.
- 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.
- Barker, A. V., Ready, K. M., and Mills, H. A. 1988. Critical calcium concentrations in radish grown various regimes of nitrogen nutrition. *J. Plant Nutr.* 11:1727-1738.
- 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.
- Bekker, A. W., Hue, N. V., Yapa, L. G. G., and Chase, R. G. 1994. Peanut growth as affected by liming, Ca-Mn interactions, and Cu plus Zn applications to oxidic samoan soils. *Plant Soil*. 164:203-211.
- Belda, R. M., and Ho, L. C. 1993. Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *J. Hortic. Sci.* 68:557-564.
- Berry, S. Z., Madumadu, G. G., and Rafique Uddin, M. 1988. Effect of calcium and nitrogen nutrition on bacterial canker disease of tomato. *Plant Soil*. 112:113-120.
- Brady, C. J. 1987. Fruit ripening. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38:155-178.

- Brady, C. J., McGlasson, W. B., Pearson, J. A., Meldrum, S. K., and Kopeliovitch, E. 1985. Interactions between the amount and molecular forms of polygalacturonase, calcium, and firmness in tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:254-258.
- 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.
- Cavazos, F. M., y De la Cerda, J. M. 1995. Efecto del supertrón en el problema de pudrición apical en sandías (*Citrullus lanatus* Thumb Mansf.). CIA-FAUANL. *Avances en Investigación*:90-92.
- Chatterjee, C., Sinha, P., Nautiyal, N., Khurana, N., and Agarwala, S. C. 1989. Physiological response of cauliflower in relation to manganese-boron interaction. *J. Hortic. Sci.* 64:591-596.
- Conway, W. S., and Sams, C. E. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:300-303.
- Dawood, F. A. 1989. Effect of high rates of sulphur on the CaCO<sub>3</sub> and CaSO<sub>4</sub> content of calcareous soils. *Plant Soil.* 120:307-309.
- DeMoranville, C. J., and Deubert, K. H. 1987. Effect of commercial calcium-boron and manganese-zinc formulations on fruit set of cranberries. *J. Hortic. Sci.* 62:163-169.
- Elamin, O. M., and Wilcox, G. E. 1985. Effect of magnesium fertilization on yield and leaf composition of tomato plants. *J. Plant Nutr.* 8:909-1012.
- \_\_\_\_\_. 1986. Effect of magnesium and manganese nutrition on muskmelon growth and manganese toxicity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:582-587.
- English, J. E., and Barker, A. V. 1987. Ion interactions in calcium-efficient and calcium-inefficient tomato lines. *J. Plant Nutr.* 10:857-864.
- Fouldrin, K., Limami, A., and Lamaze, T. 1993. Calcium (<sup>45</sup>Ca) mobility in Chicory root (*Cichorium intybus* L.) as affected by the anionic composition of the nutrient solution during forcing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:587-592.
- Franco, J. A., Bañón, S., and Madrid, R. 1994. Effects of a protein hydrolysate applied by fertigation on the effectiveness of calcium as a corrector of blossom-end rot in tomato cultivated under saline conditions. *Scientia Hort.* 57:283-292.

- Francois, L. E. 1984. Effect of excess boron in tomato yield, fruit size, and vegetative growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:322-324.
- Ganmore-Neumann, R., and Davidov, S. 1993. Uptake and distribution of calcium in rose plantlets as affected by calcium and boron concentration in culture solution. *Plant Soil.* 155/156:151-154.
- 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.* 65:381-409.
- Haghnia, G. H., and Pratt, P. F. 1988. Effect of exchangeable magnesium on the accumulation of sodium and potassium in soils. *Soil Sci.* 145:432-436.
- Hanson, E. J. 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. *HortScience.* 26:271-273.
- Hartman, P. L., Mills, H. A., and Jones, J. B. Jr. 1986. The influence of nitrate : ammonium ratios on growth, fruit development and element concentration in floradadel tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:487-490.
- Hartz, T. K., Giannini, C., Miyao, E., Valencia, J., Cahn, M., Mullen, R., and Brittan, K. 1998. Soil cation balance affects tomato color diseases. *HortScience.* 33(1-3): 013(Abstr).
- Ho, L. C., Belda, R., Brown, M., Andrews, J., and Adams, P. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *J. Exp. Bot.* 44: 509-518
- 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
- Keltjens, W. G., and Tan, K. 1993. Interactions between aluminium, magnesium, and calcium with different monocotyledonous and dicotyledonous plant species. *Plant Soil.* 155/156:485-488.
- Kotur, S. C. 1994. Effect of soil and foliar application of boron on fruit production, yield and leaf-tissue composition of cucumber (*Cucumis sativus*) in an Alfisol. *Ind. J. Agric. Sci.* 64:50-52.
- 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*) and wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Plant Soil*. 124:205-210.
- Loomis, W. D., and Durst, R. W. 1992. Chemistry and biology of boron. *BioFactors*. 3:229-239.
- McCray, J. M., and Sumner, M. E. 1990. Assessing and modifying Ca and Al levels in acid subsoils. *Adv. Soil Sci*. 14:45-75.
- 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. Minnesota, USA.
- Mostafa, M. A., and Ulrich, A. 1976. Interaction of calcium and magnesium in nutrition of intact sugarbeets. *Soil Sci*. 121:16-20.
- Muller, A. T. 1993. Effect of gypsum, deep ripping, and irrigation on determinate tomatoes. *Aust. J. Exp. Agric*. 33:803-806.
- 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 Drought, B. G. 1993. Oxidation of elemental sulphur and acidulation of calcareous soils in souther British Columbia. *Can. J. Soil Sci*. 73:103-114.
- Oertli, J. J. 1993. The mobility of boron in plants. *Plant Soil*. 155/156:301-304.
- \_\_\_\_\_. 1994. Non-homogeneity of boron distribution in plant and consequences for foliar diagnosis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 25:1133-1147.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales. FAUANL. Marín, N. L. México.
- Paulus, A. O. 1997. Diseases caused by fungi (*Alternaria* stem canker), p. 9. *In* Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., and Zitter, T. A (eds). *Infectious diseases. Compendium of tomato diseases*. APS Press. Minnesota, USA.
- Poovaiah, B. W. 1993. Biochemical and molecular aspects of calcium action. *Acta Hortic*. 326:139-149.

