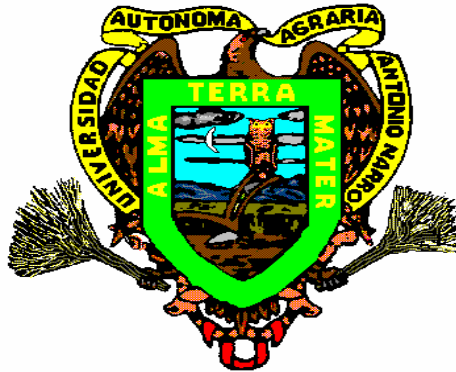


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISION DE AGRONOMIA**



**Evaluación del Superquelato de Fierro (Fe) en el Cultivo  
de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Bajo  
Condiciones de Hidroponia.**

**Por:**

**EDILBERTO GONZALEZ RAYA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 1999.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISION DE AGRONOMIA**

**EVALUACION DEL SUPERQUELATO DE FIERRO (Fe) EN EL CULTIVO DE  
TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill), BAJO CONDICIONES DE  
HIDROPONIA.**

**POR.**

***EDILBERTO GONZALEZ RAYA***

***TESIS***

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA.**

---

**Dr. ALFONSO REYES LOPEZ  
PRESIDENTE DEL JURADO.**

---

**M.C. ALBERTO SANDOVAL R.  
SINODAL**

---

**M.C. LEOBARDO BAÑUELOS H.  
SINODAL**

---

**M.C. REINALDO ALONSO VELASCO  
COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA.**

***BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 1999.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS NUESTRO SEÑOR, por permitirme tener vida, salud y bienestar para ver concluir otra meta más en vida; así como a la Virgen de San Juan y de Guadalupe, por cuidar y ayudar a mi familia siempre.

A mi " ALMA TERRA MATER " y su personal Docente por los conocimientos brindados durante el transcurso de la carrera, proporcionándome todos los elementos para enfrentarme a la vida profesional.

Al Dr. Alfonso Reyes López por la confianza que deposito para que llevara acabo este proyecto y el apoyo brindado en la asesoría de la presente investigación.

Al M.C. Leobardo Bañuelos Herrera por la ayuda en la investigación y en la revisión de la presente investigación.

El más sincero agradecimiento por la disposición, apoyo, consejos y sincera amistad que siempre me brindo el Ing. M. C. Alberto Sandoval, quien con su experiencia, sugerencias y opiniones aportadas, permitieron la culminación del presente trabajo.

Al Sr. Rodolfo, por su sincera amistad y el apoyo que me brindó en el trabajo de campo del presente trabajo.

A mis compañeros de Generación LXXXVI, de la especialidad de Horticultura, por su amistad y espíritu positivo de superación.

A mis Amigos y Compañeros:

Juventino, J. Manuel, Joaquin, Luz Bertha, Subelda, Rosa D., Osvaldo, Jaime, Mario A., Ma. Guadalupe, Rosalba, Rocío, Hilda, a los del Ombligo, a los de la Colorada #3, a mis compañeros de equipo de trabajo.

A mis compañeros de Basket-bol de Intermedia y de Mayor A, a los Couch Ríos y Julio, por su amistad y formar en mí el espíritu positivo de competencia.

A todas las personas que de forma involuntaria escapan de mi memoria, ayudándome y apoyando mi estancia en la universidad.

GRACIAS.

## **DEDICATORIAS.**

Con Eterno Amor a mi Madre:

**Blanca E. Raya Razo.**

Que es la mujer que más quiero y me ha querido en la vida; a quien le debo lo que soy y lo que seré; porque siempre ha estado a mi lado cuando más la necesito, con su apoyo infinito, cariño, amor y comprensión, y que con su sacrificio a inculcado en mí el espíritu de superación, teniendo como muestra la culminación de una de mis metas, para quien le ofrezco como ofrenda de lo mucho que se merece y porque ha logrado hacer de mi un hombre de provecho.

A mi Padre:

**Edilberto González A.**

Al hombre de figura fuerte, pero de mirada triste, de pies y manos de camino viejo, y expresión sincera, a quien quiero y respeto y que gracias a su apoyo me ayudó a concluir una carrera profesional.

A mis Hermanos:

**Diana Estela y Juan Luis**

Por el cariño que nos tenemos y para quien espero ser un buen ejemplo como hermano mayor.

A mi Abuelita :

**Aurora Razo Canchola**

Que ha sido el pilar principal del sustento de la gran familia que ahora formamos y por mostrarnos el valor del sacrificio.

A mis Tías:

**Rosa Linda, Ma. Isabel, Ana María y Alma Delia.**

Con cariño y respeto, a las que han sabido educarme y me han inculcado valores familiares, además de brindarme apoyo, comprensión y algunas veces de un regaño para volverme al camino del bien. Por demostrarme que a través del sacrificio y dedicación se pueden obtener las metas que uno se proponga.

A mi Novia :

**Gabriela Rodríguez R.**

Con todo mi amor a la mujer que me ha enseñado el valor de la vida al lado de su pareja, por quien me ha dado amor, respeto, cariño y comprensión; por escucharme e impulsar mis sueños, por brindarme la mejor sonrisa que yo halla visto en los momentos difíciles; por estar conmigo en mis tristezas y alegrías, por motivarme para lograr una de mis metas y por enriquecer nuestra vida de esperanza e ilusión.

**por ser ahora y siempre el amor de mi vida.**

A toda mi Familia:

Que siempre me ha recibido con los brazos abiertos y a través de sus consejos han guiado mis pasos por el camino del bien.

**Dios tenga a todos en su mente y los colme de bendiciones, felicidad y paz.**

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", con el objeto de evaluar un quelato de fierro (Superquelato de Fe) en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), utilizando el sistema de hidropónia en invernadero; durante el periodo de Febrero - Agosto de 1998.

Se evaluaron 7 tratamientos con 6 repeticiones por tratamiento, estos fueron: 1) Testigo (Solución Completa), 2) Quelato de "Fe" ( Sequestrene 330, 1gr/lit), 3) Superquelato a 1cc/lit, 4) Superquelato 2cc/lit, 5) Superquelato 3cc/lit, 6) Superquelato 3cc/lit, 7) Superquelato 5cc/lit. Se evaluó: la altura de planta, longitud de entrenudos, diámetro de tallo, solución consumida (cm<sup>3</sup>), número de racimos, número de flores, número de frutos, peso promedio del fruto, rendimiento y análisis foliar N, P, K, y Fe.

Los resultados obtenidos muestran que las mejores dosis para corrección de la deficiencia de fierro (Fe) fueron 3, 4 y 5 cc/lit; sin embargo, la mayor calidad del fruto se obtuvo con las dosis de 3 y 4, mientras que a 5 cc/lit se observó el mayor crecimiento vegetativo, pero menor rendimiento y calidad de fruto. La dosis de 1cc/lit, no corrigió la deficiencia, además que en general se vio superado por el testigo; teniendo este último el mejor rendimiento de todos los tratamientos.



## INDICE DE CONTENIDO.

Capitulo :	Pag.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
RESUMEN.....	Vi
INDICE DE CONTENIDO.....	Vii
INDICE DE CUADROS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	Xi
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
Origen e Historia del Tomate.....	4
Importancia Económica.....	5
Características Botánicas y Taxonómicas.....	6
Clasificación Taxonómica.....	7
Requerimientos de Clima.....	8
Requerimientos de Suelo.....	9
Nutrición.....	9
Fertilización Básica.....	10
Elementos Indispensables en la Vida de las Plantas.....	10
Acción de los Elementos Absorbidos.....	12
Generalidades de los Fertilizantes.....	15

Fuentes de Fertilizantes que Contienen los Elementos	
Nutritivos.....	15
Niveles de Concentración de Nutrientes en el Suelo.....	19
Valores Críticos y Optimos de Nutrientes Requeridos por la Planta.....	20
Fertilización Complementaria.....	21
Fertilización Foliar.....	22
Absorción Foliar.....	25
Factores que Influyen en la Absorción Foliar.....	26
Factores Relacionados con la Solución Aplicada.....	28
Generalidades del Fierro.....	31
Deficiencias del Fierro.....	34
Causas de Deficiencia.....	39
Quelatos.....	44
Clasificación de los Quelatos.....	47
Mecanismos de Acción de los Quelatos.....	49
Fundamentos de Aplicación de los Quelatos.....	50
Modo de Aplicación de los Quelatos.....	51
Generalidades de la Hidropónia.....	52
Factores Requeridos para la Hidropónia.....	53
Factores Climatológicos para la Hidropónia.....	57
Limpieza y Mantenimiento.....	58

III.	MATERIALES Y METODOS.....	60
	Localización del Area Experimental.....	60
	Características del Area Experimental.....	60
	Descripción de Tratamientos.....	61
	Variables Evaluadas.....	62
	Altura de Planta.....	62
	Longitud de Entrenudos.....	62
	Numero de Entrenudos.....	63
	Diámetro del Tallo.....	63
	Solución Consumida.....	63
	Número de Racimos por Planta.....	64
	Número de Flores por Planta.....	64
	Número de Frutos por Tratamiento.....	64
	Peso Promedio del Fruto.....	65
	Rendimiento.....	65
	Análisis Foliar N, P, K y Fe de los Tratamientos.....	65
	Establecimiento del Experimento.....	66
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	73
V	CONCLUSION.....	98
	BIBLIOGRAFIA.....	99

## INDICE DE CUADROS

Cuadro:	Pag.
1.- Valores que Potencialmente el Suelo puede Aportar al Cultivo.....	19
2.- Valores Utilizados en el Diagnostico Foliar en el Cultivo de Tomate.....	21
3.- Evaluación de Tratamientos.....	61
4.- Composición de la Solución Hogland's.....	67
5.- Fechas de Aplicación de los Productos por Evaluar.....	69
6.- Aplicación de Agroquímicos.....	71
7.- Aplicación del Nitrato de Calcio.....	72

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1.- Altura en cm de planta de tomate.....	73
2.- Longitud de Entrenudos (en cm) de Plantas de Tomate.....	75
3.- Número de Entrenudos en Plantas de Tomate.....	77
4.- Diámetro del Tallo (en cm) en Plantas de Tomate.....	79
5.- Consumo de Solución Nutritiva en Plantas de Tomate.....	81
6.- Número de Racimos en Plantas de Tomate.....	83
7.- Número de Flores por Planta de Tomate.....	85
8.- Número de Frutos por Planta de Tomate.....	87
9.- Peso Promedio (en gr) del Fruto en Plantas de Tomate.....	89
10.- Rendimiento (en Kg) por Planta de Tomate.....	91
11.- Partes por Millón de Nitrógeno (N) en Materia Seca de Tomate en Fructificación.....	93
12.- Partes por Millón de Fósforo (P) en Materia Seca de Tomate en Fructificación.....	94
13.- Partes por Millón de Potasio (K) en Materia Seca de Tomate en Fructificación.....	95
15.- Partes por Millón de Hierro (Fe) en Materia Seca de Tomate en Fructificación.....	96

## INTRODUCCIÓN.

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) es de suma importancia, por la superficie de más de 90,000 hectáreas (Valadez, 1996) destinadas a su cultivo, el valor de su producción y el sin número de productos que se obtienen de él. Ocupando un papel preponderante en el desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial.

En nuestro país en 1996-1997 se tuvo una producción de casi 2 millones de toneladas (Orozco Morales A. E., 1998) y un volumen de exportación de 9,652 millones de dólares en febrero de 1999. En suma es el principal cultivo generador de divisas y proporciona mano de obra a un gran número de trabajadores del campo (Departamento de Comercio de los EUA, 1999).

Dada la creciente demanda, se obliga a obtener mejores rendimientos y mejor calidad, por lo tanto es indispensable considerar la nutrición que se maneja de tal modo que, mediante la aplicación de macro y micronutrientes, ya sea directamente al suelo o vía foliar se pretenda evitar deficiencia en el cultivo que limiten su producción (Pinchuk y Garncaz, 1997).

En el caso de los micronutrientes ó llamados también como elementos traza, donde todos ellos están caracterizados por el hecho de que en cantidades muy pequeñas bastan para provocar funciones vitales; muchas veces actúan como catalizadores dentro de la vida vegetal, por el contrario dosis relativamente altas causan envenenamientos de las plantas (Selke, 1968).

Dentro de los micronutrientes encontramos al fierro, que es necesario para la formulación de la clorofila; aunque este pigmento no contiene fierro en su molécula. Sin embargo, el fierro forma parte de otros compuestos fisiológicamente importantes, como las catalasas y fermentos respiratorios. Por ello la deficiencia de fierro es uno de los mayores problemas en las plantas desarrolladas en áreas de suelos alcalinos. Los métodos usados actualmente para corregir la clorosis causada por la deficiencia, incluyen la acidificación del suelo con grandes cantidades de sulfatos, aplicación de quelatos de fierro en zanjas alrededor de las plantas afectadas, uso de múltiples aplicaciones foliares conteniendo fierro (Selke, 1968). Dentro de estas alternativas, la aplicación de fierro en forma quelatada, es la que mejor a dado resultados, pero aún existen dudas sobre la dosis y oportunidad de aplicación.

Por lo anteriormente dicho, el presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar un quelato de fierro, elaborado por el Grupo Bioquímico Mexicano ("Superquelato de Fe") en el cultivo de tomate; utilizando el sistema de hidroponia en invernadero.

## Objetivos Específicos

- \* Evaluar el " superquelato de Fe " versus " Sequestrene 330 ", aplicado foliarmente en plantas de tomate, utilizando el sistema de hidroponia.
  
- \* Encontrar la dosis óptima del producto quelatado, aplicada vía foliar.



## **REVISION DE LITERATURA**

### **Origen e Historia del Tomate**

Las primeras referencias del cultivo de tomate aparecen en el siglo XVI, considerándose entonces como recién introducido a Europa desde el continente Americano, aún cuando es difícil señalar el lugar exacto de su origen. La mayoría de las autoridades en la materia convienen en que el tomate fue llevado a Europa desde Perú. La evidencia se basa en que los primeros nombres del fruto en Europa fueron "mala peruviana" y "pomi del Perú", indicando su origen peruano, por otra parte algunos escritores han mencionado la posibilidad de un origen mexicano, aunque esta hipótesis es muy débil (Jenkins, 1948).

Sin embargo, el nombre de "tomatl" y las observaciones de Guilandini (Citado por Jenkins, 1948) son fuertes indicios de un origen mexicano. Más aún la fecha de la introducción resulta favorable para México. El tomate debió haber sido llevado a Europa algún tiempo antes de 1544.

Respecto al cultivo del tomate, el tipo esculentum es la única especie que ocurre en México. Por todo el país se encuentra formas silvestres y cultivadas, siempre que sean favorables la humedad y la temperatura.

Sin embargo la región al norte del trópico de Cáncer es de poca importancia en cuanto se refiere al estudio del origen del tomate cultivado.

No obstante, existe una vasta área de tomate comercial en el Estado de Sinaloa (en la costa accidental) y otra área más pequeña en el Estado de Tamaulipas (costa oriental) y cerca del mismo. Estas dos áreas se establecieron en el presente siglo y proveen de tomate al mercado de los Estados Unidos en el invierno por lo que se puede considerar como prolongaciones del área tomatera de los Estados Unidos. Consecuentemente el tomate aborigen de México se encuentra al sur del Trópico de Cáncer, en el área de elevada cultura anterior a Colón (Jenkins, 1948).

### **Importancia Económica.**

El cultivo del tomate es un buen negocio para México y para los agricultores y proveedores, ya que ha podido satisfacer la demanda en el mercado nacional y a la vez a podido obtener cada vez más divisas sin grandes costos para el erario nacional, siendo un claro ejemplo de las bondades de una agricultura orientada al mercado (Hortalizas, Frutas y Flores, 1992).

Puede afirmarse, que aún siendo un producto de alto riesgo, por trabajarse a cielo abierto y depender en buena medida de lo que sucede en Florida (principal competidor de México), el tomate es el principal logro de exportación de la agricultura mexicana (Hortalizas, Frutas y Flores, 1992).

En México el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada que ocupa y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año y se consume tanto fresca como procesada (puré), siendo una fuente rica en vitaminas (Valadez, 1996).

En casi todos los medios comerciales se reconoce el alto valor y la rentabilidad de los productos hortícolas, por ejemplo, en los reportes anuales del servicio Nacional de información de Mercados de 1995, se observa un incremento anual del siete por ciento en promedio entre un total de 28 productos hortícolas, que incluyen los de hojas, tallos legumbres, frutos bulbos y tubérculos. El tomate ocupa el primer lugar con más de 40 por ciento de total de las especies exportables (Randolph, 1996).

### **Características Botánicas y Taxonómicas.**

Es una planta anual en su cultivo y puede ser semiperene en regiones tropicales. Su sistema de raíces es fibroso y robusto, pudiendo llegar hasta 1.8 m de profundidad. Los tallos son cilíndricos en las plantas jóvenes y angulosos en las plantas maduras; alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando un crecimiento simpódico. El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada una de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos, respectivamente (Valadez, 1996).

La inflorescencia se forma a partir del 6to. ó 7mo. nudo, y cada 1 ó 2 hojas se encuentran las flores, en plantas de hábito indeterminado se forman a partir de 7mo. ó 10mo. nudo y cada cuatro hojas.

El fruto del tomate es una baya compuesta por varios lóculos, pudiendo constar desde dos (bilocular) hasta tres o más lóculos (multilocular); los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular. El color más común del fruto es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm (Valadez, 1996).

### **Clasificación Taxonómica.**

Familia : Solanaceae

Género: Lycopersicon

**Especie: esculentum**

Nombre común: Jitomate o tomate

Var. Commune: Tomate común

Var. grandifolium: Tomate de hoja de papa

Var. validium: Tomate arbusto o erecto

Var. cerasciforme: Tomate cherry

Var. pyriforme: Tomate pera.

## **Requerimientos de Clima.**

El tomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12° a 16°C (mínima 10°C y máxima de 30°C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21° a 24°C, siendo la óptima de 22°C; a temperaturas menores de 15°C y mayores de 35°C puede detenerse su crecimiento. Cuando se presentan temperaturas altas (mayores de 38°C) durante cinco a diez días antes de la antesis, hay poco amarre del fruto debido a que se destruyen los granos de polen (las células huevo); si las temperaturas elevadas prevalecen durante 1 a 3 días después de la antesis, el embrión es destruido (después de la polinización) (Valadez, 1996).

El amarre del fruto también es bajo cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 a 27°C) antes y después de la antesis. A temperaturas de 10°C o menores, gran porcentaje de flores abortan.

La temperatura óptima para la maduración del fruto es de 18° a 24°c; si la temperatura es menor de 13°C, los frutos tiene una maduración muy pobre. Asimismo, cuando la temperatura es mayor de 32°C durante el almacenamiento, la coloración roja (licopeno) es inhibida y los frutos se tornan amarillos. Se afirma que a temperaturas de 22° a 28°C se obtiene una óptima pigmentación roja (Valadez, 1996).

## **Requerimientos de Suelo.**

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, con valores de pH 6.8 - 5.0. En lo referente a la salinidad, se clasifica como medianamente tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm (10 mmho) (Richards, 1954; Maas, 1984, citados por Valadez, 1996).

Con respecto a la textura del suelo, el tomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo-arenosos con buen drenaje (Valadez, 1996).

## **Nutrición.**

La nutrición es un procedimiento de control y balance. Los elementos considerados esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas son: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre, Magnesio (Macronutrientes) y Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre, Molibdeno, Cobalto, y Cloro (Micronutrientes). Cada elemento es vital en la nutrición de la planta, la falta de uno solo limitará su desarrollo, porque la acción de cada uno es específica y ninguno puede ser reemplazado por otro. Todos estos elementos le sirven para la construcción de la masa de tejido vegetal (Pinchuk y Garcaz, 1997).

Los problemas nutrimentales se caracterizan por un desequilibrio en el desarrollo y fructificación de las plantas, causadas por deficiencias o excesos de nutrimentos agregados al suelo o al follaje, los cuales se reflejan directamente en la calidad y producción de los frutos (Fitzpatrick 1984).

Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición, pero estos pueden estar en una forma no disponible para la absorción radical; tal es el caso del hierro y el fósforo cuando el suelo es alcalino, en estos casos se realiza una fertilización de estos elementos a nivel foliar, constituyendo una nutrición o fertilización complementaria (Rodríguez, 1982).

No es posible en la práctica obtener buenos rendimientos si no se ponen a disposición de las plantas, cantidades de nutrientes en forma suficiente, para que estas puedan realizar un buen desarrollo y metabolismo que repercuta en grandes producciones (Calderón, 1983).

### **Fertilización Básica.**

#### **Elementos Indispensables en la Vida de las Plantas.**

El análisis de las plantas muestra que estas contienen, en proporciones diferentes, cierto número de elementos; se ha puesto en evidencia la presencia de once elementos simples en cantidad relativamente importante, estos son:

El Nitrógeno (N), el Oxígeno (O), el Calcio (Ca), el Carbono (C), el Cloro(Cl), el Hidrógeno (H), el Magnesio (Mg), el Fósforo (P), el Potasio (K), el Sodio (Na) y el Azufre (S).

Además se encuentran 18 más, en cantidades muy reducidas, el Aluminio (Al), el Arsénico (As), el Boro (B), el Bromo (Br), el Cobalto (Co), el Cobre (Cu), el Estaño (Sn), el Hierro (Fe), el Flúor (F), el yodo (I), el Manganeseo (Mn), el Molibdeno (Mo), el Níquel (Ni), el Plomo (Pb), el Silicio (Si), el Titanio (Ti), el vanadio (V) y el Zinc (Zn). Estos elementos han sido clasificados en dos series: los elementos mayores, formando más del 99% del peso de las plantas, y los oligoelementos (Burgueño .H, 1997).

Los elementos mayores son de un lado, Carbono, Hidrógeno y el Oxígeno. Por el otro, el Nitrógeno, el Calcio, el Magnesio, el Fósforo, el Potasio, el Sodio y el Azufre.

En los oligoelementos, de los 18 elementos encontrados, mediante los análisis, siete solamente tienen una acción determinante en el crecimiento de los vegetales y actúan a nivel trazas: el Boro, el Cloro, el Cobre, el Hierro, el Manganeseo, el Molibdeno y el Zinc (Burgueño .H, 1997).



### **Acción de los Elementos Absorbidos.**

Desde el renacimiento, Benard Palissy piensa que la planta toma los elementos indispensables a su nutrición bajo forma mineral. Actualmente, sabemos que la planta toma el Carbono bajo forma de gas Carbónico ( $\text{CO}_2$ ) del aire, el Hidrógeno y el Oxígeno a partir del agua del suelo, y los otros elementos bajo forma de iones que se encuentran en el suelo.

**El Nitrógeno.** Es el elemento de constitución de proteínas que son los compuestos fundamentales de la materia viviente en general, es pues esencial para el crecimiento de los vegetales. De todos los elementos es el único que no existe en la roca madre. El Nitrógeno existe en abundancia en la naturaleza bajo dos estados: el estado libre, en la atmósfera de la cuál constituye 4/5 partes. El estado combinado, bajo forma mineral u orgánica; la forma mineral es el alimento base de la planta y bajo la forma orgánica, la planta no puede absorberlo directamente (Burgueño .H, 1997).

**El Fósforo.** Este elemento interviene en la fotosíntesis, la respiración, como transportador de energía, en la transmisión de caracteres hereditarios. El fósforo disponible en el suelo se encuentra bajo la forma de iones fosfóricos de los cuales los más comunes son: el ión monovalente ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y el ión bivalente ( $\text{HPO}_4^-$ ) cuya proporción varía según el pH . La planta absorbe sobre todo el ión monovalente, cuando el pH aumenta, la proporción de iones monovalentes disminuye de tal manera que la asimilación de P205 disminuye.

**El Potasio.** Existen en las plantas bajo formas minerales solubles y a menor escala en las sales de ciertos ácidos orgánicos. Es muy móvil en la planta y rápidamente redistribuido, actúa en los procesos de acumulación de hidratos de carbono, reducción de nitratos y síntesis de proteínas, la organización de la célula y mantenimiento de la turgencia, es también regulador de la economía del agua de las células, aumenta la resistencia de la planta al frío y a la sequía, activación de sistemas meristemáticos. El potasio se encuentra en el suelo bajo 4 formas principales, estando desde formas inmediatamente disponibles para la planta; se encuentra en la solución del suelo, en el complejo del suelo en estado intercambiable, en el interior de los cristales de arcilla y en la roca madre (Burgueño .H, 1997).

**El Calcio.** Constituye cerca de 50% de las cenizas de la planta entera, es un constituyente de las paredes celulares; juega un rol importante en la neutralización de los ácidos orgánicos.

**El Magnesio.** Es un elemento constitutivo de la clorofila, existe ya sea bajo forma combinada en las células, o como forma libre en la savia, juega un rol predominante en la actividad enzimática en lo concerniente al metabolismo de los hidratos de carbono.

**EL Sodio.** Se le reconoce una acción en los fenómenos de osmosis, puede ser benéfico al crecimiento de las plantas y puede subsistir, en parte, al potasio en ciertos cultivos.

Sin embargo a altas concentraciones de sodio intercambiable en el suelo (más del 15%), inhiben el movimiento del agua a través del suelo.

**El Azufre.** Se requiere para síntesis de aminoácidos que contienen azufre, cisteína y metionina, y para la síntesis de proteínas; intervienen en el metabolismo de las vitaminas y hormonas ( poliaminas, etileno, esteroides); activa ciertas enzimas proteolíticas tales como las papainasas.

**Los Oligoelementos.** Estos elementos intervienen en muy pequeñas dosis en todos los fenómenos del metabolismo. Tienen una acción esencial en las reacciones enzimáticas, como el hierro tiene efectos sobre la respiración, interviene para catalizar las oxireducciones gracias al cambio de valencia que le permite pasar reversiblemente del estado bivalente al estado trivalente por la pérdida de un electrón, interviene pues de una manera esencial en la respiración, la síntesis de clorofila, la fotosíntesis, el metabolismo de proteínas, la fijación del nitrógeno, la reducción de nitratos (Burgueño .H, 1997).

El zinc puede ser parte o cofactor de enzimas (anhidrasa carbónica, deshidrogenasas), interviene en la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, así como en el metabolismo de las auxinas ( Síntesis de Triptófano).

## **Generalidades de los Fertilizantes.**

Los fertilizantes son los elementos nutritivos que suministran a las plantas para complementar las necesidades nutricionales de su crecimiento y desarrollo. En los fertilizantes utilizados deben distinguirse, la unidad del fertilizante y la concentración. La unidad del fertilizante es la forma que se utiliza para designar el elemento nutritivo (Burgueño .H, 1997).

## **Fuentes de Fertilizante que Contienen los Elementos Nutritivos.**

**El Nitrógeno en la Planta.** Los vegetales absorben el nitrógeno en sus formas solubles: Nitratos, Amonios y otros compuestos nitrogenados. Las fuentes de fertilizante que contienen nitrógeno aprovechable son:

Nitrato de Amonio ( $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ )

Nitrato de Sodio ( $\text{Na NO}_3$ )

Nitrato de Calcio ( $(\text{NO}_3)_2 \text{Ca}$ )

Nitrato de Potasio ( $\text{NO}_3 \text{K}$ )

Sulfato de Amonio ( $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ )

Urea ( $\text{CO} (\text{NH}_2)_2$ )

Amoniaco Anhidro ( $\text{HNO}_3$ )

Agua Amoniacal ( $\text{NH}_3 \cdot \text{OH}$ )

Soluciones de N y Fosfatos de Amonio.

Extractos de Composta.

Las formas nítricas poseen mayor movilidad y rápida absorción por parte de la planta, por lo tanto deben aplicarse estas formas cuando es necesaria una utilización inmediata. Las formas amoniacales, al ser absorbidas al complejo absorbente del suelo, poseen menos movilidad, además del tiempo en que las bacterias aeróbicas las pasan a nitratos.

Los problemas de acidez son solucionados por el adecuado tratamiento de cal al suelo. Los nitrogenados de carácter básico no son recomendables en suelos muy alcalinos.

**El Fósforo en la Planta.** El fósforo no se encuentra en estado de pureza química (P) sino se combina constituyendo los compuestos orgánicos e inorgánicos. La forma química más común es la del ácido ortofosfórico,  $\text{PO}_4\text{H}_3$ . Las formas de asimilación por parte de la planta son el fosfato monobásico ( $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ ) y el dibásico ( $\text{PO}_4\text{H}_2=$ ), el primero es el mayor utilización. El pH del suelo determina la disponibilidad de fosfatos asimilables por la planta a medida que aumenta el pH; de ahí su poca movilidad en el mismo, concentrándose en los primeros diez a 15 cm del perfil edáfico.

La poca cantidad disuelta de fósforo en las soluciones del suelo hace que este se movilice fundamentalmente por difusión. Las fuentes de fertilizante que contienen fósforo son las siguientes:

Superfosfato de Calcio  $((\text{PO}_4)_2 \text{H}_4 \text{Ca})$

Acido Fosfórico  $(\text{PO}_4 \text{H}_3)$

Superfosfatos Concentrados  $((\text{PO}_4)_2 \text{H}_4 \text{Ca})$

Polifosfato de Amonio.

Guanos, etc.

La cantidad de Fósforo absorbido por las plantas, según el tipo de fertilizante, en orden de mayor a menor : Metafosfatos, Fosfatos Bicalcicos, Fosfatos naturales (Burgueño .H, 1997).

**El Potasio en la Planta.** El Potasio es absorbido por las plantas en su forma catiónica,  $\text{K}^+$ . La absorción en el suelo esta relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso de magnesio, por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad.

La movilidad del potasio en el suelo es mucho mayor que la del fósforo. El potasio es menos móvil que el nitrógeno, pues fácilmente retenido por el complejo absorbente, pero posee una gran solubilidad en la solución del suelo. Las principales fuentes de potasio en materia prima son las sales de yacimiento como : carnalita, silvinita, kainita, silivita, etc. y las fuentes de fertilizantes utilizadas son:

Cloruro de Potasio (ClK)

Sulfato de Potasio (SO<sub>4</sub> K<sub>2</sub>)

Nitrato de Potasio (NO<sub>3</sub> k).

**Alimentación con Hierro.** La alimentación de los vegetales en este elemento se efectúa solamente por medio de productos orgánicos utilizados en las soluciones nutritivas, los quelatos. En medio acuoso, los iones Fe<sup>++</sup> tienden a oxidarse rápidamente para dar hierro férrico que precipita bajo forma de hidróxido (Burgueño .H, 1997).

Las preparaciones a base de EDTA son estables en la gama de pH de soluciones nutritivas de 4 a 6.5; la molécula quelatante de EDDHA conserva sus propiedades a pH más alcalinos y puede ser utilizada entre pH4 y pH9.

La concentración en la solución nutritiva deberá ser suficiente para que el sistema radical disponga de Hierro libre en cantidades suficientes: estos valores se sitúan entre 5 y 15 miligramos de hierro metal por litro de solución nutritiva.

**Aportaciones de los Oligoelementos.** La aportación de los microelementos se expresa en miligramos del elemento por litro. Las cantidades a aportar a las raíces de los vegetales son de 100 a 1000 veces menores que las de los macroelementos.

La aportación se hace con ayuda de las soluciones madres, en general 1000 veces más concentradas conteniendo todos los elementos (excepto el fierro) el uso de soluciones de fabricación comercial es común y recomendado por que nos evita pesar muy pequeñas cantidades de sales. Operación siempre difícil de realizar y con riesgo de error, en efecto la concentración de microelementos si esta mal controlada puede volverse tóxica.

**Niveles de Concentración de Nutrientes en el Suelo (ppm).**

Los valores que a continuación se muestran (en el cuadro No: 1) nos indican lo que potencialmente el suelo le puede aportar al cultivo, puesto que los niveles de concentración han sido obtenidos con ataque de extractantes ácidos. Para iniciar un programa de fertirrigación es necesario contar con un nivel de fertilidad mínimo óptimo en el suelo (Burgueño .H, 1997).

Cuadro No:1. Valores que Potencialmente, el Suelo Puede Aportar al Cultivo.

<b>Elemento</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
Nitrógeno NO3	> 10	30	< 40
Fósforo Bray	> 10	20	<30
Potasio	>100	150	250
Maganesio	> 200	250	< 500



**Continuación:**

<b>Elemento</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
Calcio	> 1000	1500	>3000
Sulfatos	> 50	80	< 120
Fierro	> 4	6	< 10
Zinc	> 1	2	< 3
Cobre	> 3	6	< 10
Manganeso	> 4	8	< 12
Cloro meq/lt.	> 3	5	< 10
Carbonatos meq/lt.	> 0.5	1	< 1.5
Bicarbonatos meq/lt	> 2	2.5	< 4

**Valores Críticos y Optimos de Nutrientes Requeridos para la Planta.**

Uno de los parámetros que nos ayudan para el manejo de la fertilización de los cultivos es el diagnostico foliar. Se cuenta con gran diversidad de información referente a los niveles de concentración en elementos minerales de las plantas mediante el análisis de hojas y peciolo.

Actualmente con la utilización de nuevas tecnologías en la agricultura se han desarrollado nuevas técnicas de diagnostico para cuantificar los niveles nutricionales de los cultivos como lo es el análisis de la savia; por ello a continuación se muestra en el cuadro No: 2, los valores utilizados en el diagnostico foliar en el cultivo de Tomate (Burgueño .H, 1997).

Cuadro: 2. Valores Utilizados en el Diagnóstico Foliar en el Cultivo de Tomate.

<b>Etapa</b>	<b>NO3</b>	<b>P-PO4</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
<b>Vegetativa</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>
<b>Floración</b>									
Óptimo	16000	4000	6.5	2.0	0.9	150	20	50	90
Crítico	12000	3500	5.5	1.5	0.75	130	12	35	70
<b>Formación</b>									
Óptimo	14000	3500	6.0	2.8	0.85	140	20	40	80
Crítico	10000	2800	5.0	1.8	0.7	120	10	30	60
<b>Producción</b>									
Óptimo	10000	3000	5.5	3	0.8	120	15	35	80
Crítico	8000	2500	4.5	2.0	0.7	100	10	25	50

### **Fertilización Complementaria.**

La fertilización foliar es un nuevo concepto de la nutrición vegetal que consiste en aportar pequeños complementos de la fertilización al suelo, con el propósito de suministrar los elementos que requieren las plantas en el momento más oportuno (Ordoñez, 1994 ).

### **Fertilización Foliar.**

Las aplicaciones de fertilizantes foliares es una práctica de reciente introducción en México. Ensayos hechos para ver el efecto de los fertilizantes sobre el rendimiento de fibra de algodón, utilizaron dosis de 20 litros por hectárea divididos en cuatro aplicaciones. De acuerdo con los resultados obtenidos, no se observó respuesta manifiesta sobre los rendimientos de algodón con la aplicación de los fertilizantes foliares, solos, o como complemento de la fertilización aplicada al suelo. Después de la segunda aplicación de fertilizante foliar mejoró la cloración del algodón, pero este aspecto no se tradujo en incremento en rendimiento de fibra, (Torres y Ortega, 1969).

Experimentos de fertilización foliar en jitomate, parte en invernadero y parte en el campo. Los fertilizantes usados fueron soluciones asperjadas de urea, habiendo sido tratado el suelo del almácigo en el otoño anterior con estiércol y fertilizante 0-20-20. Una parte del suelo fue esterilizado con vapor y la otra se usó como testigo. En este experimento de aspersión foliar de tomate con urea (0.5 % cuatro aplicaciones), el rendimiento en el suelo esterilizado fue de 9.7 libras de tomate por planta y en el no esterilizado 6.9 libras de frutos por planta (promedio 8.3 libras). El almácigo donde no se usó aspersión de urea dio 9.2 libras de frutos por planta en el suelo esterilizado y 4.8 libras en el no esterilizado (promedio 7.0 libra).

Trabajando con plantas de tomate bajo condiciones de campo, se encontró que ocurría una aceleración significativa en el tiempo para la maduración y un posible aunque ligero incremento en el rendimiento total, con cuatro aspersiones de 0.75%; y que los tomates cultivados en invernadero asperjados cuatro veces con urea 0.50% también tuvieron rendimiento significativamente más alto que las plantas no tratadas.

Por otra parte, no se encontró incremento significativo en el rendimiento por efecto de la urea aplicada en aspersiones en parcelas de tomate, frijol lima, papa, melón o pepino, habiendo aplicado antes nitrógeno al suelo. Estos autores encontraron diferencia significativa en pruebas en tomates como resultado de once aspersiones de urea en un experimento en el cuál no se aplicó fertilizante al suelo de las parcelas testigo, pero obtuvieron más altos rendimientos a menor costo en parcelas en las que había aplicado nitrógeno al suelo (Brasher y colaboradores, citados por (Mayberry y Wittwer, 1952).

La fertilización foliar en tomate, tiene el propósito fundamental de corregir rápidamente las deficiencias nutricionales de carácter temporal y determinó que para la exitosa fertilización foliar es necesario de factores sobre el particular dosis, pH de la solución, solubilidad y concentración de sales (Mascareño, 1987).

Las aplicaciones foliares pueden ser interesantes ya que las deficiencias en microelementos no son por falta en el suelo, sino que frecuentemente se debe a reacciones que lo dejan en situaciones de escasa asimilabilidad para las plantas. Por lo que la corrección de la clorosis férrica en la mayor parte de los casos es por deficiencias del magnesio. Es preciso en general efectuar varias aplicaciones para corregir una carencia (Lové, 1987).

En un estudio realizado en el cultivo del tomate variedad Marglobe en la India durante 1979 a 1980. Del almácigo (33 días después) fue transplantado en un terreno que fue tratado con 30 kg de nitrógeno, 50 kg de fósforo, 50 kg de potasio. Los micronutrientes fueron aplicados en rociados foliares al 0.075% de Mo ( molibdeno y amoniaco), 0.10% Zinc (sulfato de zinc), 0.25% de B (ácido bórico), 0.04% Cu (sulfato de cobre) y 2% de urea únicamente en combinaciones. Los efectos producidos en el desarrollo inciden en la calidad del fruto. El mejor crecimiento de las plantas y producción superior (298 g/ha.) Fue obtenida por urea, seguida por Mo y B. El Cu reduce la infección de marchitez a 23.63 % comparado con 35.46% en el control (Das, 1989).

La elevada basicidad de los suelos calcáreos da lugar a una baja solubilidad de algunos nutrientes esenciales para la planta como fósforo, hierro, manganeso, boro y zinc, causando a veces deficiencias (Thompson y Troech, 1980, citados por Tisdale y Nelson, 1970).

Las aspersiones al follaje se utilizan para corregir la deficiencia de algún elemento esencial en un tiempo relativamente corto y para proporcionar materias primas esenciales que, si se aplican al suelo, por una razón u otra llegan a hacerse inhóspitas para las plantas (Edmon, 1981, citado por Tidale y Nelson, 1970).

### **Absorción Foliar.**

Cuando se aplican soluciones nutricionales al follaje, los elementos penetran a través de la cutícula y ectodermos, vía epidermis (Boyton, 1954).

El mecanismo de apertura y cierre de estomas también juega un papel de relativa importancia en la absorción foliar, encontrándose que la mayor penetración de nutrientes se lleva a cabo por la parte inferior de la hoja, y esta es menor por la parte superior (Vázquez, 1992).

El estoma puede servir como una puerta de entrada a la hoja, sin embargo, si la entrada a través del estoma es lograda, esto no es equivalente a la absorción, porque la absorción estomática no excluye la necesidad de la penetración cuticular, puesto que las sustancias en los espacios intercelulares todavía deben de pasar a través de una capa de cutina (Overbeek, 1965).

## **Factores que Influyen en la Absorción Foliar.**

**Luz:** La luz promueve la absorción foliar al estimular la apertura de los estomas y por permitir la fotosíntesis, la cuál establece un gradiente de presión osmótica continúa entre hojas y raíces, permitiendo el transporte de los compuestos aplicados al follaje. Al existir una óptima fotosíntesis, habrá una energía disponible para la absorción activa de los nutrimentos (Rodríguez, 1982).

