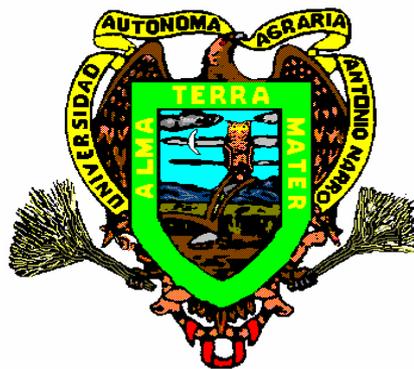


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**



**Estudio sobre la relación Fe/Zn en el cultivo de manzano (*Malus  
silvestris Mill*) cultivar *Red Delicious*.**

**POR**

**RAMON RODRIGUEZ SANCHEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER**

**EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN SUELOS**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. MÉXICO**

**OCTUBRE DE 1998**

## AGRADECIMIENTOS

### **A Dios:**

Por permitirme vivir y llegar a conseguir una meta en mi camino, a el que no sé donde esta, como es....., Pero sé que existe.

A mi Alma Terra Mater, por abrirme sus puertas y haberme brindado la oportunidad de efectuar mis estudios en su seno

A los maestros de la UAAAN, quienes con sus enseñanzas contribuyeron a mi formación profesional.

Con respeto al M. C. Luis Miguel Lasso M; por su ayuda incondicional que me dio en todo momento para la realización y conclusión de esta investigación.

Al M. C. Modesto C. Andrade H; por su apoyo durante la realización y termino de la presente investigación.

Al Ing. Pedro Recio del Bosque; por su participación y aportaciones brindadas en la revisión de esta tesis.

A la M. C. Idalia Hernández J; por su participación en este trabajo y por colaboración en los análisis Físico - químicos del suelo

A mis compañeros de la generación LVXXXIV en la especialidad de suelos, gracias por su gran amistad. A los ingenieros; Abad, Leonardo, L. Alfonso, Samuel, Víctor, Elena, Esther, Susy.

A mis amigos les agradezco el compartir momentos de alegría y tristeza en parte de nuestras vidas.

ii

## DEDICATORIAS

Con respeto, amor y admiración a mis padres.

Sr. Ramón Rodríguez Cabello  
Sra. Micaela Sánchez García

Gracias a dios por tener unos padres como ustedes y gracias por ser como son. Los quiero mucho.

A unos seres preciosos de rebelde corazón, pero infinita bondad, a quienes quiero tal como son: Mis hermanos.

José Guadalupe	Juan
Pablo	
Juan Antonio	Sergio
Enrique	
Leticia	
Gerardo	
Cecilia	

Con cariño a mis abuelos.

Valentín Sánchez  
Juana García

Gracias por sus grandes consejos y ánimos que me han brindado durante mi carrera y en la vida.

Con cariño a mis tíos, tías, primos, sobrinos y cuñadas.

Como amo a mi madre, a mi padre, a mis hermanos y a la mujer que será mi esposa, amo la tierra que me vio crecer, por que de ella soy y a ella volveré cuando me reclame, como hijo que de ella soy.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
<b>I INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
Hipótesis.....	3
Objetivos.....	3
<b>II REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Aspectos generales.....	4
2.1.1 Origen del cultivo.....	4
2.1.2 Morfología del cultivo.....	5
2.1.3 Fisiología .....	6
2.1.4 Clasificación taxonómica.....	7
2.1.5 Poda.....	8
2.1.5.1 Epocas de poda .....	9
2.2 Requerimientos ambientales.....	10
2.2.1 Clima .....	10
2.2.2 Altura sobre el nivel del mar .....	11
2.3 Requerimientos hídricos .....	11
2.3.1 Potencial hídrico .....	13
2.4 Requerimientos del suelo .....	13
2.5 Funciones fisiológicas de los elementos esenciales .....	14
2.6 Nutrición de las plantas.....	15
2.7 Factores que afectan la absorción foliar .....	16
2.7.1 La temperatura.....	16
2.7.2 Humedad relativa .....	17
2.7.3 Edad de la hoja .....	17
2.7.4 Luz .....	17
2.8 Funciones de los suelos en las plantas .....	18
2.9 Fe en el suelo .....	19
2.9.1 Funciones del Fe .....	20
2.9.2 Deficiencia del Fe .....	22
2.10 Zn en el suelo .....	24
2.10.1 Función del Zinc .....	26
2.10.2 Deficiencia del Zinc .....	27
2.11 Interacción Fe / Zn .....	28
2.12 Quelatos .....	29
2.12.1 Quelación del Zn .....	31
2.13 Calidad global del producto .....	32
2.13.1 Forma .....	32
2.13.2 Desarrollo .....	33
2.13.3 Coloración .....	33