- Quijada, S. J., Dumas, Y., and Bonafous M. 1992. Growth and development of young tomato plants under nitrogen deficiency. *Acta Hort.* 301:159-164.
- Raab, T. K., and Terry, N. 1995. Carbon, nitrogen, and nutrient interactions in *Beta vulgaris* L. as influenced by nitrogen source,  $\text{NO}_3^-$  versus  $\text{NH}_4^+$ . *Plant Physiol.* 107:575-584.
- 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 in flowering and yield. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25:2825-2840.
- Schon, M. K., Novacky, A., and Blevins, D. 1990. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to  $\text{K}^+$ . *Plant Physiol.* 93:566-571.
- Schulte-Baukloh, C., and Fromm, J. 1993. The effect of calcium starvation on assimilate partitioning and mineral distribution on the phloem. *J. Exp. Bot.* 44:1703-1707.
- Scott, J. W. 1997. Blossom-end rot, p. 55. *In* Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., and Zitter, T. A (eds). *Physiological diseases. Compendium of tomato diseases.* APS Press. Minnesota, USA.
- Smith, C. B., and Demchak, K. T. 1990. Tomato nutrient uptake as affected by limestone type. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21:1391-1408.
- Sperry, W. J., Davis, J. M., Sanders, D. C., and Nelson, P. V. 1995. Foliar-applied boron and root-applied potassium affect growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. *HortScience.* 30(1,3-4):139(Abstr).
- Teasdale, R. D., and Richards, D. K. 1990. Boron deficiency in cultured pine cells. I. Quantitative studies of the interaction with Ca and Mg. *Plant Physiol.* 93:1071-1077.
- Tindall, J. A., Mills, H. A., and Radcliffe, D. E. 1990. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. *J. Plant Nutr.* 13:939-956.
- Valadez, A. L. 1998. Producción de Hortalizas. Limusa México. Pp. 197-198.

Wallace, A., and Abou-Zamzam, A. M. 1989. Calcium-zinc interactions and growth of bush bean in solution culture. *Soil Sci.* 147:442-443.

Warnock, S. J. 1988. A review of taxonomy and phylogeny of the genus *Lycopersicon*. *HortScience*. 23:669-673.

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.

Zornoza, P., Carpena, O., Najera, A., and Peñalosa, J. 1987. Effect of light intensity on  $\text{NH}_4^+$  tolerance in tomato plants. *Plant Soil*. 102:93-97.

# APENDICE

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable numero de frutos de tomate

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	14	19.773438	1.412388	1.2457	0.244
Factor A	3	2288.445313	762.815125	672.8071	0.000
Factor B	3	140.781250	46.927082	41.3899	0.000
Interacción	9	991.867188	110.207466	97.2036	
Error	210	238.093750	1.133780		
Total	239	3678.960938			

CV=4.63%

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable peso de frutos de tomate

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	14	125312	8950.857422	1.0987	0.360
Factor A	3	18751232	6250410.5000	767.2138	0.000
Factor B	3	2685184	895061.31250	109.8653	0.000
Interacción	9	5847104	649678.2500	79.7455	
Error	210	1710848	8146.895020		
Total	239	29119680			

CV=5.42%

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable firmeza de frutos de tomate.

FV	GL	SC	CM	F	F>F
Repeticiones	3	3.511719	1.170573	5.2392	0.004
Factor A	3	3.188599	1.062866	4.7572	0.006
Factor B	3	0.400391	0.133464	0.5974	0.624
Interacción	9	0.960571	0.106730	0.4777	0.882
Error	45	10.050477	0.223424		
Total	63	18.115356			

C.V=9.5%