**Temperatura:** Las variaciones de temperatura y presión influyen sobre la penetración y absorción de los nutrimentos por el follaje, ya que dicho proceso está relacionado con la duración de la solución acuosa sobre la superficie de la hoja y la evaporación (Boyton, 1954). A medida que la temperatura aumenta de 20 a 26°C, la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentando entonces la absorción; después de 28°C comienza a producirse un secado superficial, disminuyendo la penetración de la solución (Rodríguez, 1982).

**Humedad Relativa:** Cuando existe un porcentaje elevado de humedad relativa, la velocidad de evaporación del agua sobre la superficie de las hojas será muy baja y por tanto favorecerá una mejor penetración al interior de la planta; si la humedad relativa es baja, las gotas de agua se evaporaran muy rápidamente, quedando solo cristales, cuya absorción será muy lenta (Anónimo, 1975).

**Edad y Posición de la Hoja:** Las hojas jóvenes tienen más capacidad de absorción que las hojas viejas, y que la superficie inferior de la hoja absorbe de tres a cinco veces más que la superficie superior, ya que la parte inferior la cutícula es más delgada, hay más cantidad de estomas y los vasos floemáticos están más cerca (Rodríguez, 1982).

La edad de la hoja se presentan diversas tasas de absorción y que las hojas que se encuentran en la parte superior de la planta son más eficientes que las hojas inferiores (Boyton, 1954).

### **Ventajas y Desventajas de las Aplicaciones Foliarias de "Fe"**

#### **Ventajas:**

- Eliminación de reacciones complicadas del suelo.
- No se requiere del riego para que se muevan los compuestos en la zona de la raíz.
- Es más económico, se pueden mezclar los insecticidas y fungicidas.
- Se obtienen respuestas más rápidas por parte de la planta.
- En micronutrientes, se corrige más pronto la deficiencia del elemento en cuestión.

Desventajas :



- Riesgo de toxicidad y quemaduras.
- Dificultad de conseguir una distribución homogénea
- Necesidad de repetir aplicaciones (Wallace et al. , 1957).

### **Factores Relacionados con la Solución Aplicada.**

**pH:** La acidez o alcalinidad de las soluciones aplicadas tienen un punto óptimo para cada elemento, sin embargo, debe tomarse en cuenta también el pH de la savia de la planta en el momento de efectuar las aplicaciones a fin de que estos tengan una mayor eficiencia (Anónimo, 1975).

**Cristalización de la solución :** Hay menor absorción y traslocación del nutrimento cuando la solución que se aplica tiene un alto grado de cristalización (Koontz et al ., 1957, citado por Tisdale y Nelson, 1970).

**Uso de Adherentes y Surfactantes:** El uso de adherentes en las soluciones aplicadas al follaje se han generalizado debido a que los resultados obtenidos han sido satisfactorios. La penetración por los estomas de químicos aplicados a la solución con surfactantes ha sido demostrado, los resultados positivos obtenidos con cada trazador parecería indicar la entrada de la solución con gran volumen a través de la cutícula (Dybing y Currier, 1961).

**Uso de Surfactantes y Aditivos:** La concentración en la hoja de un nutriente mineral (catión) aplicado por aspersiones de fertilización foliar es dependiente primeramente de la concentración, frecuencia de la aplicación, naturaleza química del anión transportador, y la presencia de surfactantes y agentes humectantes (Alexander y Schroeder, 1987).

Los surfactantes han sido aplicados ampliamente como aditivos en las aplicaciones del follaje de las plantas (fertilizantes foliares, fitorreguladores y hormonas, herbicidas, fungicidas, etc.)(Obando, 1972).

El surfactante generalmente aumenta la cantidad absorbida de compuesto aplicado a causa de los siguientes efectos:

- Reduce la tensión superficial del líquido, aumentando así su cobertura.
- Facilita la remoción del aire que se encuentra entre la solución y la cutícula de la hoja.
- Actúa como solvente o agente solubilizante.
- Al parecer induce la penetración a través del estoma (Eddings y Brown, 1967).

## **Los Microelementos o Oigoelementos.**

Las investigaciones de los últimos decenios han unido a las materias nutritivas conocidas desde hace mucho tiempo (llamadas "clásicas") en una serie de elementos también indispensables, que se incluyen bajo la denominación microelementos (elementos "vestigiales" o de alta eficacia). Entre estos contamos con el boro, manganeso, hierro, cobre, cinc y molibdeno.

Todos ellos están caracterizados por el hecho de que en cantidades muy pequeñas de ellos bastan para provocar funciones vitales, muchas veces actúan como catalizadores dentro de la vida vegetal, por el contrario dosis relativamente altas causan envenenamientos de las plantas. Esto también a sido la causa porque se ha desconocido mucho tiempo su importancia (Selke, 1968).

Como se ha conocido últimamente que nuevos elementos han conseguido importancia para la vida vegetal, se ha renovado la vieja teoría, de que cualquier materia existente en la planta es capaz de perjudicarla o favorecerla. Se dijo que sólo dependía de la concentración en que se encuentre en el suelo en forma soluble, de la presencia de otros elementos antagónicos y de la característica particular de cada planta, si el elemento indicado en la práctica actúa como alimento o veneno de la planta.

Se señala también que las "materias básicas" pueden causar daños, si se encuentran en cantidades excesivas y unilaterales y que con una fertilización equilibrada se obtienen los mejores éxitos. La diferencia entre las materias nutritivas (macroelementos y microelementos) según esta teoría, consistiría principalmente en la diferente medida de los valores efectivos y de la amplitud de concentración favorable para la vida vegetal. Esta teoría tiene cierta justificación, por cuanto a los elementos sodio y cloro hay que asignarles, por lo menos para ciertas plantas (Selke, 1968).

### **Generalidades del Fierro (Fe).**

El fierro es uno de los elementos metálicos más comunes en la corteza terrestre. Sin embargo su contenido total en los suelos es variable y oscila de 200 a 100,000 ppm. Se encuentra en el suelo como óxidos, hidróxidos, y fosfatos, así como en las estructuras reticulares de los silicatos primarios y en los barros minerales. Bajo distintas condiciones del suelo pequeñas cantidades de hierro son liberadas debido a los agentes atmosféricos de los minerales primarios y secundarios, y parte es absorbida por las plantas.

El contenido de hierro total no muestra valor en el diagnóstico de las deficiencias en fierro, de hecho, ninguna prueba adecuada ha sido desarrollada para este propósito. Las deficiencias en fierro son pronunciadas en algunos suelos calcáreos, y en algunos casos un alto nivel de fósforo del suelo ha sido relacionado a la clorosis férrica (Tisdale y Nelson, 1988).

El Fe es el micronutriente que más se requiere, y aunque puede estar presente en cantidades adecuadas en el suelo, la facilidad para reaccionar con otros elementos y formar compuestos insolubles, lo hacen inhábiles para las plantas. En suelos alcalinos o calcáreos casi siempre se observan plantas deficientes en hierro, porque forman óxidos e hidróxidos insolubles. En los suelos en los que abunda, puede volverse tóxico si el pH baja fuertemente (Ordoñez, 1994).

El hierro debe ser absorbido por las raíces de las plantas en forma iónica o como sales orgánicas complejas. También es absorbido por las hojas cuando se aplican pulverizaciones foliares de sulfato de hierro, sales complejas de hierro, llamadas quelatos.

Clavos de hierro introducidos en el tronco de los árboles se han utilizado también para el suministro de este elemento a ciertas especies. Aunque el ion férrico puede ser absorbido por las plantas, la forma activa metabólicamente parece ser el ion ferroso. Los tejidos de las plantas que contienen grandes cantidades de hierro férrico pueden presentar síntomas de deficiencia de hierro.

El hierro tiene funciones específicas en la activación de varios sistemas meristemáticos: hidrogenasa fumárica, catalasa, oxidasa y citocromos. La carencia de hierro también perjudica al mecanismo de producción de clorofila, ya que ha sido observado que el contenido de clorofila de las plantas se relaciona con un suministro continuo de hierro.

En contraste, parece no existir relación entre las cantidades de hierro aplicado intermitentemente y el contenido de clorofila de las plantas (Tisdale y Nelson, 1988).

Se cree que el hierro está asociado con la síntesis de proteína cloroplástica. La cantidad de hierro en relación a las cantidades de otros elementos es, en muchos casos, tanto o más importante que las cantidades absolutas de este elemento presentes en los tejidos. El hierro se ha mostrado capacidad de reemplazar parcialmente al molibdeno como metal cofactor necesario para el funcionamiento de la reductasa del nitrato en la soja. Otra función atribuida al hierro es su evidente necesidad para la enzima flavina que reduce el citocromo-c (Tisdale y Nelson, 1988).

Si circunstancialmente se observan síntomas deficitarios de hierro en los cultivos ordinario, la causa en general, no radica precisamente en una falta o insuficiencia de hierro, sino que por circunstancias especiales (por ejemplo reacción alcalina del suelo) los compuestos férricos no se encuentran en forma bastante soluble (carencia inducida del hierro) o que el hierro absorbido por la planta se ha transformado en forma inactivas (Selke, 1968).

La planta es capaz de absorber iones di-y-trivalentes de hierro. Si antes se ha hablado del hierro divalente como de un veneno vegetal, entonces se ha confundido la causa y efecto.

La presencia de hierro divalente es un indicador seguro de una aireación deficiente, o sea, de circunstancias desfavorables del ambiente (Selke , 1968).

La lucha contra las clorosis férrica tiene mayor importancia en el cultivo frutal y vinícola y el tratamiento se efectúa con mayor éxito con compuestos complejos de hierro con ácidos orgánicos, quelatos que tiene la ventaja, sobre la sales simples de compuestos inorgánicos de hierro, donde el hierro contenido en ellos se fija tan rápidamente en el suelo y en la planta (Selke , 1968).

El Fierro y el Boro son antagónicos, un exceso de Boro altera el metabolismo del Fierro y por el contrario cuando hay un exceso de hierro provoca más pronto la falta de Boro, también hay que resaltar la relación hierro - manganeso, sólo puede corregirse por dosis mayores de hierro (Selke, 1968).

### **Deficiencias de Fierro.**

El síndrome de deficiencia de hierro se manifiesta esencialmente por la pérdida del color verde que les confiere a las plantas comunes, la presencia de la clorofila. Las hojas se tornan gradualmente amarillentas quedando verdes las nervaduras, siendo esta condición a lo que se le llama "clorosis de hierro". En los casos más avanzados, las hojas cloróticas quedan casi blancas, se secan y se caen. La planta entera se vuelve ahusada y débil y no alcanza a producir flores ni frutos; su crecimiento se retrasa y puede llegar a morir (Guzmán, 1970).

Se entiende por clorosis de hierro que se presenta en las plantas cuando por alguna causa no se desarrolla normalmente la clorofila o está destruida. Por lo común, la clorosis de hierro aparece primeramente en las hojas jóvenes, cuya coloración varía del verde claro al amarillo o casi blanco sabiéndose que esto ocurre porque el hierro es necesario para la formación de la clorofila (Bennett y Smith, 196 ).

Cuando no puede ser aprovechado el hierro por las plantas, no se desarrolla convenientemente la clorofila y entonces se presenta clorosis. La clorosis de hierro ocurre principalmente en las gramíneas, cítricos y durazneros, en hortalizas y plantas florales y ornamentales. La mayoría de los suelos en donde ocurre la clorosis contienen comúnmente suficiente hierro, pero no en la forma en que las plantas puedan aprovecharlo (De León, 1968).

El efecto más característico de deficiencia de hierro es la falla para producir clorofila en hojas jóvenes. Las hojas que han obtenido hierro durante todo su periodo de expansión, rara vez desarrollan clorosis, aún cuando la deficiencia subsecuente es severa como para causar clorosis y necrosis completa de las hojas jóvenes, o bien esta puede ser más general y menos severa en muchas hojas expandidas (Hewitt, 1963).



Se menciona que no obstante no entra en la composición de la clorofila, es necesaria una pequeña cantidad de fierro para la producción del pigmento verde, y cuando la planta se desarrolla en la ausencia de este elemento, los brotes de las plantas normalmente verdes son amarillo pálido en color y exhiben la condición típica de la clorosis.

Esto comienza en las áreas intervenales; así que en plantas de hojas anchas, la lámina muestra una pigmentación amarilla reticulada y en los cereales y otros pastos aparecen rayas amarillas entre las venas. Más tarde la clorosis se extiende a otros tejidos hasta que la planta completa se torna amarillo pálido, marfil o blanco y posteriormente necrosis. (Brown y Possinghan, 1959, citado por Tisdale y Nelson, 1970).

Los frutos de tomate se tornan verde plateado y son más naranja que los rojos cuando maduran. En frutos de manzano y peras, se tornan cloróticas y matizado brillante con un rojo o naranja debido a la mayor producción de antocianinas que de pigmentos plastidos (Hewitt, 1963).

Cuando se presenta una deficiencia de fierro, las hojas de la planta son verde pálidas a amarillas y luego completamente blancas, dependiendo de la especie de la planta y el grado de severidad (Soil Science Society of América; 1971).

Cuando la deficiencia es ligera, se presenta un color pálido de las hojas terminales, luego se presenta una clorosis intervenal y cuando la clorosis es grave las nervaduras más finas dejan de ser verdes, posteriormente las nervaduras principales y la hoja puede ser totalmente despojada de la clorofila (Lové, 1988).

La deficiencia de hierro en las plantas, caracterizada por el color amarillo que adquieren las hojas, indica que la clorofila materia colorante verde de los vegetales, no esta produciéndose.

Aunque el Fe no es el componente de la clorofila, los estudios realizados con algas han demostrado que este elemento interviene en la síntesis de una clase específica de ácidos nucleicos, el cual a su vez regula la síntesis de la clorofila a través de una cadena de reacciones que hasta el presente se desconocen en su mayor parte. La deficiencia de hierro es difícil corregir es probable que la deficiencia de hierro ocupe el primer lugar después de las deficiencias, Nitrógeno y Zinc, dentro de los problemas de la nutrición mineral de las plantas, por lo menos esto es un hecho con relación a los árboles frutales en California y otras entidades del Oeste de Estados Unidos (De León, 1968).

En vista de que la deficiencia de hierro es la más difícil de corregir entre todos los micronutrientes de las plantas, es muy urgente reunir información exacta acerca de cómo el hierro regula la síntesis de la clorofila ( De León, 1968).

Generalmente la deficiencia de hierro en las plantas recibe el nombre de clorosis férrica. Este trastorno es en parte o del todo provocado por otros factores, distintos de un bajo abastecimiento de hierro. Sin embargo, no importa que factores provocan la clorosis, el trastorno bioquímico en las hojas parece ser el mismo (De León, 1968).

La deficiencia de hierro da lugar a un aumento del nivel de aminoácidos libres, lo que indica un trastorno en la síntesis de la proteína. Los ácidos orgánicos de los dicarboxílicos y tricarboxílicos también son diferentes. Se ha observado disminución en la síntesis proteínica y del ácido ribonucléico. Considérese como un progreso en el conocimiento de la clorosis férrica el identificar el sitio de descenso en la síntesis proteínica en el cloroplasto (De León, 1968).

Un trabajo demostró que con la adición de hierro a algas del tipo *clorella* para observar el desarrollo de las proporciones de ácidos ribonucléico que se sintetizo con la adición de hierro no era igual que el compuesto de esta clase ya existente en las células, según pudo comprobarse al hidrolizar el mencionado ácido para obtener sus bases constitutivas. Estas se obtuvieron en una relación diferente al del compuesto existente. Los resultados indicados condujeron a establecer la hipótesis, de que la deficiencia de hierro da lugar a una reducción en uno de los tipos del ácido ribonucléico.

Investigaciones recientes han demostrado que cada uno de los tipos de este ácido ribonucleico tiene una función especial en la síntesis de la proteína. La deficiencia de hierro, por tanto, da lugar a que falle la síntesis de ácido ribonucleico que regula a su vez la síntesis de una proteína (enzima), que actúa en la síntesis de la clorofila ( De León, 1968).

Aunque no se encuentre completamente esclarecida la función del hierro en la molécula de la clorofila, la realidad es que este elemento está considerado desde hace tiempo como un micronutriente importante que suele escasear, principalmente en algunos suelos de la región árida del oeste estadounidense, donde los árboles frutales y plantas ornamentales sufren con frecuencia los efectos de la clorosis férrica. También en Hawaii y Puerto Rico, la piña, responde bien al hierro, por lo que este elemento suele aplicarse en muchos de los plantíos de este importante fruto de los países tropicales (De León, 1968 ).

### **Causas de Deficiencia.**

La deficiencia en hierro, o clorosis, se cree que es causada por un desequilibrio de iones metálicos, tales como el cobre y manganeso, excesivas cantidades de fósforo en los suelos, una combinación de pH alto, alta proporción de cal, elevada humedad del suelo, temperaturas frías y altos niveles de HCO<sub>3</sub> en el medio que rodea a las raíces (Tisdale y Nelson, 1988).

**Desequilibrio iónico.** Se ha sugerido que la deficiencia en hierro observada en muchos suelos de Florida resulta probablemente de una acumulación de cobre en estos suelos tras largos años de aplicación del mismo en pulverizaciones y en fertilizantes.

Las piñas americanas en Hawaii han exhibido clorosis férrica cuando crecían en suelos ricos en manganeso, y otras plantas que crecían en suelos que provenían de la serpentina han mostrado deficiencia en hierro a causa de un exceso de níquel.

Un trabajo realizado en los Estados Unidos ha mostrado que las deficiencias en hierro en soja creciendo en dos suelos ocurrió a causa de una proporción baja en las plantas de la relación Fe: (Cu+Mn) (Tisdale y Nelson, 1988 ).

**Efectos de bicarbonato, fósforo y calcio.** Hace ya varios años se observó que la clorosis férrica en huertos era inducida por el ion bicarbonato del agua de irrigación. Esta observación condujo a la suposición de que la fijación del dióxido de carbono por las raíces de las plantas era responsable de la clorosis férrica por la inactivación del hierro en la planta. La clorosis férrica es muy común en muchos cultivos y plantas ornamentales que crecen en suelos alcalinos y calcáreos (Tisdale y Nelson, 1988).

Un trabajo ulterior, a mostrado que una alta proporción en el suelo de  $\text{HCO}_3^-$  aumenta la solubilidad del fósforo y produce como resultado un gran consumo de este elemento que interfiere con el metabolismo del hierro en la planta.

En el departamento de agricultura de los Estados Unidos varios científicos investigaron el efecto del  $\text{CO}_3\text{-H}$ , el  $\text{Ca}^{+2}$  y las concentraciones de fósforo en el medio que rodea a la raíz sobre el desenvolvimiento de la clorosis férrica por dos cepas de soja.

Una cepa desarrolló síntomas de deficiencia en hierro antes que la otra cuando ambas estaban creciendo sobre un medio con la misma concentración de hierro. Utilizando una técnica que permitía resquebrajar el medio que rodea a la raíz, estos investigadores establecieron que los efectos del ion bicarbonato sobre la clorosis férrica estaban relacionados tan sólo indirectamente con el consumo de hierro. Fue hallada sin embargo, una relación entre hierro, fósforo y concentraciones de calcio en el medio que rodea a la raíz y el efecto consiguiente sobre la concentración de estos elementos en la planta. Aparentemente, altas concentraciones de fósforo causan una deposición de hierro sobre la superficie de la raíz o justo al lado de la misma (Tisdale y Nelson, 1988).

Cuando el hierro se suministra en la forma quelatada, no ocurre aparentemente esta deposición, y el elemento es trasladado desde las raíces a las hojas de las plantas. También a sido demostrado que las raíces de las plantas oxidan el hierro en la rizosfera. Los oxidantes más eficaces, se halló que eran los céspedes, ciertas hierbas forrajeras, y el trébol, mientras que la alfalfa es un oxidante extremadamente pobre. Los oxidantes pobres tiene las cantidades mayores de fierro en los extremos de las plantas; los buenos oxidantes tienden ser excluidores de fierro (Tisdale y Nelson, 1988).