2.13.4 Pedúnculo .....	33
2.13.5 Defectos .....	33
2.13.6 Tamaño .....	34
2.13.7 Embalaje y presentación .....	34
2.13.8 Dureza.....	34
2.13.9 Sólidos solubles .....	35
2.14 Condiciones que afectan la calidad .....	35
2.14.1 La nutrición .....	35
2.14.2 Temperatura .....	35
2.14.3 Estado de madurez .....	36
2.15 Fertilización foliar .....	37
<b>III MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1 Localización del sitio experimental .....	39
3.2 Caracterización del sitio experimental .....	39
3.2.1 Suelo .....	39
3.2.2 Vegetación .....	42
3.2.3 Clima .....	42
3.2.4 Agua .....	43
3.3 Antecedentes del sitio experimental .....	43
3.4 Manejo del huerto .....	43
3.6 Descripción de los tratamientos .....	44
3.7 Diseño experimental y distribución de los tratamientos .....	45
3.8 Modelo estadístico .....	46
3.9 Evaluación de los tratamientos .....	47
3.9.1 Mediciones al suelo .....	47
3.10 Mediciones en la planta .....	48
3.10.1 Determinación de la clorofila .....	48
3.10.2 Determinación de Fe y Zn .....	48
3.11 Características que se evaluaron al cultivo .....	49
3.11.1 Rendimiento de frutos .....	49
3.11.2 Calidad de fruto .....	50
3.11.3 Resistencia de la cutícula .....	50
3.11.4 Grados Brix .....	50
3.11.5 Crecimiento longitudinal y grosor de ramas .....	50
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>52</b>
4.1 Hierro (Fe) en la planta .....	52
4.2 Zn en la planta .....	53
4.3 Fe en el suelo .....	55
4.4 Zn en el suelo .....	56
4.5 Interacción Fe/Zn en suelo y planta .....	58
4.6 Calcio (Ca) .....	58
4.7 Magnesio (Mg) .....	60
4.8 Clorofila total .....	62
4.9 Firmeza del fruto .....	64
4.10 Grados Brix (°B).....	65

4.11 Rendimiento .....	67
4.12 Calidad del fruto .....	68
4.12.1 Extras .....	69
4.12.2 Primeras .....	69
4.12.3 Segundas.....	70
4.12.4 Terceras .....	70
<b>V CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>VI LITERATURA REVISADA .....</b>	<b>74</b>
<b>VII APENDICE .....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro a. Características del sitio experimental .....	41
Cuadro 1. Materiales utilizados y concentración de los elementos .....	44
Cuadro 2. Distribución de las dosis de fertilización en los tratamientos .....	45
Cuadro 3. Distribución de los tratamientos .....	46
Cuadro 4. Metodología utilizada para cada parámetro en los análisis de suelo.....	48
Cuadro 5. Medidas de las manzanas por categoría .....	49
Cuadro 6. Valores de Fe/Zn en la planta en mg/kg.....	78
Cuadro 7. Valores de Fe/Zn en el suelo en mg/kg .....	78
Cuadro 8. Valores medios de Ca soluble y Mg en el suelo mg/kg .....	79
Cuadro 9. Valores medios de clorofila total en mg/kg .....	79
Cuadro 10. Valores medios de firmeza en la cutícula de la manzana en en Kg/cm <sup>2</sup> .....	80
Cuadro 10 a. Valores de firmeza de la cutícula de la fruta en Kg/cm <sup>2</sup> .....	80
Cuadro 11. Valores medios de clorofila total en mg/gr.....	81
Cuadro 11 a. Valores de clorofila total en las plantas en mg/gr.....	81
Cuadro 12. Valores medios de producción total de manzana en ton/Ha.....	82
Cuadro 13. Valores del contenido de azúcar en la manzana grados Brix (°B).....	83
Cuadro 14 a. Valores medios de producción por categorías en ton/Ha.....	83
Cuadro 14. Valores de producción total por categorías en Ton/Ha.....	84
Cuadro 15. Valores decrecimiento en longitud de las ramas por tratamiento y sus repeticiones en cm.....	88
Cuadro 16. Valores de crecimiento del diámetro en las ramas por Tratamiento y sus repeticiones en cm.....	89
Cuadro 17. Valores de Nitrógeno (N) en el suelo en Kg/Ha.....	90
Cuadro 18. Valores de fósforo (P) en el suelo en mg/kg.....	91
Cuadro 19. Valores de potasio (K) en el suelo en mg/kg.....	91