**Suelos Encharcados.** Cuando el oxígeno es excluido del suelo, como en las inundaciones, los compuestos de Hierro férrico serán reducidos a la forma ferrosa. Otros metales reducibles tales como el manganeso serán reducidos en forma similar. En suelos bien drenados el hierro esta normalmente en estado férrico y los compuestos férricos son muy insolubles. Los compuestos ferrosos son mucho más solubles, pero cuando se añaden a suelos bien

drenados son oxidados rápidamente al estado férrico. En un tipo de tratamientos, el suelo fue sumergido sin adición de materia orgánica, y en otro se mezcló paja de arroz al suelo. La presencia de materia orgánica precipita grandemente la reducción de hierro, y cuando más grande es el periodo de inmersión, mayor es la cantidad de hierro soluble más el cambiante (Tisdale y Nelson, 1988).

La clorosis puede presentarse aún en el suelo que contenga suficiente hierro, pero no siendo aprovechable por la planta debido al pH alto, exceso de agua o exceso de cal, de manera que combinándose con el hierro resulta inhervable (García, F. 1964).

La presencia de carbonatos en gran cantidad en el agua de riego puede impedir el aprovechamiento del hierro existente en el suelo, produciéndose como consecuencia la clorosis. Esto es particularmente frecuente en regiones semiáridas donde el agua puede contener carbonatos en abundancia o donde el suelo es pobre en materia orgánica.

La insolubilidad del hierro en los suelos calcáreos se presenta cuando este microelemento se encuentra en estado férrico y no en estado ferroso. Por otra parte, puede presentarse deficiencia por otras causas entre las cuales tenemos desde luego, la posible ausencia de hierro en el suelo, la precipitación del hierro junto con el fósforo a nivel de pH próximo a la neutralidad, la toxicidad



por otros microelementos, el rompimiento del equilibrio entre el fierro y otros microelementos tales como el cobre y el manganeso, la aireación deficiente del suelo, etc.

En general, puede decirse acerca del hierro que las deficiencias en las plantas de este elemento ocurrirán más fácilmente en suelos con un pH alto y/o carbonatos. Una excesiva fertilización a base de fosfato también inducirá una clorosis férrica, especialmente sobre ciertas plantas y arbustos ornamentales.

Generalmente, en suelos pobremente tamponados, aplicaciones prolongadas de cobre, manganeso o quizá sales de cinc, en pulverizaciones biológicas y polvos, o en fertilizantes, inducirán una deficiencia en fierro a causa de que la proporción Fe: (Cu, Mn, Zn) puede convertirse en demasiado estrecha en la planta.

Las distintas especies de plantas difieren en su capacidad para disolver y trasladar el hierro, característica que se piensa es ocasionada por la diferencia en los mecanismos internos de quelación.

El fierro en suelos encharcados es reducido al estado ferroso, y esto es apresurado por la presencia de materiales orgánicos en el suelo (Tisdale y Nelson, 1988).

### **Quelatos.**

Quelato o quelado es un vocablo que se deriva del griego y significa "garra". Como indica esta palabra los quelatos tienen una tendencia marcada a retener fuertemente ciertos catiónes. Un quelato es un compuesto orgánico que se combina y protege a ciertos catiónes como el Fe, Mn y Cu (Guzman, 1970).

Las combinaciones catiónicas de los quelatos forman complejos con estructura anilladas, estando los metales tan ligados que pierden esencialmente sus características iónicas usuales.

Tienen menos aptitud para intervenir en reacciones con otros constituyentes del suelo, lo cual puede ser una ventaja. Por ejemplo, los quelatos permanecen en solución a valores del pH mucho mayores que los de las formas iónicas inorgánicas.

Los catiónes protegidos no están así sujetos a precipitar como hidróxidos insolubles. A pesar de que los quelatos e hallen protegidos contra las reacciones del suelo, estas formas de micronutrientes son más fácilmente asimiladas por las plantas en crecimiento. Mientras los micronutrientes están en estas combinaciones se les considera en estado asimilable.

El uso de los quelatos para proporcionar hierro es eficaz siempre que el pH del suelo no sea demasiado alto. No es apropiada la aplicación de quelato de zinc a suelos con cantidades significativas de fierro asimilable (Guzman, 1970).

Los metales quelados se definen como estructuras cíclicas de un átomo metálico y un componente orgánico en que los dos componentes están unidos juntos con varios grados de fuerza, variando desde una fuerza de enlace más bien débil a un enlace metal orgánico fuerte típica de porfirinas metálicas, (Tisdale y Nelson, 1988).

Los quelatos metálicos son solubles en agua. Aquellos utilizados comúnmente en la agricultura se disocian tan solo en un grado ligero.

De aquí, que aunque disminuyan la actividad de los iones metálicos en solución acuosa, la solubilidad de estos metales es muy aumentada en combinación con agentes quelantes.

El termino agente secuestrante es a veces utilizado en lugar de agente quelante. Numerosas sustancias tienen la capacidad de quelar o secuestrar iones metálicos. Diversos compuestos son importante comercialmente en agricultura, cuatro de ellos son el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA), ácido ciclohexanodiotetracético (CDTA), y ácido etilendiaminode (o-hidroxifenilacético)(EDDHA), (Tisdale y Nelson, 1988).

Los iones metálicos secuestrados normalmente en forma comercial son el hierro, cobre, cinc, y manganeso. Como, exactamente, estos metales quelados son absorbidos y utilizados por las plantas no se conoce. Se creyó que la molécula intacta era absorbida por los pelos radiculares, porque alguno

de los primeros trabajos mostró que una proporción 1-1 de metal quelado existía en células radiculares. Trabajos posteriores indicaron que el metal y el quelado no eran absorbidos uniformemente y que, a bajos valores de pH, apreciables cantidades de los quelados permanecían en la solución externa a la raíz incluso aunque el metal en sí mismo hubiera sido absorbido. Los quelados sin los metales hierro, cobre, manganeso, y cinc, existen como ácidos o sales sódicas. Cuando se aplican a los suelos, tienen la capacidad de secuestrar los metales pesados de sus formas insolubles en el suelo (Tisdale y Nelson, 1988).

### **Clasificación de los Quelatos.**

Las variaciones en el pH del suelo son uno de los factores más determinantes y de mayor peso sobre la eficiencia de la asimilación de los micronutrientes en el suelo. En general, la gran mayoría de los nutrientes se asimilan por la planta con alta eficacia cuando el pH del suelo varía alrededor de la neutralidad. Bajo condiciones de acidez y de alcalinidad pocos son los nutrientes aprovechables por la planta para satisfacer sus necesidades.

La mayor limitante para hacer uso de los fertilizantes quelatados en el suelo es la estabilidad de su agente quelatante a diferentes rangos de pH lo que le permite mantener las características químicas que hacen asimilables los nutrientes quelatados (Kamara, 1999).

**Los de Acción Estable en pH Alcalino o Ácido.** Entre estos los principales son el EDDHMA (Etilendiamina dihidroxifenil ácido acético) y el

DTPA (Dietilen triamina penta acético). Los nutrientes secuestrados con estos compuestos son asimilables tanto en pH ácido como alcalino y bajo esas condiciones en la medida en que el porcentaje del quelatante es mayor, el tiempo de disponibilidad y liberación del mineral secuestrado se incrementa considerablemente. Por lo tanto, la cantidad disponible para la planta es menor. Considerando lo anterior, se recomienda aplicar los quelatos con menor cantidad de quelatantes cuando se trata de prever una alta demanda de un nutriente determinado (Kamara, 1999).

**Los de Acción Estable en pH Ligeramente Ácido o Neutro.** Entre ellos el más común es el EDTA (etilen diamina ácido tetra acético) el cual aunque el sistema de quelatación que ejerce sobre los nutrientes es muy similar al del EDDHA, EDDHMA y DTPA, su capacidad de protección del mineral es mucho más baja que los anteriores. Por lo tanto solo resulta ser confiable en el suelo bajo condiciones de pH ácido (Kamara, 1999).

**Los de Acción Temporal en pH Alcalino o Ácido.** Estos son productos de materia orgánica del suelo e incluye a los ácidos húmicos y Fúlvicos, de los cuales el más activo es el último. Esos compuestos orgánicos son de peso molecular elevado y de un tamaño grande en donde se encuentran sitios de reacciones con los minerales. Esta acción se lleva por diferencia de valencia (+,-). La quelatación que se lleva a cabo bajo estas condiciones es temporal, razón por la cual, los nutrientes quelatados se mantiene disponibles y asimilables por un periodo corto, lo que hace necesarias varias aplicaciones (Kamara, 1999).

Para los quelantes EDDHA y EDDHMA que son estables desde pH 2 hasta 12, la eficiencia en el aprovechamiento de los minerales quelatados por las raíces en los suelos con pH alcalinos o muy ácidos depende de la concentración del quelante utilizado para secuestrar al mineral.

Generalmente, esto se expresa en porcentaje de la formulación y constituye el elemento fundamental que marca la diferencia en cuanto a eficacia, rapidez en la respuesta y dosis por ha entre un quelato de alto rendimiento y otro. (Kamara, 1999).

### **Mecanismo de Acción de los Quelatos.**

Las últimas investigaciones en nutrición vegetal sobre la eficiencia de la absorción de los nutrientes quelatados han demostrado que existe una estrecha relación entre la cantidad del agente quelatante utilizado para quelatar a 1 gr del nutriente y la cantidad de éste que se libera en la solución del suelo por unidad de tiempo. A mayor cantidad de agente quelatante (más de 6 g/g del nutriente), la liberación es menor; a menor cantidad de agente quelatante (1 g/g del nutriente), la liberación es mayor.

El rango de liberación óptima del nutriente quelatado se sitúa entre 2.3 a 5.0 g del agente quelatante por cada gramo del nutriente para que la liberación

sea óptima conforme a las necesidades de la planta en relación con el desarrollo fenológico y la producción de la materia seca. A parte de esta relación entre agente quelatante y cantidad de nutriente quelatado, la dosis, momento y la frecuencia de aplicación son tres elementos principales a tomar en cuenta para que la aplicación de un quelato cumpla eficientemente con el propósito de su uso: Una Nutrición Eficiente (Kamara, 1999).

### **Fundamentos de Aplicación de los Quelatos.**

La base fundamental para la aplicación eficaz de los quelatos en polvo y líquido, es considerar el estado de desarrollo (fenológico) del cultivo con relación a la producción de biomasa. Las cantidades del producto se aplican de menor a mayor conforme a esta producción de biomasa y del rango de dosis (menor a mayor) para cada momento de aplicación (Kamara, 1999).

La aplicación de una dosis específica depende del tipo de deficiencia (fisiológica, metabólica y crítica); del contenido de ingredientes de producto. Cuando se aplican quelatos en el suelo a través de los sistemas de riego, la obtención de buenos resultados depende de la eficiencia en la uniforme distribución del producto en el suelo para colocarlos en la zona radical del cultivo. Para lograr lo anterior, se recomienda seguir una regla de aplicación que se ajusta a cada tipo de riego (Kamar, 1999).

También es de suma importancia recordar que la aplicación de los productos como fuente de nutrientes, tanto en el suelo como vía foliar se requiere:

- Conocer los niveles promedios mínimo y máximo del nutriente en relación con la fenología del cultivo.
- Conocer los niveles promedios mínimo y máximo de materia seca en relación con la fenología del cultivo.
- Conocer el nivel actual del nutriente en relación con la fenología del cultivo.
- Conocer el nivel actual del nutriente en la savia del cultivo.
- Conocer las causas principales de la deficiencia(Kamara, 1999).

### **Modo de Aplicación de los Quelatos.**

**Foliar:** Se aplica como una aspersión cualquiera por ejemplo como insecticidas, bañando bien el follaje de las plantas.

#### **Al Suelo:**

a). Aplicado al agua: Disuelva el producto en agua distribuyéndolo uniformemente al pie de las plantas. Inmediatamente después riegue copiosamente hasta que la humedad penetre a unos 15 cm de profundidad.



En el caso de los arbustos o árboles, se puede hacer una pequeña zanja alrededor del tronco (zona de goteo) vertiendo en ella la solución. Regar copiosamente y tapar la zanja; también se puede hacer de 4 a 6 agujeros de poca profundidad alrededor de la planta, verter en ellos la solución y regar.

b). Aplicación en seco: Puede hacerse mezclando el producto con el fertilizante o si se desea aplicarlo sólo, se espolvorea alrededor de las plantas regando enseguida copiosamente. Igualmente puede recurrirse al procedimiento de zanja o agujeros, mencionados en el inciso anterior ("a").

Para facilitar la distribución uniforme del producto, cuando se trata de dosis pequeñas, mézclese con algún material inerte, por ejemplo arena o tierra seca (De León, 1968).

### **Generalidades de la Hidroponia.**

El término hidropónia deriva de los vocablos griegos "hidro", que significa agua, y "ponos", equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como "trabajo del agua"(Sánchez, 1988).

Se puede definir a la hidrponia como un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución. En otras palabras, significa que la humedad ya no dependerá exclusivamente de la tierra para su sustento, obteniendo importantes cosechas sin depender del suelo directamente, pudiendo elegir el sitio que les resulte más conveniente (López , 1976; citado por Almanza, 1984).

### **Factores Requeridos para la Hidroponia**

**Sustrato:** Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple funciones esenciales como anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y por otro lado, contener agua y los nutrientes que las plantas necesitan (Pinchuk y Garcaz, 1997).

Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% de agua en relación con el volumen total. Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a los otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes :

Retención de humedad, permitir buena aireación, estable físicamente, químicamente inerte, biológicamente inerte, tener buen drenaje, tener buena capilaridad, ser liviano, ser de bajo costo y estar disponible.

Los sustratos más utilizados son los siguientes : cascarilla de arroz, grava, residuos de humus, calderas, piedra pómez, aserrines y virutas, ladrillos, tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), espuma de poliestireno (utilizada casi únicamente para aligerar el peso de los otros sustratos), turba rubia, vermiculita (Pinchuk y Garcaz, 1997).

**Recipientes:** Puede utilizarse todo tipo de recipientes de cualquier tamaño y por lo menos 20 cm de profundidad para que las raíces tengan suficiente lugar para desarrollarse. Generalmente los recipientes más adecuados son los de material plástico, ladrillo o cemento. Si son de metal deben pintarse con barniz o pintura, los de madera deben forrarse con tela impermeable o plástica.

Las medidas dependerán de las necesidades particulares de cada uno, pero el largo máximo debe ser de 6 mt y el ancho máximo de 90 cm. Es importante que los recipientes tengan perforaciones en su base para el drenaje y aireación.

Los cultivos hidropónicos necesitan que los orificios estén abiertos en el momento de drenar pero que puedan ser obstruidos por medio de tapones. Para asegurar un buen drenaje es necesario que los recipientes tengan una pendiente entre el 3 y 5% que dependerá del sustrato utilizado.

Si el recipiente no es opaco podrá originar el desarrollo de algas que competirán por los nutrientes, oxígeno y alteran el pH de la solución. Otra condición esencial es que debe ser inerte químicamente para evitar reacciones o cambios en la solución nutritiva (Pinchuk y Garcaz, 1997).

**Agua:** El agua que se encuentra en la mayor parte de las fuentes normales de suministro es apta para los cultivos.

El primer requisito es que el agua sea apta para el consumo humano o de animales, y por lo tanto también será apta para las plantas. Las aguas con gran contenido de sal pueden ser utilizadas pero teniendo en cuenta que las plantas a desarrollarse en ellas sean tolerantes a la sal, por ejemplo el tomate, el pepino, la lechuga o los claveles.

Las aguas duras que contienen concentraciones de calcio pueden ocasionar un problema ya que el calcio se deposita y puede taponar orificios en las instalaciones de riego (Pinchuk y Garcaz, 1997).

Otro factor muy importante a tener en cuenta es la calidad microbiológica del agua. Si se sospecha que el agua está contaminada, la cloración, en sus diferentes modalidades, constituye el proceso de desinfección más utilizado y el más barato (hipoclorito de sodio o de calcio, 2 a 5 ppm de cloro).

**Riego:** En los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y

suministrarle los nutrientes necesarios. Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uno manual con regadera hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego.

Un sistema de riego consta de un tanque para el agua y nutrientes, tuberías que conducen el agua y goteros o aspersores (emisores).

El tanque debe ser inerte con respecto a la solución nutritiva y de fácil mantenimiento, limpieza y desinfección, localidad, método de control de la solución nutritiva, etc. Cuanto más pequeño sea, más frecuente será la necesidad de controlar su volumen y composición ( Pinchuk y Garcaz, 1997).

La ubicación del tanque dependerá de la situación del cultivo. En el caso de regar por gravedad, deberá tener suficiente altura para lograr buena presión en los goteros, si se riega utilizando una bomba, el tanque puede estar enterrado en el piso.

Las tuberías de PVC y mangueras de polietileno son las más baratas. El diámetro dependerá del caudal y longitud del tramo (Pinchuk y Garcaz, 1997).

**Siembra:** Una buena siembra ayudará considerablemente a las plantas a desarrollarse bien tanto al comienzo como durante la floración y fructificación. Para esto debemos asegurarnos que las semillas sean frescas y con un alto poder germinativo.

Un semillero se compone de una serie de elementos destinados a brindarle a la semilla todas las condiciones necesarias para su germinación. Entre los métodos más adecuados para realizar semilleros con destino a cultivos hidropónicos, está el de los cubos de espuma plástica, los almácigos o la siembra directa en el recipiente hidropónico.

La luz puede estimular o inhibir la germinación de acuerdo a la variedad de planta. Las semillas respiran durante la germinación, por lo tanto si no existe aire en abundancia se asfixian , por eso hay que tener cuidado con la cantidad de agua que se suministra y con el tipo de medio en cual se siembran. La nueva raíz se habrá camino hacia abajo para afirmarse en su base de sustentación, y el pequeño tallo crece hacia arriba buscando la luz (Pinchuk y Garcaz, 1997).

### **Factores Climáticos para la Hidropónia.**

**Luz:** La luz es un elemento vital para el crecimiento de las plantas, pero no todas necesitan la misma cantidad de luz, es conveniente que los cultivos reciban la mayor cantidad posible, especialmente en invierno, por lo que es aconsejable colocarlos cerca de las ventanas y en habitaciones pintadas de colores claros.

En lugares de poca luz puede instalar un tubo fluorescente que no emite tanto calor como las lámparas de filamento. Si se elige un lugar abierto debe

procurarse que no de el sol a pleno durante todas las horas del día. No debemos olvidarnos que existen especies que desarrollan mejor a la sombra.

**Aire:** La ventilación de los cultivos hidropónicos es muy importante, especialmente los instalados en lugares cerrados, donde debe haber una buena circulación de aire fresco. Sin embargo las corrientes de aire, el humo, los gases y el polvo son muy perjudiciales.

Si el ambiente es muy seco debe humedecerse colocando recipientes con agua o rociando las hojas. El exceso de humedad provocará el desarrollo de enfermedades. En lugares abiertos debe protegerse a los cultivos de vientos fuertes pues afecta la polinización de las flores.

**Temperatura:** Entre los varios factores que afectan a las plantas, la temperatura es de los más importantes. Para la mayoría de las plantas hortícolas la temperatura óptima para el crecimiento está entre los 15 y 35° C. El grado de adaptación de una planta a temperaturas cambiantes varía según la especie.

La modificación diaria de la temperatura es cosa corriente y no tiene efectos adversos sobre las plantas, mientras que los vientos fuertes y los cambios estacionales ejercen influencias decisivas.

### **Limpeza y Mantenimiento del Sistema Hidropónico.**

La tarea principal consiste en mantener el cultivo hidropónico libre de polvo y desperdicios vegetales, pues estas condiciones antihigiénicas provocan enfermedades y la aparición de insectos. Se debe verificar regularmente las condiciones del agregado, controlar la humedad y observar el vigor con que crecen las plantas. El agregado deberá tener el grado de humedad exacto pues si es excesiva no permitirá la aireación de las raíces y la planta morirá.

No se debe olvidar el control de la luz y la temperatura. Cuando los cultivos se hacen al aire libre deberán cubrirse en épocas de mucho calor y protegerlos de las lluvias excesivas para evitar que el agregado se anegue. Las lluvias moderadas no son problemáticas pues riegan los canteros pero deberá observarse que la solución nutritiva no se diluya demasiado.

Es muy útil registrar las fechas de siembra y cosecha. Al acercarse el período de cosecha se debe inspeccionar con frecuencia las condiciones en que se encuentran las plantas para decidir el momento en que se recogerán.

El transplante y la poda se harán en la forma acostumbrada, aunque el tutorado es conveniente hacerlo con hilo y atar las plantas a un alambrado que se colocará por encima de los recipientes de cultivo.

Después de la cosecha, si las plantas no prestan ninguna utilidad, se retirarán de los recipientes para desecharlas. Luego se lavará el agregado con



abundante agua clara para que pueda ser utilizado nuevamente (Pinchuk y Garcaz, 1997).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del Area Experimental**

La realización de este experimento se llevo acabo en el invernadero perteneciente al departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria " Antonio Narro " (UAAAN), la cual esta ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas son: Latitud 25° 22' N y Longitud 101° 00' W y una Altitud de 1742 msnm.

### **Características del Area Experimental.**

#### **Clima.**

El clima es bwhW" (e), que se clasifica como templado seco extremo, de acuerdo con el sistema Koppen, modificado por Enriqueta García (1973), con una temperatura media anual de 19.8° C.

El invernadero es de cubierta de cristal; se utilizó una cama con medidas de 1.20 m de ancho por 3 m de largo. Para este trabajo se instaló un compresor de aire para tener un buen sistema de aireación ya una vez instaladas las plantas en el medio nutritivo.

Así mismo, se colocó un sistema de conducción a base de tubo de cobre para distribuir el aire uniformemente a las líneas de producción.

### **Descripción de Tratamientos.**

Se evaluaron 7 tratamientos, con 6 repeticiones por tratamiento, siendo una planta por repetición, como se describe en el cuadro siguiente:

Cuadro No: 3. Evaluación de Tratamientos.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Descripción</b>
Testigo	Solución Nutritiva Completa
Sequestrene (testigo2)	Sequestrene 1gr + 1cc de Bionex
T1	1cc de Superquelato + 1cc de Bionex
T2	2cc de Superquelato + 1cc de Bionex

T3	3cc de Superquelato + 1cc de Bionex
T4	4cc de Superquelato + 1cc de Bionex
T5	5cc de Superquelato + 1cc de Bionex

Los datos se analizaron bajo el modelo estadístico (Completamente al Azar):

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + \delta_i + \varepsilon_{jik}$$

Donde:  $\hat{Y}_{ij}$  = respuesta del tratamiento i-ésimo en su repetición j-ésima

$\mu$  = efecto general o media general

$\delta_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental.

Dentro del paquete estadístico de la Universidad de Nuevo León.

### **Variables Evaluadas:**

#### **Altura de Planta:**

Para esta variable se utilizó una cinta métrica flexible, tomando los datos a partir del día 13 de Mayo del mismo año ( a los 63 días después de transplante), y de ahí cada 15 días durante su ciclo; siendo en total 8 evaluaciones. Los puntos que se tomaron para esta medición fueron, desde la

base del tallo hasta el ápice superior de la planta; estos datos se reportaron en cm.

### **Longitud de Entrenudos:**

Para esta variable se tomó como medida los entrenudos 3 y 4 durante todo el ciclo, y la toma de datos se hizo cada 15 días a partir del 13 de Mayo ( a los 63 días después del transplante); para ello se utilizó también una cinta métrica, reportándose los datos en cm.

### **No. de Entrenudos:**

Sólo consistió en contar el número de entrenudos por planta de cada tratamiento, empezando el día 10 de Mayo (a los 60 días después de transplante), y tomando como indicador desde la primera bifurcación ( donde se hizo la poda) a la parte apical de la planta.

### **Diámetro del tallo :**

Para esta variable se tomo en consideración una sola medición, esta se hizo casi al final del ciclo (el día 17 de Julio del mismo año), y consistió en medir con un vernier la parte basal del tallo de la planta de todos los tratamientos, los datos se obtuvieron en cm.

### **Cm de Solución Consumida:**

Para esta evaluación se tomaron a consideración sólo tres plantas por tratamiento, siendo las mismas durante el ciclo. Esta evaluación se hizo a partir del día 14 de Mayo ( a los 64 días después del transplante), se tomo como estandar los 21 cm de altura que tienen las macetas para alcanzar el nivel de llenado. Esto se hizo con una regla y sólo se tomaron los centímetros de solución que faltaban en cada una de las macetas, reportándose en  $\text{cm}^3$ .

#### **No de Racimos por Planta:**

Para esta evaluación sólo se contaron los racimos florales que se tenían en la planta, y solo aquellos que se encontraron en posibilidad de producción, es decir, aquellos que no tuvieron un tamaño adecuado, no se tomaron en cuenta. Estos datos se tomaron a partir del día 10 de Mayo (a los 60 días después del transplante), y cada 15 días, para sacar un promedio de racimos producidos por planta y por tratamiento.

#### **No. de Flores por Planta:**

Para la toma de datos de esta variable, se contaron, el número de flores abiertas (en plena coloración amarillo intenso) por planta, tomando a consideración de no volver a tomar en cuenta las flores de la evaluación

anterior, por ello la evaluación se inicio el día 13 de Mayo del mismo año ( a los 60 días después del transplante), y las consecutivas cada 15 días.

### **No. de Frutos por Tratamiento:**

Para tomar el número de frutos de cada planta, se contaron solo aquellos “amarrados”; esta evaluación se inicio el día 13 de Mayo ( a los 63 días después del transplante), y cada 15 días. Calculando así al final del ciclo el número de frutos promedio por corte y por tratamiento.

### **Peso Promedio del fruto (en gr):**

Para esta evaluación, se tomaron aquellos frutos que fueron cortados en cada planta, de cada uno de los tratamientos. La cosecha se hizo de manera manual, se contó el total de frutos y después se pesaron en una bascula. Para obtener el peso promedio se utilizó la siguiente formula :

$$P. \text{ promedio} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{No. Frutos}}$$

### **Rendimiento:**

Esta evaluación se hizo mediante una sumatoria de cada uno de los cortes por repetición y por tratamiento; reportándose esta variable en kg. por tratamiento. Esta variable se estimó al final del ciclo del cultivo.

### **Análisis Foliar de los Tratamientos:**

Para esta variable se tomaron muestras del cultivo solo por tratamientos, tomando aquellas hojas que estuvieran en la parte intermedia de las plantas, esto se realizó en el último corte de los frutos; una vez cortadas las hojas, se lavaron y se secaron extendidas en periódico y con luz solar. Se llevaron al laboratorio para secarlas al horno por un periodo de 24 hr y a una temperatura de 48 °C, después se molieron en un mortero para tener la muestra en polvo.

El análisis se realizó en las instalaciones del Patronato para la Investigación Agrícola del Estado de Coahuila. A.C., en el Municipio de Arteaga, Coahuila, el día 11 de Febrero de 1999. El reporte consistió en obtener los niveles de NPK y % de Hierro en las muestras.

### **Establecimiento del Experimento**

La siembra de la semilla de tomate saladette, se realizó el día 17 de Febrero de 1998, y posteriormente se realizó el transplante el día 11 de marzo a la solución nutritiva completa, en botes de plástico de 5 lt previamente forrados con papel aluminio y pintados de color negro para evitar el paso de luz hacia el interior de las macetas, antes de realizar el transplante se dio un tratamiento a

las raíces con fungicida Benomil (1gr por litro), evitando así la posibilidad de entrada de patógenos por las heridas, como son fusarium y otros.

Se preparó la solución que se puso en las macetas, en su mayoría solución madre en concentraciones propuestas por Hogland's (Cuadro No: 4), con fuentes de Macroelementos y Microelementos, entre ellos, el fierro; esto mientras la planta se adaptaba a su nuevo medio por un periodo de 15 días, y sólo se mantuvieron en observación para una posible susceptibilidad al medio acuoso, enfermedad, marchites o estrés prolongado.

Una vez que las plantas se adaptaron a su nuevo medio, se aplicó el diseño experimental, es decir, se dejaron las plantas de testigo con solución completa y las otras se dejaron sin el elemento a evaluar, para inducir la deficiencia de hierro e iniciar los tratamientos con quelatos para corregirla.

Cuadro No: 4. Composición de la Solución Hoglands.

<b>Macronutrientes</b>	<b>Molaridad</b>	<b>En Sol. Final cc/ lt.</b>
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1M	1 cc / lt.
KNO <sub>3</sub>	1M	6 cc / lt.
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	1M	4 cc / lt.
Mg SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	1M	2 cc / lt.



Micronutrientes	1M	1 cc/ lt.
Sol. De Fierro	1M	10 cc / lt.

Para el día 10 del mes de Abril ( a los 60 días después de siembra) del mismo año, se observaron ya las deficiencias del elemento (Fe), teniendo características generales de amarillamiento foliar ( marcado mayor en hojas jóvenes ) y crecimiento reducido. Por consiguiente, se procedió a hacer la aplicación de los tratamientos como se indica a continuación:

**Sequestrene 330**-----Testigo 2, producto comercial probado,  
Aplicado a 6 plantas.

**Superquelato** ---- Tratamientos 1,2,3,4,5, a diferentes  
Concentraciones, 6 plantas cada  
Tratamiento.

La aplicación de los tratamientos se hizo utilizando un rociador de mano, haciendo primero la mezcla del producto a aplicar con agua (descritas en el cuadro No.3), en botes de 1 lt.; después se aplicaron empezando con la concentración más baja (la del tratamiento 1)

y así sucesivamente hasta el tratamiento 5, así como también para el tratamiento de Sequestrene 330. Tomando en cuenta no asperjar una concentración con otra; por ello se utilizaron mantas de plástico para cubrir los demás tratamientos, mientras se aplicó en cada uno de los tratamientos. Las fechas de aplicaciones de los productos mencionados se muestran en el cuadro No:5.

En lo referente al suministro de la solución, se hizo cada tercer día, correspondiente a la solución madre sin "Fe" (36plantas) y solución madre completa, para rellenar el déficit de todas las macetas; además de revisar que todas ellas se estuvieran oxigenando equitativamente en la solución por medio de las llaves de paso de cada maceta.

Cuadro No: 5. Fechas de Aplicación de Productos por Evaluar.

<b>APLICACIONES</b>	<b>FECHA</b>	<b>DIA</b>
1ra	12 de Abril / 98	Domingo
2da	22 de Abril / 98	Miércoles
3ra	5 de Mayo / 98	Martes
4ta	20 de Mayo / 98	Miércoles
5ta	7 de Junio / 98	Domingo
6ta	26 de Junio / 98	Viernes

7ma	14 de Junio / 98	Martes
-----	------------------	--------

Una vez establecido el experimento, se realizó la poda que consistió en eliminar todos los tallos secundarios (ramitas) hacia abajo de la primera bifurcación. Es importante que después de esta poda, se tome en cuenta que debe darse un espacio entre "ramita" cortada y el tallo principal, es decir, dejar un "tronconcito", dejando que este se seque y una vez seco retirarlo completamente; evitando así heridas al tallo principal y con ello entradas de patógenos. Además de lo anterior, se tuvo que asperjar con fungicida ( Benomil diluido en agua 1 gr/lit), para prevenir problemas por hongos, por las posibles heridas.

Otra práctica que se dió fue el "tutoreo," que se llevó durante el desarrollo del cultivo; el sistema que se propuso fue el regional modificado, ya que se adapta mejor a las condiciones del invernadero y para la especie con la que se trabaja; esta práctica se realizó en los finales del mes de Mayo del mismo año.

El control fitosanitario se realizó previendo plagas y enfermedades, con la aplicación de productos químicos para su control (Cuadro No:6). Hay que mencionar que durante el presente trabajo, no se tuvieron plagas o enfermedades de importancia que afectaran en mayor grado a nuestro cultivo,

sin embargo, se hicieron algunas aplicaciones preventivas y otras para control, en lo referente a las preventivas se aplicó contra hongos, productos fúngicos en el tallo y el follaje (contra tizón en el follaje y fusarium en el tallo), y en lo referente al control se aplicó Metaminophos contra mosquita blanca, que sólo se presento al final del cultivo. Las aplicaciones de los productos químicos utilizados en el presente trabajo se presentan en cuadro No. 6.

Hay que tomar en cuenta que el sistema se tuvo que estar checando constantemente, por alguna posible deficiencia de otro elemento en las plantas; como sucedió durante el proyecto con la deficiencia de "Ca," que se presentó en los primeros frutos amarrados de las plantas. Por ello se hicieron aplicaciones oportunas con Nitrato de Calcio, a una concentración de 1gr / lt de agua, asperjado vía foliar (cuadro No:7), evitando así que los frutos posteriores ya no tengan esta deficiencia.

Cuadro No: 6. Aplicación de Agroquímicos.

FECHA:	CONCEPTOS Y CONCENTRACIÓN
9 Mayo / 98	Aplicación de fungicida en la base del tallo de la planta (donde se encuentra la esponja).  Benomil 1gr / lt de agua  Aplicado 1cc por planta
5 de Junio / 98	Aplicación contra mosquita blanca  Metaminophos

	1cc / lt , aplicado al follaje
10 de Junio / 98	Aplicación de fungicida en la base del tallo de la planta. Agrimycin 100, 1gr/lt de agua; 2cc por planta.
30 de Junio / 98	Aplicación de fungicida en la parte aérea Agrimycin 100, 1gr/lt de agua Asperjado al follaje
13 de Junio / 98	Aplicación de fungicida en la parte aérea Agrimycin 100, 1gr /lt de agua Asperjado a la planta
9 de Agosto / 98	Aplicación de Fungicida en la base del tallo de la planta. Sultrol 1cc / lt de agua 2cc por planta.

Las características de esta deficiencia, se presentaron con una pudrición de color café oscuro en el ápice del fruto recién amarrado, por ello los frutos con esta pudrición ya no se tomaron en cuenta.

Cuadro No: 7. Aplicaciones de Nitrato de Calcio para la Deficiencia de Calcio.

APLICACIONES	FECHA	CONCENTRACIÓN
1ra	23 de Mayo / 98	1 g/ lt de agua + 1cc Bionex

2da	15 de Junio / 98	1/2 g/lit de agua + 1 cc Bionex
3ra	9 de Junio / 98	1/2 g/lit de agua + 1 cc Bionex
4ta	7 de Agosto / 98	1/2 g/lit de agua + 1 cc Bionex

**Observaciones:** Otro punto muy importante que hay que hacer mención es la observación constante de la manguera de oxigenación, que no tenga fugas o estén tapadas, es decir, observar que sea equitativa la oxigenación para todas, ya que si llegara a faltar oxígeno en la solución, las plantas pronto entrarían en estrés y si es muy largo el tiempo, puede causar marchites permanente. Por ello es necesario, que no falte el aire en la solución para mantener en constante movimiento el líquido y tenga oxígeno la planta.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **Altura de Planta.**

La Altura de Planta mostró una diferencia estadística ( $p>f$ ) altamente significativa, y los resultados se muestran en la figura No. 1. Donde las plantas que alcanzaron mayor crecimiento (en cm) fueron las del tratamiento con la mayor concentración de superquelato, aplicada a una dosis de 5cc/lit., y las plantas con menor crecimiento fueron, el testigo, sequestrene 330 (1gr/lit.) y Superquelato a 1cc/lit.

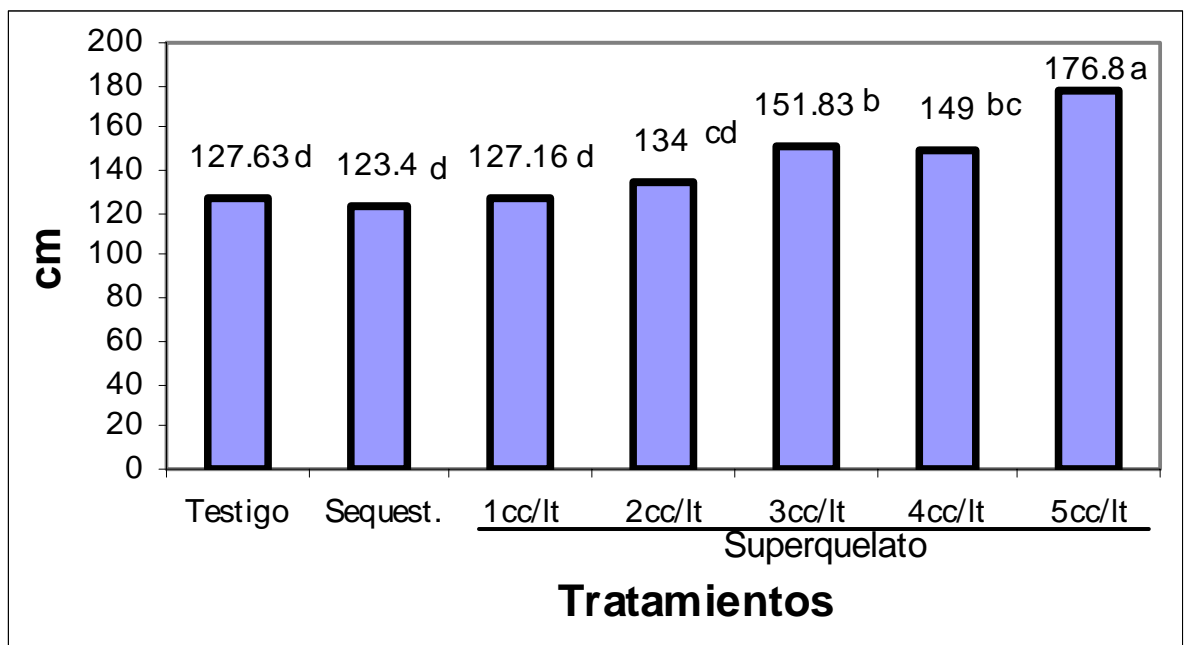


Figura No: 1. Altura en cm de Plantas de Tomate. Donde el CV = 9.7;

DMS = 16.11; Nivel de Significancia = 0.05.

La diferencia de crecimiento del tratamiento Superquelato a 5cc/lit, con respecto a los demás; podría ser la concentración del producto aplicado, ya que la planta de tomate de crecimiento determinado se comportó como planta de hábito semindeterminado ó indeterminado a dosis mayores del producto; esto podría ser la causa de la diferencia de crecimiento. Las dosis que corrigieron

mejor la deficiencia de fierro fueron, 3cc/lit, 4cc/lr y 5cc/lit de superquelato aplicado foliarmente. La dosis de 1cc/lit no corrigió la deficiencia y a 2cc/lit sólo parcialmente. Por otro lado, no existen evidencias de que los quelatos de Fierro (Fe), a parte de corregir la deficiencia, "rompan" el hábito de crecimiento de las plantas, en este caso en el cultivo de tomate. Este comportamiento de crecimiento, corresponde más a la expresión de la planta provocada por la aplicación de los reguladores de crecimiento como AG<sub>3</sub> (Acido Giberélico).

Weaver (1976) asentó que, el efecto más notorio de asperjar plantas con giberelinas, es la estimulación del crecimiento por el efecto sobre la plasticidad celular. Los tallos de las plantas asperjados se vuelven generalmente más largos de lo normal. La aplicación de giberelinas a los tallos produce un incremento pronunciado de la división celular en el meristemo subapical y provoca el crecimiento rápido de muchas plantas arrosadas; puede terminar con el reposo de las semillas de muchas especies; puede provocar la floración de muchas especies. En muchas plantas, la dominancia apical se realza mediante el tratamiento con giberelinas, así también incrementa el tamaño de muchos frutos jóvenes.