Cuadro 20. Valores de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el suelo en mg/kg.....	91
Cuadro 21. Análisis de varianza para el rendimiento en Ton/Ha.....	92

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del sitio experimental.....	40
Figura 2. Valores de Fe en la planta.....	53
Figura 3. Valores de Zn en la planta.....	54
Figura 4. Valores de Fe en el suelo.....	56
Figura 5. Valores de Zn en el suelo.....	57
Figura 6. Valores de Ca soluble en el suelo.....	59
Figura 7. Valores de Mg en el suelo.....	61
Figura 8. Valores medios de clorofila total.....	63
Figura 9. Valores medios de firmeza en la cutícula.....	65
Figura 10. Valores medios en el contenido de azúcar en la manzana Grados Brix (°B).....	66
Figura 11. Valores medios de producción total.....	68
Figura 12. Valores medios de producción por categoría.....	72
Figura 13. Presipitación durante el ciclo Febrero – Septiembre Cañón de La Roja, 1997.....	92

# I. Introducción

Los problemas de nutrición en las huertas del cultivo de manzano (*Malus silvestris Mill*), de la región de Arteaga, Coahuila; provocados por la deficiencia de los elementos mayores N, K, Ca y los menores Fe, Zn y Mn que provocan un bajo rendimiento y fruta de mala calidad, que consecuentemente afecta los ingresos del productor SAGAR (1986 - 1992).

La falta de asesoría técnica en las huertas éjidales y de aplicaciones de productos que contengan y pongan en forma disponible los elementos deficientes para la planta; como pueden ser los quelatos aplicados en forma foliar o al suelo, con la finalidad de corregir los problemas nutricionales que se presentan por la fijación de los nutrientes debido al pH y a la alta concentración de carbonatos en el suelo.

La zona manzanera de Coahuila se ubica en la región sureste, en el municipio de Arteaga que comprende: el Cañón de la Carbonera, Los Lirios, el Tunal, San Antonio de Las Alazanas, la región del Huachichil y el Cañón la Roja.

Lo que hace necesario implementar estudios que permitan analizar los factores que intervienen en la calidad y el rendimiento como son: nutricionales y genéticos, que tengan como finalidad corregir los problemas existentes entre estos factores, para aumentar tanto la producción como la calidad de la fruta, lo cual permita competir por los mercados locales, nacionales e internacionales, mejorando los ingresos del productor.

Por lo cual el presente trabajo pretende analizar aspectos nutricionales que intervienen en el rendimiento y calidad del fruto; tomando en cuenta los suelos de Arteaga Coahuila " Cañón de La Roja", en los cuales se presenta una deficiencia de los nutrientes Fe y Zn, provocada por la inhibición del Ca. Basado en lo anterior se propone el siguiente experimento.

### **HIPOTESIS**

- La aplicación de la relación Fe/Zn, es una alternativa para solucionar el efecto de fijación

que causa el Ca en estos elementos, para los suelos de la región.

### **OBJETIVO**

- Aumentar la calidad de la fruta de la manzana en el contenido de azúcares.
- Lograr mayor eficiencia en la síntesis de clorofila.
- Comparar la acción de los agentes quelatantes EDDHA y EDTA de los productos.

## II REVISION DE LITERATURA.

### 2.1. Aspectos Generales.

#### 2.1.1. Origen del Cultivo.

El manzano es originario de las partes templadas de Europa, las regiones del Cáucaso en la URSS y en la parte central de Asia; se encuentra en las partes montañosas poco elevadas principalmente (Tamaro,1974).

Juscafresa (1978) menciona que varias especies conocidas, proceden del hemisferio Boreal, estas vegetan en estado silvestre en América del Norte.

Ramírez (1993) indica que el manzano, se originó en el sureste de Asia, donde una maleza de especies nativas *Malus* pudieron dar un fruto de tamaño y calidad atractivos para el hombre. Este frutal fue traído por primera vez a América a principios del año 1600, por pobladores europeos. La propagación se realizó por semilla.

Kay (1993) menciona que la nomenclatura del manzano ha sufrido varios cambios desde Lineus ya que los llamó *pyrus malus*. Los taxónomos han cambiado el nombre a *Malus silvestris*, *M. pumila*, *M. domestica*, así es conocido en la actualidad. Aunque muchos cultivares se originaron como híbridos

interespecificos, involucrando *M. pumila* nativa del sureste de Asia, *M. silvestris* nativa de Europa.

La variedad Red *Delicious* por su coloración está ubicada en el grupo B mixta roja. El cultivar Red *Delicious* se originó de una mutación roja de la *Delicious*, número cromosómico 34 (2 nd), árboles de buen porte, vigorosos, crecimiento vertical y tendencia a brotar en los costados, madera marrón rojiza, al iniciar la fructificación crece lentamente, es una variedad autoestéril y de floración temprana a semitardía, frutos de buen tamaño y color más o menos intenso, el tiempo de la floración a la cosecha es de 140 a 160 días (Tiscornia, 1977).

### **2.1.2. Morfología del Cultivo.**

Ramírez (1993) menciona que el manzano tiene raíces de 3 a 8 mts; su tronco es tortuoso tiene ramas gruesas, copa ancha y poco regular, la raíz del manzano es típica, rastrera, ramificada, con derivaciones secundarias extendidas y una masa de raicillas que en conjunto, forman la cabellera, poseen cofia y pelos absorbentes y alcanzan una longitud vertical de 1.5 a 2.0 m y una longitud horizontal de 3 a 6 m. El tallo en un órgano que se desarrolla a partir del embrión de la semilla, al principio es herbáceo y efectúa cierta acción fotosintética, función que pierde y

constituye el tronco definitivo. Las hojas del manzano son caducas, alternas, acuminadas y son de un color verde oscuro por el haz y blanquecino por el envés, de cuatro a ocho nervios alternados y bien desarrollados.

Calderón (1983) menciona que presenta estomas solo en el envés por donde se realiza la entrada de bióxido de carbono indispensable para la fotosíntesis.

Edmond (1976) dice que las flores son perfectas, con cáliz pentalobulado, cinco pétalos separados ligeramente, numerosos estambres separados y un ovario con cinco celdas y estigma. De la yema floral mixta, situada en el extremo de cada espolón, nacen cinco o más flores. Los frutos varían en forma, tamaño y color, época de madurez y otras características. En general las manzanas son esféricas, la piel es verde, roja o amarilla, (dependiendo de la variedad), la pulpa es blanca o amarilla y libre de células arenosas.

### **2.1.3. Fisiología.**

El ciclo vegetativo anual del manzano empieza con la caída de las hojas a mediados de Octubre hasta el 15 de noviembre, se inicia en este periodo el reposo invernal, se prolonga hasta Febrero, continua en Marzo cuando se manifiesta la renovación de la actividad vegetativa, al principio de Abril, la floración

y la aparición de las primeras hojas además del cuajado y amarre del fruto a fines del mismo mes posteriormente de mayo a septiembre empieza el periodo de máxima vegetación en el que tiene lugar el crecimiento de hojas y frutos, así como la acumulación de reservas nutritivas para el siguiente ciclo; la cosecha se inicia en agosto y se alarga en algunas regiones hasta finales de Septiembre (Cepeda y Hernández,1983).

#### 2.1.4. Clasificación Taxonómica.

Reino.....Vegetal  
 División.....Traqueofita  
 Subdivisión.....Pteropsida  
 Clase.....Angiosperma  
 Subclase.....Dicotiledoneas  
 Orden.....Rosales  
 Familia.....Rosaceae  
 Genero.....*Pirus*  
 Especie.....*malus* L.

Veles 1995.

### **2.1.5. Poda.**

La poda se realiza con la finalidad de ayudar a corregir los hábitos de crecimiento y de fructificación de cada variedad de manera que se obtengan árboles de esqueleto equilibrado y robusto que puedan soportar la cosecha; conseguir una producción abundante y una aireación e iluminación adecuadas (Álvarez, 1974).

Telles citado por Ochoa (1994) menciona que la poda es con el objeto de dar regularidad uniforme de la capa frondosa, normalizar la producción de los frutos, obtener una fácil cosecha y de mejor calidad, amputar las ramas secas y dañadas todo con la finalidad de tener mayor iluminación y aireación. Las podas son necesarios por lo general en los tres primeros años de su plantación. El tipo de poda será según la variedad de fruta cultivada, las hay alargadas o semiesféricas; sin embargo la poda que más conviene para el manzano es la poda en vaso, debiendo quedar la base de la copa a 40 cm. , Procurando una distribución simétrica de las ramas proporcional a la resistencia del tronco.