### **Longitud de Entrenudos.**



Para esta variable los resultados obtenidos, mostraron que existe una diferencia estadística ( $p > f$ ) altamente significativa. Estos resultados se muestran en la figura No. 2, donde se observa que el tratamiento que obtuvo una mayor longitud de entrenudos fue el testigo, seguido del tratamiento con la dosis de 5cc/lt de superquelato y en este caso el de menor longitud fue el superquelato a 1cc/lt.

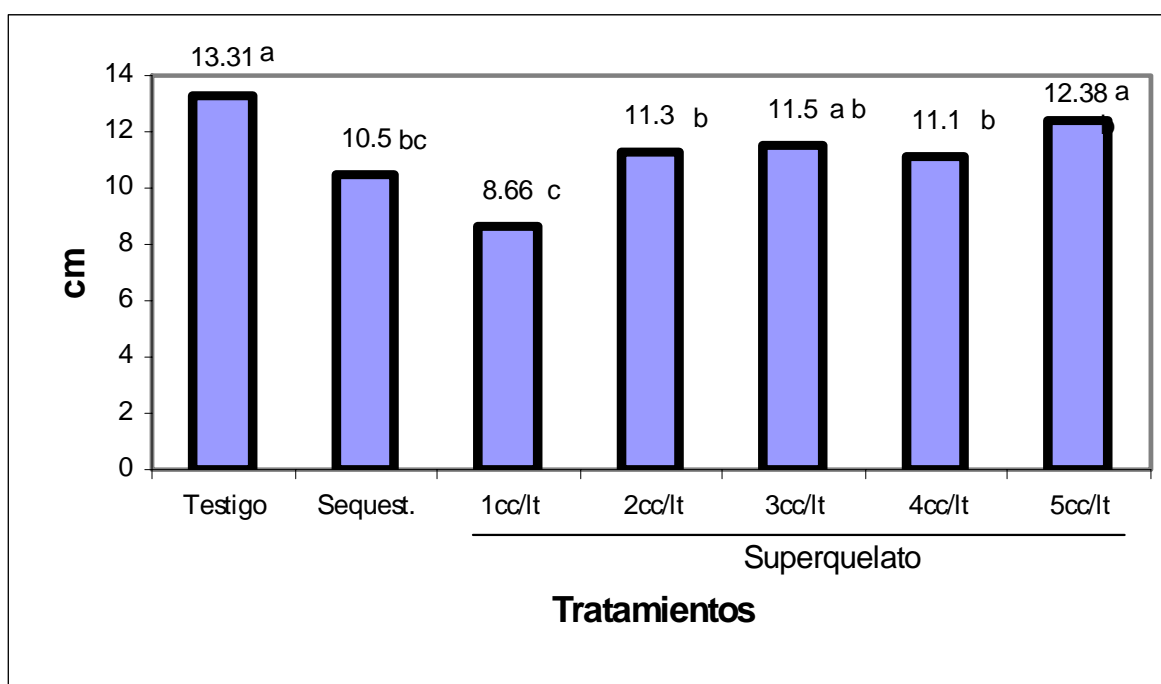


Figura No: 2. Longitud de Entrenudos (en cm) de Planta de Tomate. Donde el CV = 14.68; DMS =1.94; Nivel de Significancia =0.05.

Una posible causa del porqué la poca longitud de entrenudos de las plantas de este tratamiento (a 1cc/lt), sería por el reducido crecimiento de la

planta a causa de la deficiencia del elemento, ya que este tratamiento no logro corregir ésta deficiencia y por tanto se obtuvieron plantas con características de la deficiencia típica de este elemento. Por el contrario las plantas de los otros tratamientos con dosis mayores, obtuvieron longitudes de entrenudos similares al testigo.

Hewitt (1963), menciona que el efecto más característico de la deficiencia de fierro es la falla para producir clorofila en hojas jóvenes.

Por otro lado Brown y Possinghan (1959), citado por Tisdale y Nelson, 1970, mencionan que la clorosis se extiende a otros tejidos hasta que la planta completa se torna amarilla, amarillo pálido, o hasta marfil o blanco con un crecimiento reducido en general.

### **Número de Entrenudos.**

El número de entrenudos también fue altamente significativa ( $p > f$ ), los resultados se muestran en la figura No. 3. En la cual se puede observar que el tratamiento con mayor número de entrenudos, es la dosis de superquelato a 5cc/lit, y el que obtuvo menos entrenudos fue el testigo.

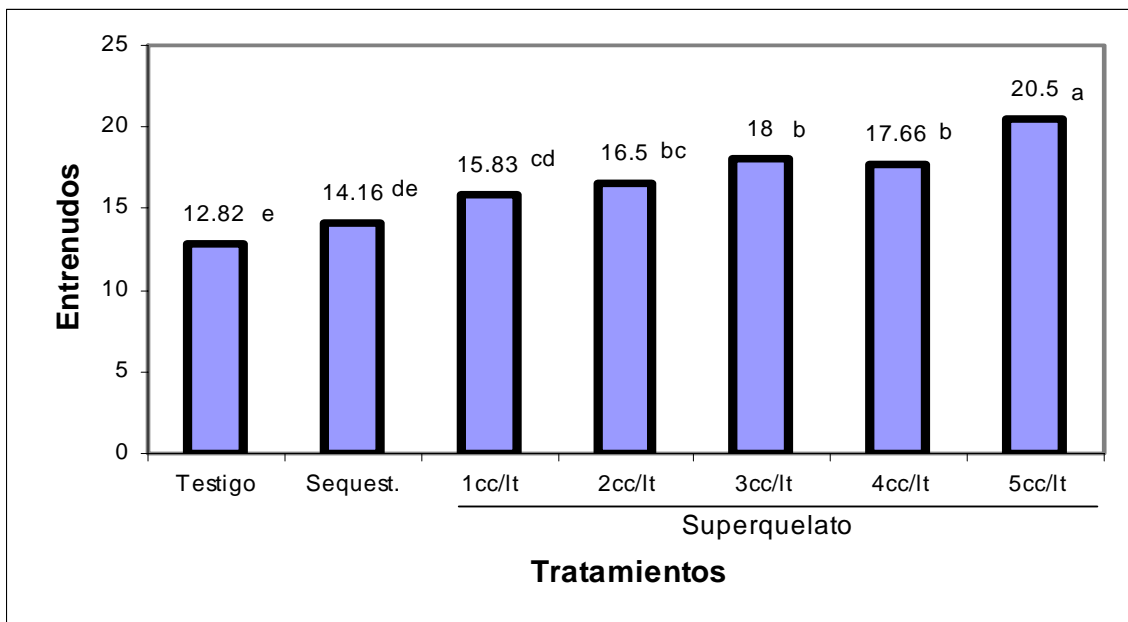


Figura No: 3. Número de Entrenudos en Plantas de Tomate. Donde el CV = 8.84; DMS = 1.714; Nivel de Significancia = 0.05.

En esta figura se puede observar como el número de entrenudos se va incrementando proporcional a la dosis del producto; es decir, que a mayor dosis del producto se obtuvieron mayor número de entrenudos. Esto se puede atribuir al hecho de que el producto contiene algún regulador de crecimiento, que hace que la planta tenga un mayor desarrollo y con ello un mayor número de entrenudos para seguir creciendo. De antemano se sabe que cualquier producto aplicado que contenga citoquinina o algún regulador de crecimiento, hace que la planta tenga mayor crecimiento. Pero aún no se tiene información de que algún producto quelatado tenga efectos sobre el hábito de crecimiento de las plantas, en este caso el tomate.

Polina (1989), menciona que las hormonas son definidas como sustancias orgánicas que se sintetizan en algún lugar del organismo y que actúan como mensajero al ser transferidas a otro sitio, el cual a bajas concentraciones influyen sobre un fenómeno fisiológico específico. Se podría considerar en forma elemental, que los fenómenos de crecimiento y de desarrollo están siendo controlados, primeramente por la acción de cinco principales grupos de fitohormonas: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscisico y etileno.

Wearing (1981), señala que las giberelinas incrementan la longitud de entrenudos, pero no el número de ellos. Incremento longitudinal debido al alargamiento y división celular.

Rondawa, (1974) establece: la elongación del tallo principal, como formación del número de ramas laterales puede ser estimulada con la aplicación de ácido giberélico y ácido naftalenacético.

Para el caso de los resultados de este trabajo no coinciden con lo que menciona Wearing (1981), ya que el producto además de ocasionar el crecimiento de la planta, también hizo que ésta tuviera más número de entrenudos a dosis mayores del producto.

### Diámetro del Tallo.

Con una diferencia altamente significativa ( $p > f$ ) entre los tratamientos, figura No.4.

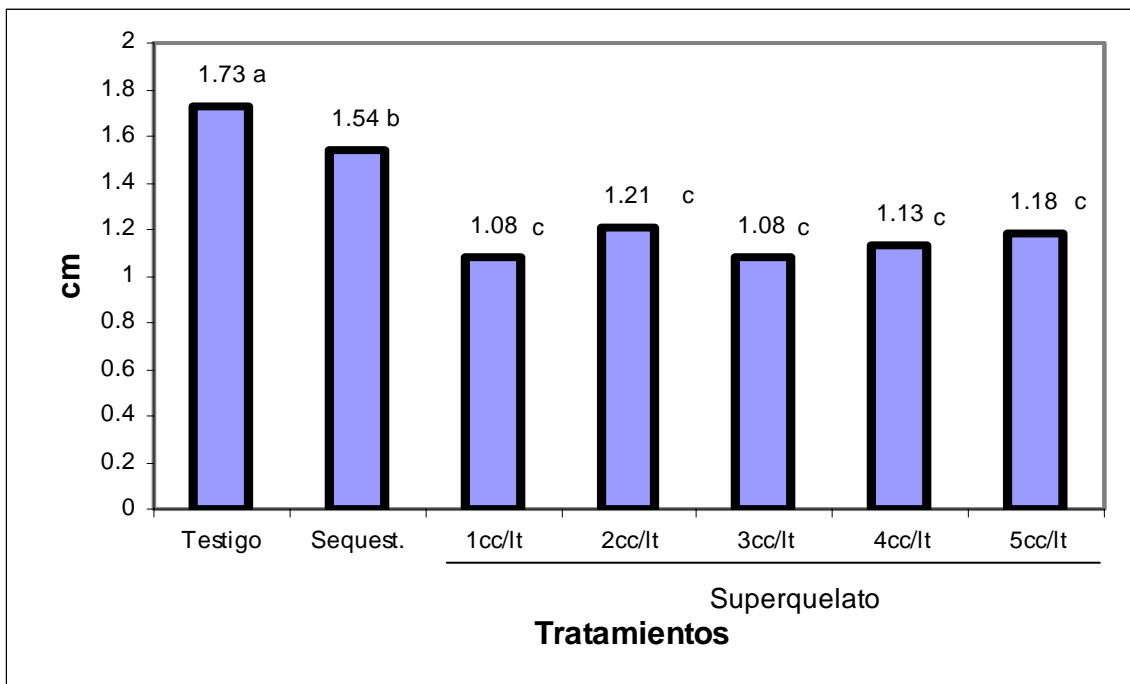


Figura No: 4. Diámetro del Tallo (en cm) de Planta de Tomate. Donde el  $CV = 10.29$ ;  $DMS = 0.1549$ ; Nivel de Significancia = 0.05.

Donde el mayor diámetro de tallo en plantas fue el testigo y en las plantas donde se le aplicó el sequestrene 330; por el contrario, a las plantas que se les aplicó el superquelato muestran un diámetro de menor tamaño.

Para explicar el porqué del diámetro menor de las plantas de los tratamientos a concentraciones de 2cc, 3cc, 4cc y 5cc por litro, en comparación con el testigo y el tratamiento aplicado con sequestrene 330 (1gr/lt), es porque la planta es de crecimiento determinado, pero al aplicar un producto foliar que contenga reguladores de crecimiento, "rompe" el hábito haciendo crecer a la planta en cuanto a altura, tendiendo a cambiar el hábito a semideterminado.

Sin embargo, el producto no fue utilizado con la finalidad de romper el hábito de las plantas, sino de corregir la deficiencia del elemento "Fe", y en estos tratamientos si se logro corregir; no así para el tratamiento donde se aplicó el superquelato a 1cc/lt; donde no se logró corregir, teniendo plantas con características propias de la deficiencia del elemento.

Rojas, (1979) y Weaver, (1984). Mencionan que dentro de los mecanismos de acción de las giberelinas, estas provocan cambios a nivel genético. En la actualidad se piensa que las giberelinas modifican el RNA, producido en los nucleótidos, y así pueden ejercer su control sobre la expansión celular, así como sobre otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal.

Rojas, (1982). Señala que las giberelinas modifican el mensaje genético que lleva el RNA, cuando faltan se presenta el síntoma típico de la falla de amilasa en la planta, enzima que desintegra el almidón, lo cual permite utilizarlo para obtener energía.

### Cm de Solución Nutritiva Gastados.

El consumo de Solución nutritiva expresado en  $\text{cm}^3$ , también fue diferente, según el análisis estadístico ( $p > f$ ) figura NO.5.

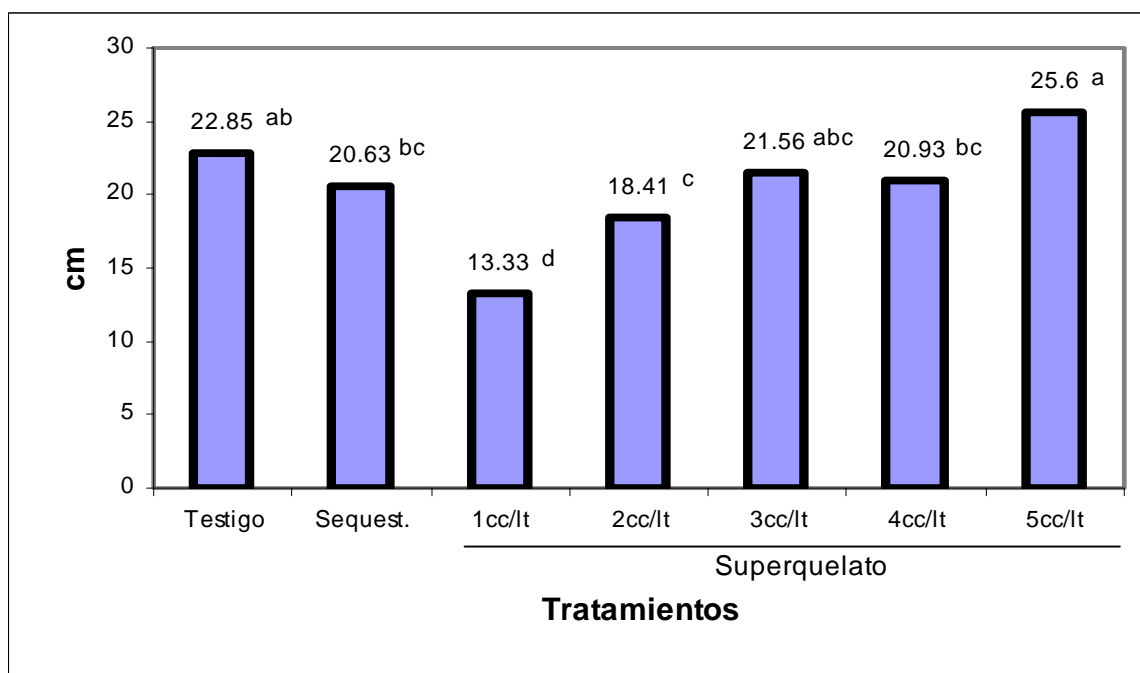


Figura No: 5. Consumo de Solución Nutritiva en Plantas de Tomate.

CV = 12.06; DMS = 4.32; Nivel de Significancia = 0.05.

Se puede observar que el tratamiento con mayor gasto de solución fue el tratamiento con mayor dosis de aplicación (5cc/lit) del superquelato, comparativamente con los otros tratamientos donde se aplicó este quelato, y el de menor gasto fue el de la dosis de 1cc/lit.

También se puede observar que el testigo y el tratamiento donde se aplicó el sequestrene 330 tienen un consumo de solución similar.

Por lo anterior esta variable tiene relación con las otras, ya que si relacionamos el consumo de la solución con altura, longitud y número de entrenudos existe una relación directa, es decir, el mayor consumo fue de las plantas más altas con mayor número y longitud de entrenudos.

Podría decirse que esto es lógico ya que a mayor tamaño de una planta vigorosa se absorbe mayor cantidad de solución nutritiva; por el contrario, hay una menor absorción en una planta deficiente y de menor tamaño ya que no realiza sus funciones eficientemente.

Weaver, (1984). Señala que las giberelinas también pueden estimular la expansión celular, ya sea incrementando el contenido de auxinas en la planta y transportándola a su lugar de acción o por hidrólisis del almidón resultante de la producción de alfaamilasa generada por la giberelina, pudiendo incrementar la concentración de azúcares y elevando así la presión osmótica en la savia celular de modo que el agua entra a la célula, y tiende a expandirla.



### Número de Racimos Florales.

El número de racimos florales, muestran que se obtuvo una diferencia estadística ( $p > f$ ) altamente significativa en los tratamientos, figura No. 6.

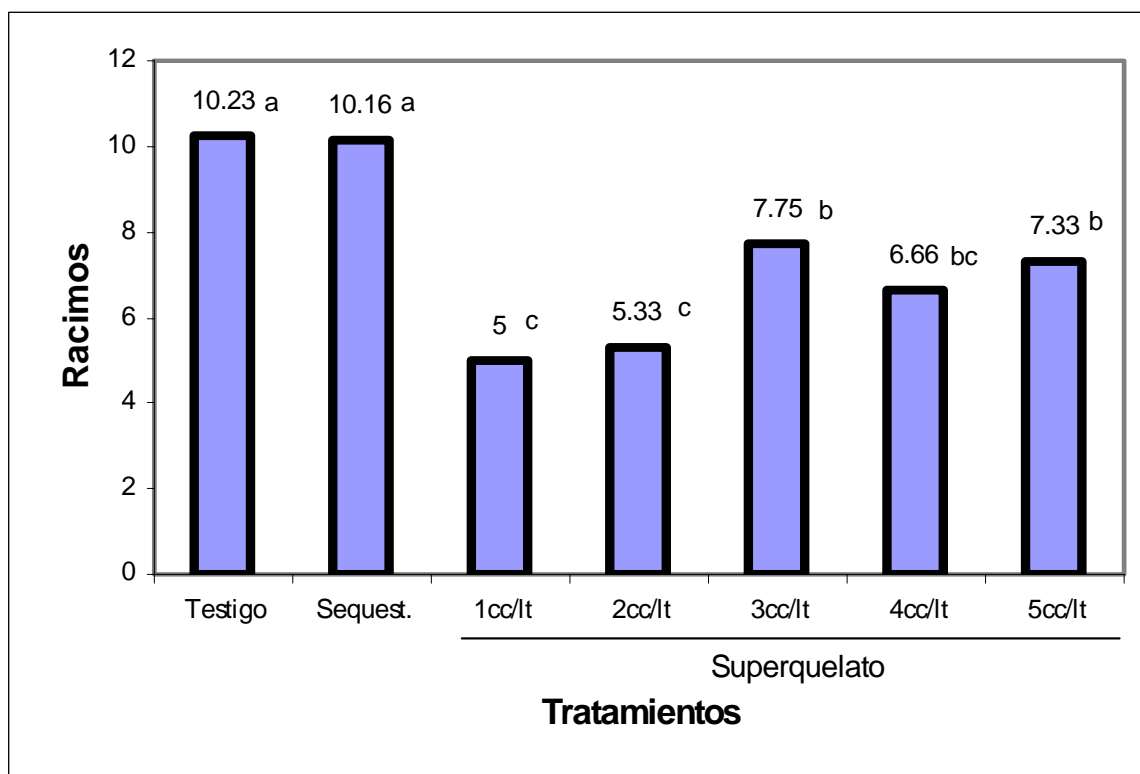


Figura No: 6. Número de Racimos en Plantas de Tomate. Donde el

CV = 17.98; DMS = 1.59; Nivel de Significancia = 0.05.

En esta figura se puede observar que el tratamiento que obtuvo un mayor número de racimos florales fue el testigo (solución nutritiva completa), y los de menor fueron en este caso, los tratamientos con dosis de 1cc/lit y 2cc/lit. de superquelato.