### **2.1.5.1. Epocas de Poda.**

Montserrat (1979), indica que la poda de invierno se realiza, en la práctica desde la caída de las hojas hasta el desborre. Son menos desgastantes si se realizan bastante pronto, antes de que se realice la migración de las reservas hacia los órganos extremos. Es aconsejable hacer la poda de invierno tan pronto como sea posible, después de la caída de las hojas. Hay que tener en cuenta otros factores como son la sensibilidad de los botones florales a las heladas tardías y el peligro de infección por las heridas de la poda.

Podas durante la vegetación activa.- Las podas de verano parecen que ejercen una acción debilitante al suprimir una parte de las hojas. Es evidente que una poda fuerte y general, en verano, puede ser una catástrofe. Pero también es verdad

que la supresión de las extremidades de los brotes realizada por un pinzamiento largo y tardío por encima de las hojas adultas tiene como resultado impedir el paso de la sabia elaborada por la yema terminal en vía de crecimiento; por eso y hasta el desarrollo de las yemas subterminales conservadas después del pinzamiento, las yemas de la base se benefician de la sabia elaborada que debiera consumir la yema terminal. Esta ventaja es cierta cuando se realiza bien el pinzamiento o la poda en verde y el efecto general sobre el árbol es análogo al de la poda de invierno.

10

Poda de fin de verano.- Las podas de fin de verano son a veces, muy interesantes; las heridas cicatrizan antes del invierno cuando son pequeñas y permiten a los órganos conservados beneficiarles al máximo las reservas elaboradas por las hojas ya que una parte de las reservas podría ser utilizada por un crecimiento otoñal inútil al no lignificarse bien los nuevos brotes por falta de tiempo. En la práctica de la poda de invierno es la más recomendable porque se obtiene una mejor diferenciación entre las yemas florales y las vegetales hay también un mayor amarre de flores y de frutos debido a la distribución de los nutrientes en el árbol y el que permite utilizar una mano de obra permanentemente y dar ocupación a obreros especializados durante todo el año.

## **2.2. Requerimientos Ambientales.**

### **2.2.1. Clima.**

Juscafresa (1974) menciona que el manzano tiene resistencia media al frío, como especie frutal de hoja caduca tiene una necesidad de frío invernal, la temperatura umbral del manzano es de 9 °C aproximadamente y para romper su periodo de reposo, se precisan, por lo general de 900 a 1000 hrs, en invierno por de bajo de 9 °C. Durante el verano necesita temperaturas comprendidas entre los 18 y 23 °C ya que, de sobrepasarlos, el clima es poco apto, excépto para las variedades de maduración temprana.

11

Ramírez (1993) indica que en el manzano las constantes térmicas son: Para las hojas de las yemas 0 °C, para que abran las primeras flores 14 a 23 °C, para que maduren los primeros frutos 27 a 30 °C, para el principio de la caída de las hojas 16 a 21 °C. los grados de calor necesarios en las diferentes fases de vegetación son: brotación 8 °C, floración 8 °C, maduración de frutos de 18 a 25 °C.

### **2.2.2. Altura sobre el nivel del mar.**

Las alturas más recomendables para el manzano son las que oscilan entre los 200 y 700 msnm, aunque se pueden obtener buenos resultados en los cultivos situados más bajos o ligeramente más altos que los señalados (Juscafresa, 1978).

### **2.3. Requerimientos Hídricos.**

Méndez (1991) dice que es capaz de sobrevivir a déficits de agua del suelo durante periodos hasta de un ciclo alterando el crecimiento de las raíces en busca de agua y controlando el cierre de estomas durante periodos y ciertas horas del día.

12

El manzano es un frutal que requiere de una gran cantidad de agua debido a que su fruto es carnosos, por lo tanto tiene una necesidad hídrica de 200 a 300 litros de agua por año por kilogramo de fruta producida (Álvarez, 1988).

Ochoa (1994) menciona que para el manzano el consumo de agua no puede ser reducido ya que cualquier déficit afecta el desarrollo vegetativo, fruto y la propagación de las yemas; para la cosecha del siguiente año.

Lamonarca (1979) dice que la necesidad de agua esta comprendida entre PMP y la capilaridad, es necesario evitar la escasez de humedad en el suelo ya que detiene el desarrollo vegetativo.

Wallace (1966) menciona que el agua reduce la posibilidad de heladas y favorece la conservación de un grado térmico alto por la noche en la temporada de primavera- otoño y durante el día y la noche en invierno. En condiciones de sequía las raíces van en busca de agua, para asegurar una reserva abundante.

### **2.3.1. Potencial Hídrico.**

Lanosberg y Jones (1982) indican que el potencial hídrico de las hojas del manzano durante la máxima tasa de evaporación puede caer de  $-0.6$  a  $-2.0$  Mpa, las hojas de los árboles alcanzan  $-2.5$  a  $-3.0$  Mpa, máximo potencial hídrico durante el día dependiendo del estado hídrico del suelo.

Méndez (1991) los cambios en los estomas como respuesta al potencial de agua en manzano bajo condiciones de estrés de agua hay cambios en el potencial hídrico ( $Y_w$ ) durante ciclos de  $-20$  a  $-25$  bares en adelante, estando las plantas marchitas se reduce un 87% la fotosíntesis y respiración.

## **2.4. Requerimientos de Suelo.**

Alvarez (1974) menciona que los suelos francos son los mas apropiados para el manzano, los franco – arenosos, areno – limosos, franco – limosos o pesados y aún las superficies arcillosas pueden resultar perfectamente aptas si completan las demás condiciones. En tierras relativamente arcillosas el manzano se desarrolla muy bien y puede dar cosechas abundantes, pero la fruta será de menor calidad, menciona que el manzano es de gran flexibilidad de adaptación para los diferentes tipos de suelo, tomando en cuenta el rendimiento y la calidad del fruto dependerá

14

de la capacidad de adaptación del árbol al terreno, no es recomendable hacer las plantaciones en terrenos arenosos, muy compacto o mal drenados.

Juscafresa (1974) menciona que el manzano vegeta bien en terrenos compuestos de varios elementos, más que en suelos donde predomina uno solo, como arcilla, caliza, sílice; prefiere tierra de aluvión y en particular suelos graníticos.

Además gusta de terrenos frescales, de buen fondo, subsuelo permeable relativamente suelto y sin exceso de humedad.

## **2.5. Funciones Fisiológicas de los Elementos Esenciales.**

Martínez (1974) menciona que dentro de un sistema de producción la fertilización es uno de los aspectos más importantes para la productividad de un cultivo, por lo que para conocer la cantidad óptima de fertilizante, ha sido de gran interés definir las relaciones entre el estado nutricional de la planta y el rendimiento.

López (1990) reportó que el crecimiento y desarrollo de la planta está determinado por varios factores del suelo, clima y otros factores inherentes a la planta misma. Algunos de estos factores están controlados por el hombre pero la mayoría no pueden ser controlados. Los elementos nutritivos están presentes en forma disponible para las plantas, sino que también debe de haber un balance entre ellos, de acuerdo con las cantidades que las plantas

necesitan. La esencialidad de los elementos fue determinada en cada caso por la exclusión de un elemento particular del medio en el cual las plantas tienen su desarrollo. Está convenido que para que un elemento sea esencial debe cumplir con los siguientes requisitos:

- La planta no completa su ciclo de vida en ausencia del elemento que le falta.
- La acción del elemento debe ser específico; otro elemento no puede sustituirlo definitivamente.
- El elemento debe estar directamente involucrado en la nutrición de la planta, esto es, ser un constituyente metabólico esencial, o por lo menos, requerido para la acción de la enzima.

## **2.6. Nutrición foliar de las Plantas.**

Rodríguez (1982) menciona que en la naturaleza hay plantas como las epífitas y las acuáticas que de penetración de gran cantidad de los nutrientes directamente por las hojas. Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición pero estos pueden estar en una forma no asimilable para la absorción radical; tal es el caso frecuente del Fe y el P en los suelos. En estos casos se realiza una fertilización de estos elementos a

nivel foliar que constituye una nutrición o fertilización complementaria. Las hojas de la planta más activas en la absorción de

16

las sustancias aplicadas, pues tiene una mayor superficie expuesta. La superficie mojada debe ser lo mayor posible. La fertilización se hace en forma pulverizada. Como la tensión superficial del agua es distinta a la tensión superficial de la cutícula, la gota tiende a una esfera, disminuye el área de contacto, de ahí que se agreguen sustancias químicas al agua que disminuyen su propia tensión superficial, para aumentar de esta manera el mojado de la misma. La superficie inferior de la hoja absorbe de 3 a 5 veces más que la superficie superior, pues ahí la cutícula es más delgada, hay mayor cantidad de estomas y los vasos floemáticos están más cerca.