Pero se puede decir que comparando el testigo con el tratamiento al que se le aplicó Sequestrene 330 (1gr/lit), no hubo mucha diferencia entre ambos, pero sí entre los tratamientos a los que se les aplicó superquelato; que estuvieron bajos con respecto al testigo y al sequestrene 330. Podría decirse que teniendo una mayor altura de planta se obtendrían un mayor número de racimos florales, como es el caso ocurrido en la variable altura, donde los tratamientos que obtuvieron mayor crecimiento fueron a los que se les aplicó el superquelato. Sin embargo, no se dio el caso, ya que los tratamientos con mayor número de racimos florales fueron el testigo y el sequestrene 330 (1gr/lit).

Zuolaga, A., (1967), menciona que cuando el medio ecológico es adverso para el desarrollo de las plantas, la aplicación de  $AG_3$ , produce un marcado aumento en la velocidad del crecimiento. Los efectos de  $AG_3$  en el estímulo del crecimiento de las plantas, puede deberse a un aumento en el número de divisiones mitóticas, o bien a la presencia de ambos fenómenos.

### **Número de Flores por Planta.**

Esta variable se evaluó tomando sólo aquellas flores que estuvieran en plena floración, es decir, aquellas que estuvieran abiertas y con un color amarillo intenso. Los resultados obtenidos muestran que existe diferencia estadística ( $p > f$ ) altamente significativa entre los tratamientos; estos se muestran en la figura No. 7.

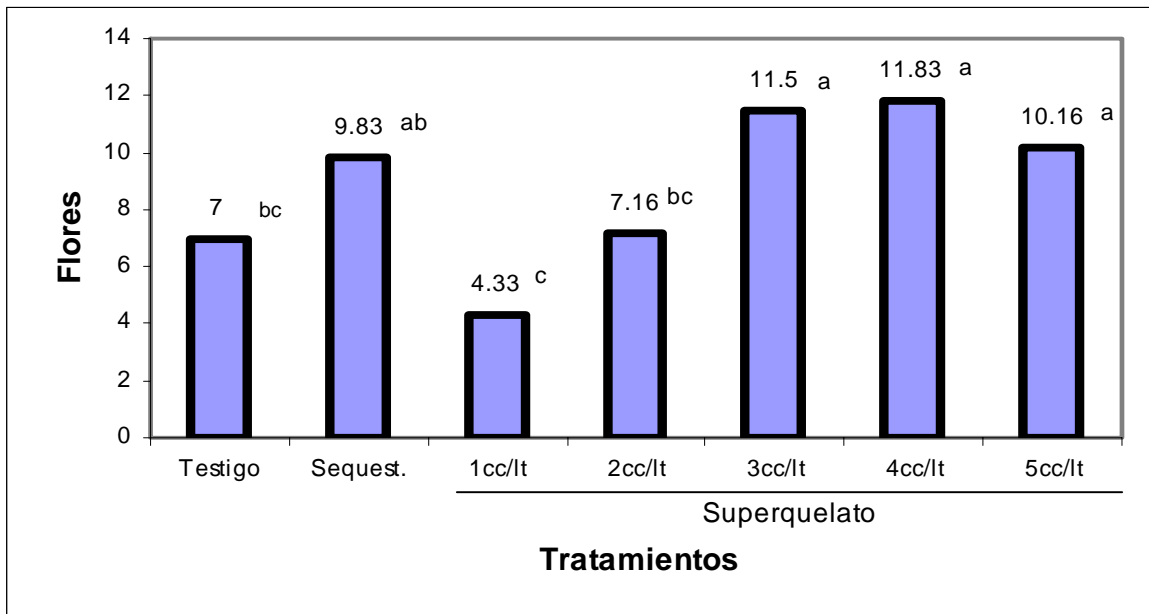


Figura No: 7. Número de Flores por Planta de Tomate. Donde el

C.V. = 28.90, DMS = 2.99; Nivel de Significancia = 0.05

En esta figura se observa que hubo mucha diferencia entre los tratamientos, ya que los tratamientos con mayor número de flores promedio fueron a los que se les aplicó las dosis de 3cc, y 4cc/lit de superquelato, seguidos por el tratamiento de la mas alta dosis de superquelato ( a 5cc/lit). Por el contrario los tratamientos más bajos fueron el superquelato a 1cc/lit y el testigo. Sin embargo, esto no está bien establecido ya que se pudo observar que entre los tratamientos no se tuvo una floración igual, es decir, no todos florecieron al mismo tiempo y a todos se les tomó los datos en la misma fecha.

Sin embargo, no se puede tomar como explicación para la dosis de 1cc/lit de superquelato, donde se observó que durante el ciclo tuvo una raquítica producción de flores, así como a ocurrido con las otras variables, donde solo presenta características de una planta con deficiencia.

James, (1967) indica que las giberelinas, como las auxinas, provocan el alargamiento de las células, especialmente en los tallos primarios. Estimulan en la germinación y terminación de la latencia; provocan la floración prematura en plantas bianuales.

Rojas, (1982) señala que las giberelinas aplicadas, aceleran la germinación de semillas, y rompen el letargo en yemas y la floración de especies de días largos en días cortos.

### **Número de Frutos Amarrados por Planta.**

Para esta variable se tomaron aquellos frutos que estuvieran "amarrados" por planta y por evaluación. En la figura No. 8 nos muestra los resultados obtenidos para esta variable, siendo que existe una diferencia estadística ( $p > f$ ) altamente significativa entre los tratamientos.

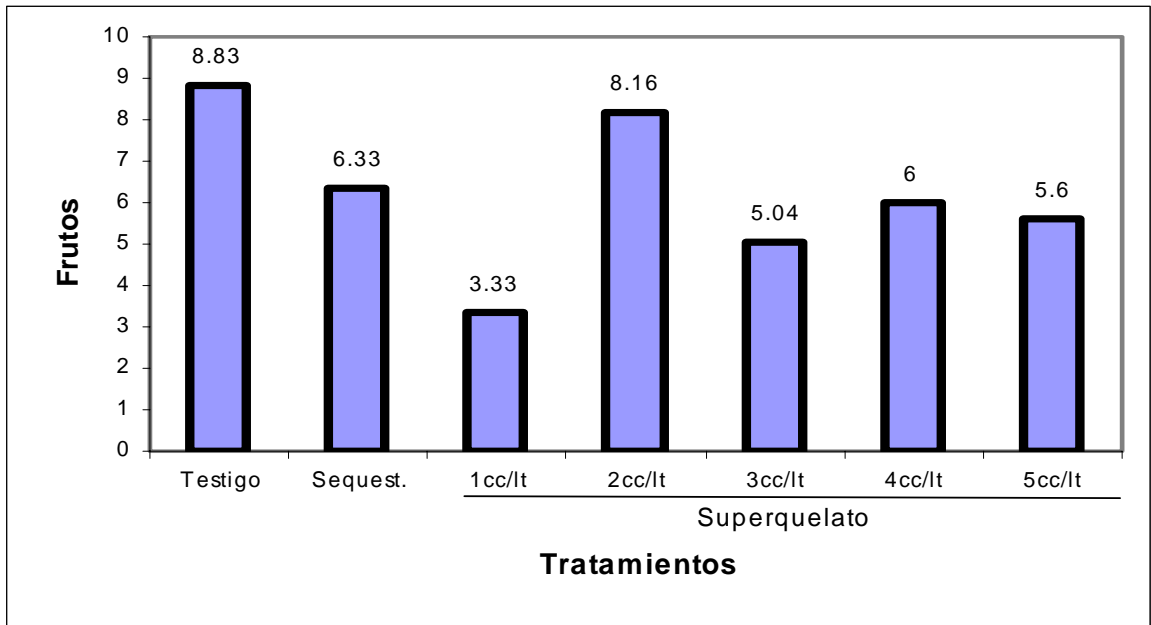


Figura No: 8. Número de Frutos por Planta de Tomate.

Se tiene que el tratamiento que obtuvo un mayor número de frutos amarrados fue el testigo y el menor el tratamiento con la dosis de 1cc/lit.

Hay que mencionar que hubo muy poco amarre del fruto, porque se observó que el producto tiene fitotoxicidad al hacer las aplicaciones foliares; con esto no queremos decir que sea el producto el causante; ya que se aplicó algunas veces casi en plena floración o después de esta; además de que las condiciones de alta temperatura y el manejo no ayudaron al amarre del fruto, teniendo flores abortadas y quemadas.

Kamara, (1999) establece que la base fundamental para la aplicación de productos quelatantes, hay que considerar el estado de desarrollo (fenológico) del cultivo en relación a la producción de biomasa. Las cantidades del producto se aplican de menor a mayor conforme a esta producción de biomasa y del rango de dosis (menor a mayor) para cada momento de aplicación.

También es de suma importancia recordar que la aplicación de los productos como fuente de nutrientes, tanto en el suelo como vía foliar se requiere conocer los niveles promedio mínimo y máximo del nutriente en relación con la fenología del cultivo, conocer los niveles promedio mínimo y máximo de materia seca en relación con la fenología del cultivo, conocer el nivel actual del nutriente en relación con la fenología del cultivo, observar no dañar alguna etapa fenológica del cultivo que repercuta en el rendimiento ó fitotoxicidad del cultivo y conocer las causas principales de la deficiencia.

### **Peso Promedio del Fruto.**

Para esta variable no se aplicó diseño estadístico, solo se tomaron los valores para presentar cuál de los tratamientos tuvo mejor calidad del fruto en promedio. Estos resultados se muestran en la figura No. 9.

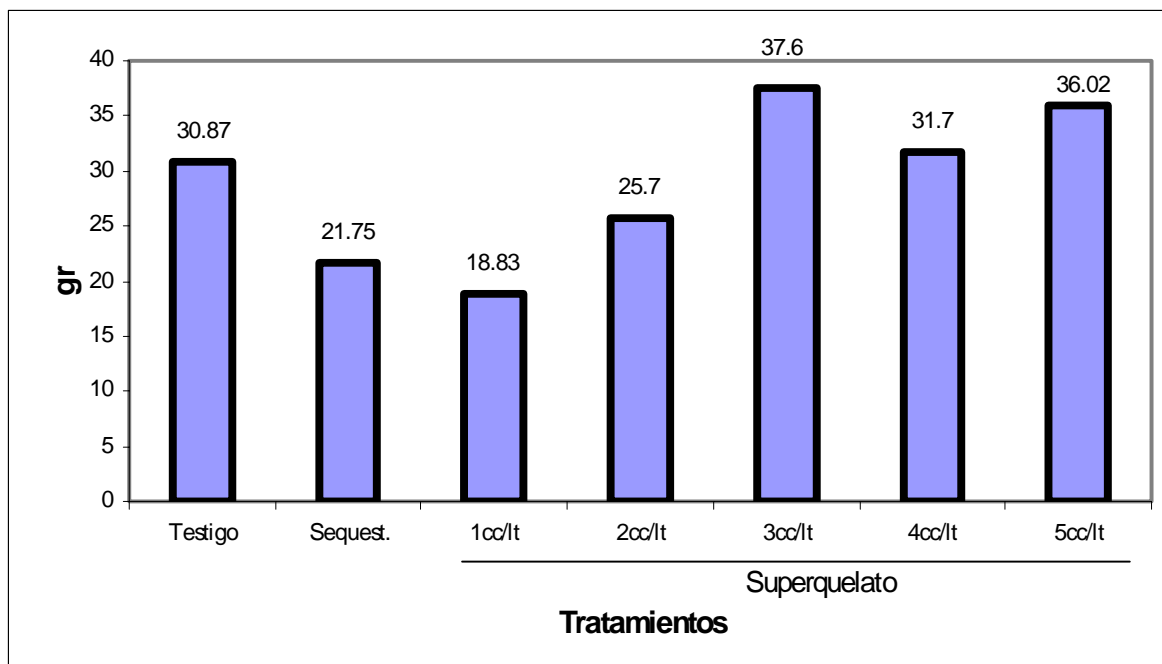


Figura No: 9. Peso Promedio del Fruto en Plantas de Tomate.

La mejor calidad del fruto medida como peso promedio se obtuvo en el tratamiento con la dosis de superquelato a 5 cc/lit, con un peso de 38.92 gr, mientras que la aplicación de superquelato a 1.0 cc/lit, presento los frutos más pequeños con pesos de 18.83 gr. Por otro lado, el testigo mostró un peso promedio de esta variable de 30.87 gr. por fruto.

Estas diferencias se correlacionan directamente con las otras variables ya mencionadas como son altura de planta, longitud de entrenudos, número de entrenudos; que nos muestran el desarrollo de la planta, y de tal forma que las plantas más fuertes y con mejor vigor nos den frutos de mejor tamaño.

Esta es una respuesta proporcional que nos indica que las plantas con menos deficiencias tendrán mejor tamaño en sus frutos, por el contrario plantas deficientes no tendrán buenos frutos; como es el caso del tratamiento con dosis bajas de superquelato a 1cc/lit, que es una planta deficiente y sólo tiende a utilizar sus energías para sobrevivir.

Mascareño, (1987) cita: la fertilización foliar en tomate, tiene el propósito fundamental de corregir rápidamente las deficiencias nutricionales de carácter temporal y determinó que para la exitosa fertilización foliar es necesario de factores sobre el particular dosis pH de la solución, solubilidad y concentración de sales.

Fitzpatrick, (1984) menciona que los problemas nutrimentales se caracterizan por un desequilibrio en el desarrollo y fructificación de las plantas, causadas por deficiencias o excesos de nutrimentos agregados al suelo o al follaje, los cuales se reflejan directamente en la calidad y producción de los frutos.

Devlin, (1980) indica que es común que las giberelinas sean buenas productoras de la fructificación partenocárpica y que, en muchos casos, presentan una actividad más elevada que la auxina natural. Es seguro que las giberelinas naturales y las sustancias del tipo de la giberelina desempeñan un papel de máxima importancia en el desarrollo del fruto en condiciones naturales.



### Rendimiento Promedio del Fruto en Kg por Planta.

Para esta variable no se aplicó el diseño estadístico; por tanto solo se muestran los pesos (promedio en Kg) por tratamiento, para determinar el rendimiento, Figura No:10.

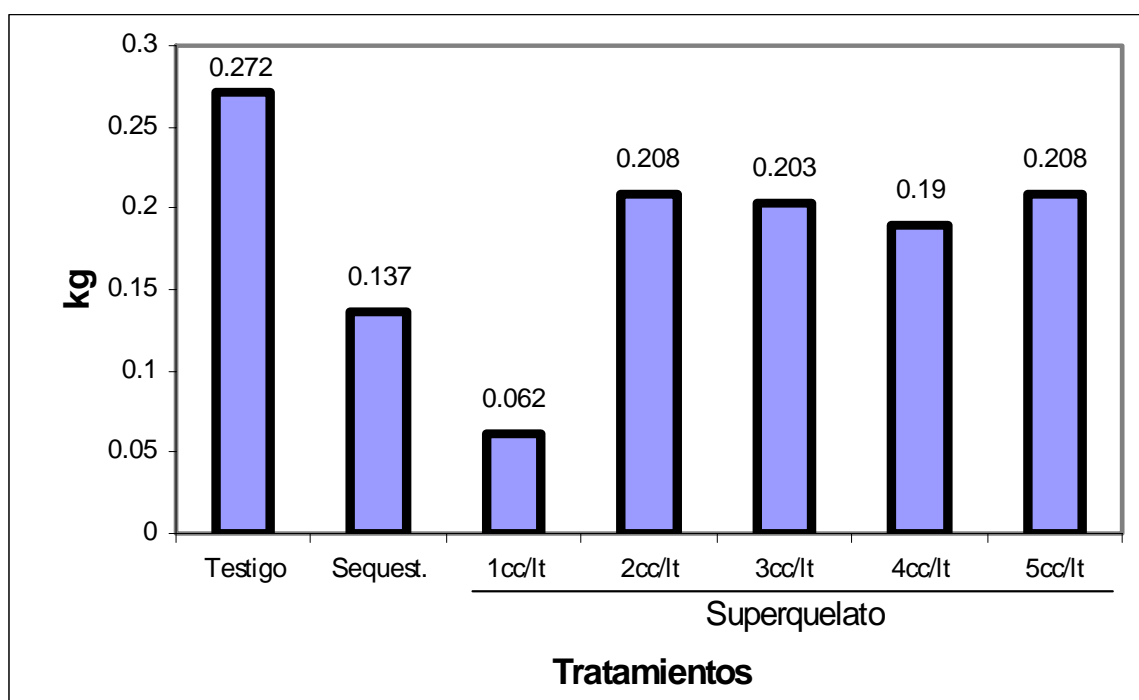


Figura No: 10. Rendimiento (en Kg) por Planta de Tomate.

Donde se puede observar que el testigo tiene un mejor rendimiento en comparación con los otros tratamientos, siendo este peso de 0.272 kg y el de menor fue de 0.0621 Kg, correspondiendo a el tratamiento con la concentración de 1cc/lit de superquelato.

Hay que destacar que los otros tratamientos donde se les aplicó el superquelato a dosis de 2cc, 3cc, 4cc y 5cc/lit tuvieron rendimientos por encima del tratamiento donde se le aplicó el sequestrene 330 (1gr/lit), siendo entre ellos similares; sin embargo, no fueron más allá del testigo.

Calderón, (1983) menciona que no es posible en la práctica obtener buenos rendimientos si no se ponen a disposición de los árboles, cantidades de nutrientes en forma suficiente, para que estos puedan realizar un buen desarrollo y metabolismo que repercuta en grandes producciones de frutas. Por otro lado, Pasternak, Twerky y Malach, (1979), citados por Caporal, (1996), mencionan que los componentes del rendimiento están determinados por los procesos fisiológicos de la planta, que a su vez son afectados por las condiciones a las que se encuentra sometida. El resultado fisiológico de una planta, según Megel y Kirkby, (1995) , está determinado por la interacción y su medio ambiente.

### **Análisis Foliar NPK y Fe.**

Para la interpretación de estos datos no se utilizó diseño estadístico, solo se utilizaron los datos del análisis foliar hechos en laboratorio en base a muestras de los tratamientos. Este análisis se hizo para determinar el porcentaje de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Hierro (Fe), en partes por millón (ppm) de las muestras; estos resultados se pueden ver en las siguientes figuras, 11, 12, 13 y 14.

En la figura No. 11 se presentan con los niveles de Nitrógeno (N), donde se observa que no hay mucha diferencia entre los tratamientos, pero se pueden ver los niveles más representativos; teniendo como máximo el tratamiento con la dosis de 4 cc/lit y como mínimo el sequestrene (1g/lit) y el tratamiento con la dosis de 3cc/lit de superquelato.

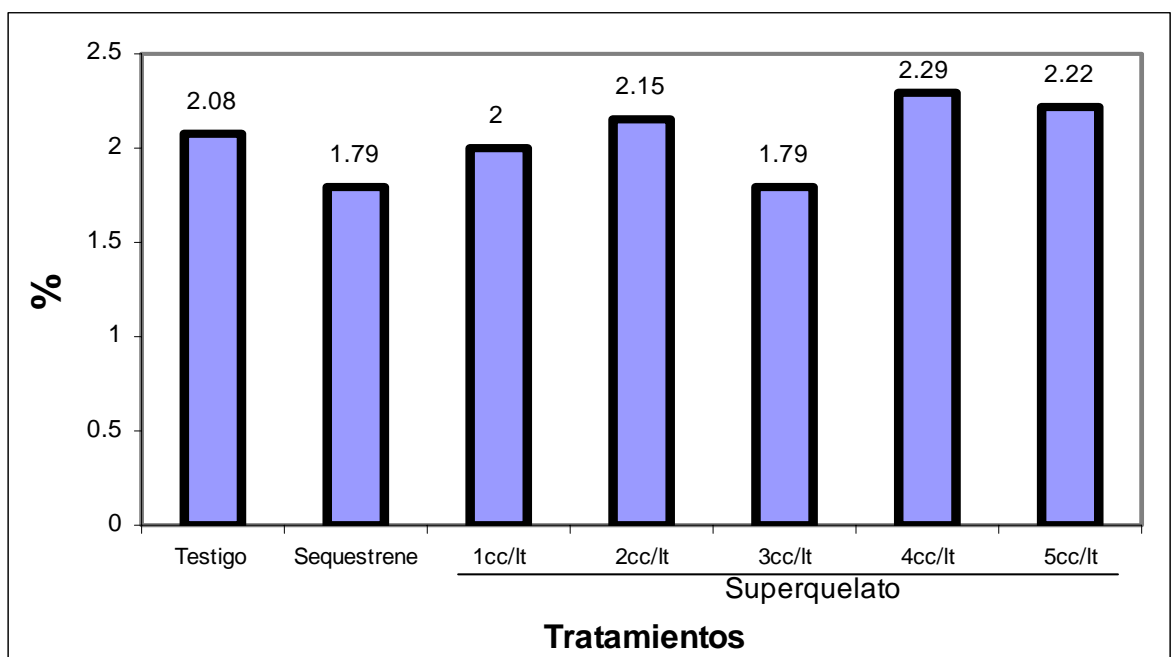


Figura No: 11. Partes por Millón de Nitrógeno en Materia Seca de Tomate en Fructificación.