## **2.7. Factores que Afectan la Adsorción Foliar.**

### **2.7.1. La Temperatura.**

A medida que aumenta la temperatura, por ejemplo, entre los 20 y 26 °C, la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentando entonces la penetración de la solución nutritiva aplicada. Después de los 28 °C comienza a producirse un secado superficial, disminuyendo la penetración de la solución.

17

### **2.7.2. Humedad Relativa.**

Al aumentar la humedad relativa ambiental se posibilita la mayor permanencia de las gotas de solución en la superficie foliar, aumentando las posibilidades de su absorción.

### **2.7.3. Edad de La Hoja.**

Las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de penetración de nutrimentos que las hojas viejas.

### **2.7.4. Luz.**

Al existir una óptima fotosíntesis habrá una energía disponible para la absorción activa de los nutrientes. En la nutrición foliar se pulveriza la solución nutritiva en la parte aérea de la planta tratando de hacerlo en mayor medida en la cara inferior de las hojas pues ahí, como ya se dijo, es mayor el grado de penetración. Las aplicaciones se realizan de día. El momento vegetativo influye ya que la penetración es más eficiente en las hojas de mejor estado. Para la aplicación de nutrición foliar se debe además tener en cuenta los siguientes puntos:

- La fertilización clásica, comparada con la foliar, presenta las siguientes características: Una más rápida utilización de los nutrientes por parte de la planta

18

la durabilidad de la fertilización es menor, debiéndose aumentar las aplicaciones,

- Las dosis empleadas son menores, no se presentan los problemas del suelo, existe una mayor probabilidad de originar excesos de nutrientes.

- Las aplicaciones de fertilización foliar deben realizarse cuando haya una necesidad urgente.
- Para su implementación se realiza un correcto diagnóstico de deficiencia para estimar las dosis a emplear.

Rodríguez (1982) menciona que la aplicación foliar es un medio tanto de corrección complementaria de fertilización como forma única de suministro de algunos elementos, principalmente de los micronutrientes como: Zn, Mn, Cu, B, Mo y Fe. Con respecto a la absorción foliar relativa de los elementos y a su movilidad son: muy alta (N, P, Na), alta, (P, Cl, S), media o escasa (Zn, Cu, Mn, Fe, Mo), y muy baja (B, Mg, Ca). La absorción foliar varía según el cultivo.

## **2.8. Funciones de los Suelos en las Plantas.**

Ortega (1978) indica que los iones en la solución acuosa del suelo, es donde son fácilmente asimiladas por las plantas. La solución del suelo es la principal

proveedora de iones. En los coloides que forma el suelo, los iones se encuentran adsorbidos ahí por las atracciones eléctricas de los coloides orgánicos e inorgánicos y las cargas de los distintos iones. En la estructura cristalina de los coloides,

fuertemente integrados. Las plantas utilizan los iones que se encuentran en la solución acuosa de suelo y de los adsorbidos en la superficie de las partículas coloidales. Las plantas aprovechan con mayor facilidad los iones de las soluciones edáficas; en cambio los adsorbidos en los coloides serán más difíciles de un aprovechamiento directo, siendo intercambiables con la solución del suelo. El intercambio de los iones entre raíz y el suelo. Este intercambio que realiza la raíz puede hacerlo de dos maneras respecto al suelo.

- Directamente por contacto entre la raíz y suelo.
- Indirectamente a través de la solución del suelo.

## **2.9. Fe en el Suelo.**

Álvarez (1988) señaló que un exceso de Ca impide que las raíces de manzano puedan absorber Fe para corregir estos problemas basta con bajar el pH, movilizándolo así el Fe contenido en forma asimilable del suelo.

INPOFOS (1988) menciona que la deficiencia de hierro por lo general es producida por el desequilibrio de metales como Mo, Cu o el Mn y el Zn; otros factores que pueden desencadenar la deficiencia de Fe son: un exceso de P

en el suelo, una combinación de pH alto, alto contenido de cal, suelos fríos y niveles de carbonatos altos, y diferencias genéticas. El cambio del pH en bandas angostas en la zona radicular puede corregir la deficiencia de Fe.