Burgueño, (1998) cita en un estudio realizado en extracciones totales de elementos minerales en el cultivo de tomate en la temporada 1993-1994, en el valle de Culiacán, Sin. Tuvo un valor de NO<sub>3</sub> (en Kg) de 0.2, en una tonelada de tomate.

Los niveles de Fósforo los podemos observar en la figura No.12; donde el análisis nos muestra que el tratamiento con la dosis de superquelato a 5cc/lt, tiene la más alta concentración de fósforo; también se presenta el tratamiento con la dosis de 1cc/lt de superquelato que tiene el porcentaje de fósforo más bajo. Por otro lado el testigo presenta un porcentaje de éste elemento de 0.114 ppm, siendo este dato intermedio entre los dos tratamientos anteriores.

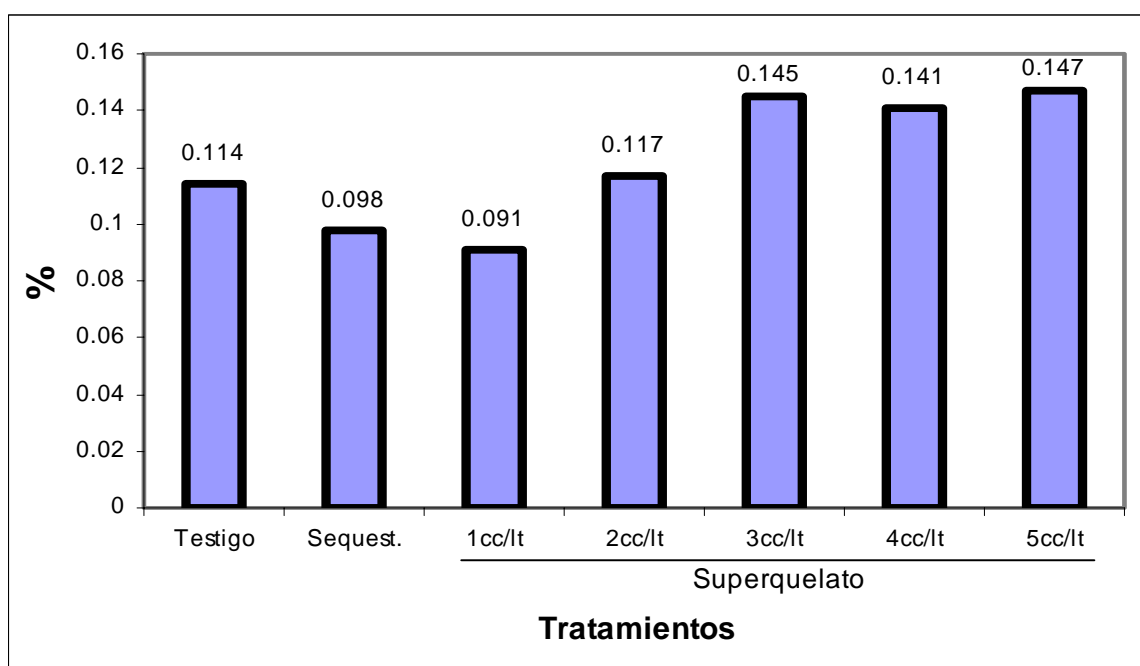


Figura No: 12. Partes por Millón de Fósforo en Materia Seca de Tomate en Fructificación.

Burgueño, ( 1998) en un estudio realizado con extracciones totales de elementos minerales en tomate en la temporada 1993-1994, en el valle de Culiacán Sin. Tuvo un valor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (en Kg) de 0.42, en una tonelada de tomate.

El porcentaje de potasio es presentado en la figura No. 13, donde se observa que hay mucha diferencia en cuanto a la cantidad de este elemento, ya que el sequestrene 330 tiene mayor cantidad de potasio, teniendo un valor de 4.61 ppm; y el más bajo es el tratamiento con la dosis de 5cc/lt de superquelato, siendo este valor de 3.8 ppm.

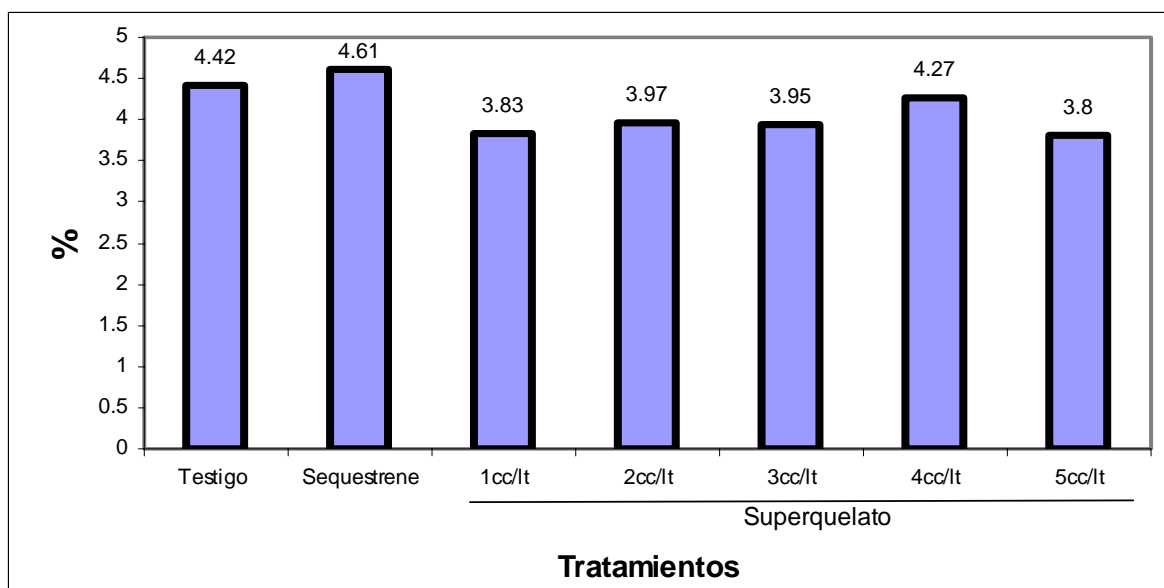


Figura No. 13. Partes por Millón de Potasio en Materia Seca de Tomate en Fructificación.

Burgueño, ( 1998) en un estudio realizado con extracciones totales de elementos minerales en tomate en la temporada 1993-1994, en el valle de Culiacán Sin. Tuvo un valor de K<sub>20</sub> (en Kg) de 2.5, en una tonelada de tomate.

En cuanto al porcentaje de Hierro (Fe) en el análisis presentado en la figura No: 14, se observa que los tratamientos con mayor cantidad de Fe, fueron los tratamientos con las dosis de, 4cc y 5cc/lit de superquelato, y la cantidad más baja la presenta el superquelato con la dosis de 1cc/lit.

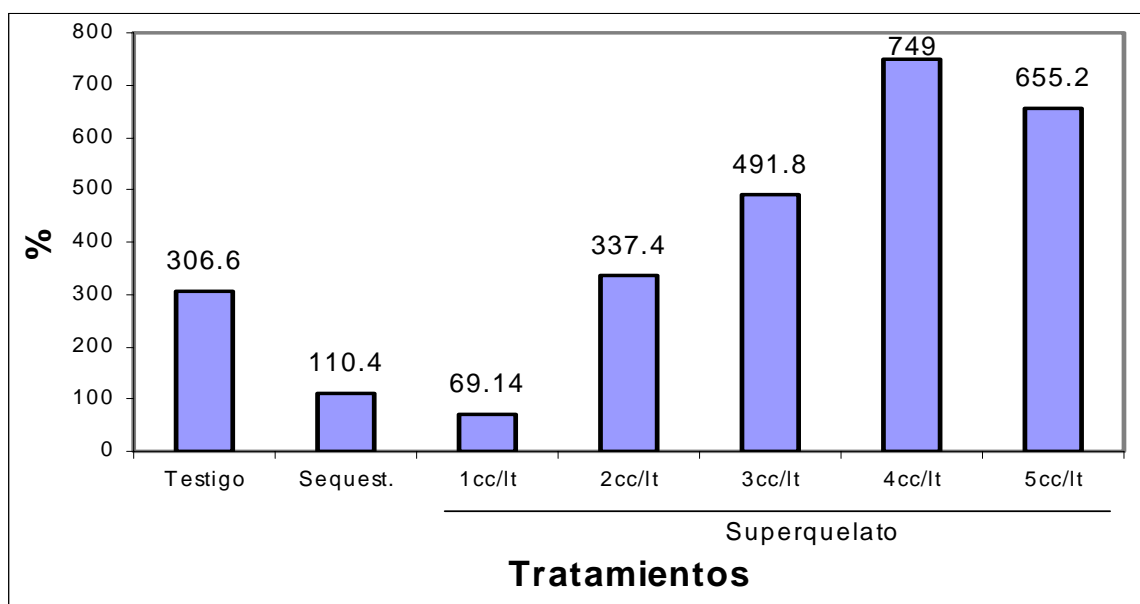


Figura No. 14. Partes por Millón de Hierro en Materia Seca de Tomate en Fructificación.

Sin embargo, si tomamos como referencia el testigo que tuvo un porcentaje de Fe de 306.6 ppm en este análisis, podemos decir que los tratamientos donde se aplicó superquelato a dosis de 2cc, 3cc, 4cc, y 5cc/lit, tuvieron una cantidad de Fe mayor que el testigo. Y el tratamiento con sequestrene 330 y el tratamiento con superquelato a dosis de 1cc /lit tuvieron valores por debajo de los del testigo.

Burgueño, ( 1998) en un estudio realizado con extracciones totales de elementos minerales en tomate en la temporada 1993-1994, en el valle de Culiacán Sin. Tuvo un valor de Fe (en Kg) de 0.014, en una tonelada de tomate.

## CONCLUSION

La aplicación de quelatos, tuvo efecto sobre la corrección de la deficiencia de Hierro (Fe) en el cultivo de tomate, donde el superquelato a 1cc/lt, no "corrigió" esta deficiencia; las dosis de 2.0 cc/lt de superquelato y sequestrene 330 a 1gr/lt "sólo" en parte, y las dosis 3, 4 y 5 cc/lt de superquelato, corrigieron adecuadamente la deficiencia. Además la dosis 5cc/lt tuvo mayor crecimiento de planta, rompiendo el hábito de crecimiento determinado, pero el rendimiento fue menor.

El tratamiento de 1cc/lt de superquelato, fue el que mostró menos porte de la planta y menor rendimiento, aún respecto al testigo.

La mejor calidad del fruto, se obtuvo en los tratamientos 3 y 4 cc/lt de superquelato, al igual que la mayor cantidad (en ppm) de N, P y Fe; mientras que la mayor cantidad de Potasio (K) la obtuvo el testigo; siendo este también el de mayor rendimiento, comparativamente con los otros tratamientos.

El uso de Superquelato de Hierro, representa una alternativa para corregir la deficiencia de hierro; Además de que es un producto de Manufactura Nacional y de fácil adquisición.



## LITERATURA CITADA

- Alexander, A. Y Schroeder, M. 1987. Modern Trends in Foliar Fertilization. J. Of Plant. Nutrition. 12 (3), 375- 376.
- Almanza, G. J. R. 1984. Producción intensiva de Forraje por medio de Sistemas Hidropónicos en Cámara de Crecimiento. Memoria. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 85p.
- Anónimo. 1975. Fertilización Foliar. Química Foliar, S.A. de C.V. México.
- Bennet W. F. and H. F. Smith. 1961. Iron Chlorosis. Texas Agr. Serv. L- 435.
- Boyton, D. 1954. Nutrition by Application Foliar. Ann. Rev. Plant Physiology. 5: 31 - 54.
- Burgueño .H 1997. Fertigación. Curso para el Banco de México - FIRA VOL I. Guanajuato, México.
- Calderón, A. E. 1983. Fruticultura General LIMUSA. 2ª Edición. México.
- Caporal, M. C. 1996. Efecto del FARMAGIB-NZn sobre el Crecimiento Vegetativo del Fruto en Tomate (*Lycopersicom esculentum*, Mill). Tesis UAAAN, Buenavista Saltillo, Coahuila, México. p 10.
- Das, T. K. And Singh, D. N. 1989. Effect of Soil and Foliar application of nitrogen on Fruiting and Yield of Tomato. Orisso Journal of Horticulture, Orisso University and Technology, Bhubaneswar, India. Abst.
- De León Maycotte J. R., 1968. Respuesta de la Aplicación de Quelatos de Fe 138 y 330 en Vides de la Variedad Thompson Vitis vinifera. Tesis Profesional, UAAAN Saltillo, Coah., México.

- Devlin, R. M. 1980. Fisiología Vegetal. Editorial OMEGA, S. A. Tercera Edición. Barcelona España.
- Dybing, C.D. and H.B. Currier. 1961. Foliar Penetración by Chemicals. Plant Physiology. 36: 169 - 174.
- Eddings, J.L. and Brown, A.L. 1967. Absortion and Translocation of Foliar Applied Iron. Plant Physiology. 42: 269 - 275.
- Exportaciones. Grupo Trabajo SHCP - BANXICO - INEGI; "Comercio Exterior", 1998. Internet: <http://www.quicklinnk.com/méxico/tabla/sec/export.htm>
- Fitzpatrick, E. A. 1984. Suelos, su Formación, Clasificación y Distribución. 1ra. Edición en Español. Cía. Editorial Continental, S.A. de C.V. México, D.F.
- García E., L. 1964. El Quelato de Fierro Sequestrene 138 Fe, en el Control de la Clorosis de *Fraxinus udhei*, Tesis. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro".
- Guzman, G. V. 1970. Respuesta a las Aplicaciones al Suelo del Quelato de Hierro, Sequestrene 138 Fe y Sulfato de Hierro en Vides de la variedad Thompson sin Semilla. Tesis Profesional UAAAN, Saltillo, Coah., México.
- Hewitt, E. J. 1963. The Essential Nutrients Elements: Requeriments and Interaction in Plants. Plant Physiology. Academic Press. N.Y. y London. VIII. P 198 - 212.
- Hortalizas, Frutas y Flores. 1992. Informe Especial. Revista Hortalizas, Frutas y Flores. Editorial Año Dos Mil. No. 2/Febrero 28/1992. México.
- James. W. O. 1967. Introducción a la Fisiología Vegetal. Editorial OMEGA. Barcelona España.
- Jenkins, J. A. 1948. The Origin of Cultivated Tomato. Reprint Fron Economic Botany, Vol.2 No.4.

- Jones, R. L. 1973. Gibberelins: their physiological role. *Ann. Rev. Plant physiol.* 24: 571-578.
- Kamara, Keita A. 1999. *Catalogo de Productos Intrakam*. S.A de C.V. Saltillo, Coahuila, México.
- Lové, A. 1988. *Los Microelementos en la Agricultura*. Edición Mundi-prensa, Madrid. Impreso en España.
- Mascareño, C. F. 1987. Problemas Nutricionales, el Tomate en el Valle de Culiacán. INIFAP, Campo Experimental del Valle de Culiacán.
- Mayberry, B. D., and S. H. Wittwer. 1952. Urea-Nitrogen applied to the leaves of certain vegetable crops. *Michigan State Coll., Agr. Exp. Sta. Quarterly Bulletin*, Vol. 34 (4): 365-369.
- Obando Rodríguez, R.G. 1972. Corrección de Clorosis del Sorgo para Grano. L. Var AMACK, en Anahuak N.L. por medio de Fertilización Foliar a Base de Compuestos de Hierro. Tesis Profesional. ITESM, N.L. México.
- Ordoñez C. G. 1994. Efectos del Acido Húmico y Sulfato de Fierro en Tomate (*Lycopersicom esculentum*, Mill). Tesis Profesional UAAAN, Saltillo, Coah.
- Orozco M. A. E. 1998. El Jitomate y la Biotecnología. Internet : <http://www.laneta.apc.org/emis/jornada/Agosto98/jitomate.htm>.
- Overbeek, J.V. 1965. *Absorption and Traslocation of Plant AGT* Editor. México, D.F. p. 220.
- Pinchuk D. Y Garncaz M. 1997. *Hidroponia*. Colegio J.N. Bialik y Nueva Alejandría. Buenos Aires, Argentina. Internet: : <http://www.nalejandría.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro15htm>.
- Polina, M. F. J. 1989. Efecto del Acondicionamiento Osmótico y las Giberelinas sobre semilla de Chile Serrano (*Capsicum annum* L.) Cultivar Tampiqueño 74. Tesis de la UANL. México.

- Randolph, A. 1996. Producción y Comercialización de Hortalizas. Revista Productores de Hortalizas. Año 5, No. 11. México.
- Rodríguez, S.F. 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AGT Editor. México, D.F. p 126.
- Rondawa, K. S., Sling, K. 1974. Effect of maleic Hidrazide, Naftalene-acetic Acid and Gibberellic acid applications on vegetative growth and Yield of Muskmelon. Horticultural Abstracts. Vol. 44 (9): 593.
- Rojas, G. M. 1982. Fisiología Vegetal Aplicada. Editorial McGRAW-HILL. 262p.
- Rojas, G. M. y Ramírez R., H. 1987. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Limusa. México. Pp: 730.
- Sánchez, del C.F. y E.R. Ecalante, R. 1988. Hidroponia. Principios y Métodos de Cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. 3ra Edición, México. P 194.
- Selke W. 1968. Los Abonos. Editorial Academia. Calle Colón No.14 León España.
- Soil Science Society of America, inc. 1971. Fertilizer Technology and Use. Number: 78-172689. Usa. P 611.
- Tisdale y Nelson 1970 Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Derechos Reservados Montaner y Simón S.A., Editores Aragón, 225 Barcelona-7.
- Torres y Ortega, 1969. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. IV Congreso Nacional. Monterrey, N.L., Agosto 1969.
- Vazquez Mendez, I. 1992. Evaluación de los Efectos del Acido Húmico (producto orgánico) sobre la Asimilación de Distintos Elementos Nutritivos en el Cultivo de la Papa (*Solanarum tuberosum* L.) cv.Alpha. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.

- Valadez, L. A., 1996. Producción de Hortalizas. Quinta Reimpresión. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. México, D.F.
- Wallace, A. 1957. Some Aspects on Use of Metal Chelates as Micronutrients Fertilizer Sores Soli Science, 84 : 27-41.
- Waring, P. F., Phillips, I. D. J. 1981. Growth and Differentation in Plants. Third Edition. Pergamon Press. Oxford, N. Y. U.S.A. 343p.
- Weaver, J. R. 1976. Reguladores de Cremiento de las Planta en la Agricultura. Primera Edición. México. Ed. Trillas. p 44, 345.
- Weaver, R.J. 1984. Reguladores de Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Editorial Trillas. Tercera Edición. 622 p.
- Zuologa, Albarran A. 1967. Efecto del Acido Giberélico en el Desarrollo Reproductivo de las Variedades de la Fresa, Florida y Solana. Tesis, Ecuela N. de Chapingo, México, D.F.