Fuentes (1983) indica que los suelos por lo general suelen estar bien provistos de hierro aunque no siempre este se asimila con facilidad. En tierras básicas se oxida y pasa a formas férricas, estas son muy poco solubles, a no ser que haya un medio ácido que lo solubilice; por otra parte todas las causas que debilitan el sistema radicular dificultan la absorción del hierro.

### **2.9.1. Funciones del Fe.**

Kay (1993) menciona que el Fe actúa en la profilina que es un grupo prostético en los citocromos; el elemento sirve como donador y receptor de electrones en el proceso respiratorio. Las oxidasas terminales en el sistema de citocromos reducen el oxígeno molecular a agua. El citocromo C adherido a esta parte proteínica por dos ligamentos de tioeter de cisteína.

Calderón (1989) El fierro se encuentra en los árboles frutales entre 10 y 1000 ppm y la función principal es la síntesis de la clorofila, por lo que sus deficiencias se manifiesta por clorosis de las hojas. También actúa como catalizador en procesos enzimáticos, que dan lugar a importantes reacciones de oxidación- reducción en el

21

interior de los vegetales y en la síntesis de proteínas de los cloroplastos. Así mismo ayuda a la absorción de otros nutrimentos. El hierro se encuentra en todos los suelos, pero a veces, no está en forma asimilable.

Fuentes (1983) menciona que aunque este elemento no forme parte de la clorofila, su presencia es esencial, junto con el manganeso y el zinc, para la formación del pigmento de la clorofila. Forma parte de muchas enzimas. Se asimila bajo la forma de ion ferroso y también en forma orgánica.

Coutanceu (1982) indica que la planta utiliza el fierro en forma orgánica, la riqueza en hierro en las hojas es bastante elevada (de 1-4 % de cenizas), y muy bajo en la madera y corteza (0.1 -0.8 % de cenizas). Análogamente los frutos contienen muy poco hierro: manzana y peras de 1.4 %.

Trocme (1979) menciona que el fierro es indispensable para la formación de la clorofila, aunque no sea uno de sus constituyentes. Además el hierro forma parte de diversas enzimas de oxidación.

Bidwell (1979) menciona que el Fe es parte cualitativa de muchas enzimas oxidoreductoras importantes y es esencial para la formación de la clorofila. La cadena transportadora de electrones se deriva de su capacidad de existir en forma oxidada o reducida. Además puede estar estructuralmente involucrado en lípidos

22

lamelares, núcleo, cloroplastos y mitocondrias y parece requerirse en la síntesis de proteínas de las membranas.

Juscáfresa (1978) reporta que es un catalizador energético que actúa en los procesos respiratorios de las plantas y en la formación de la clorofila, y es uno de los mejores catalizadores.

### **2.9.2. Deficiencia del Fe.**

Rodríguez y Cepeda (1988) mencionan que la deficiencia de Fe en manzano se manifiesta por un amarillamiento general de las hojas más jóvenes y se extiende posteriormente a todo el árbol en sentido descendente, hay casos en que la deficiencia se manifiesta en terrenos bien provistos de Fe pero se encuentran en estado insoluble, esto ocurre en terrenos calizos. En tales casos los síntomas aparecen ya entrada la primavera en el mes de mayo.

Álvarez (1988) dice que los primeros síntomas visibles se manifiestan en las hojas de las puntas de las ramas, que se vuelven amarillas y terminan por secarse, mientras que las partes próximas a las nervaduras permanecen verdes.

23

Fuentes (1983) indica que los síntomas más claros de la carencia del hierro se producen en las hojas, que pierden su color verde (clorosis férrica). En una primera fase amarillean las hojas entre los nervios, aunque éstos conservan su color verde; en casos más graves, los nervios se vuelven amarillos, en casos más extremos las hojas aparecen casi blancas. El hierro se mueve muy poco dentro de las plantas, por cuyo motivo, los síntomas de carencia aparecen, en primer lugar, en las hojas jóvenes.

Taylor (1982) dice que algunos de los factores que causan o contribuyen a la deficiencia de Fe son: limo en el suelo (el limo induce clorosis), bicarbonatos en suelos o en agua, suelos fríos, suelos húmedos, alto contenido de fósforo en el suelo, altos niveles de Zn y Mn en el suelo y pH alto.

Juste (1972) menciona que en especies frutales, la carencia en hierro se manifiesta por la clorosis de las hojas, esta comienza en las hojas más jóvenes y se extiende a las ramas más viejas. En casos graves, la clorosis va acompañada de

zonas necróticas parduscas, las hojas tienden a caer prematuramente. La clorosis aparece principalmente en terrenos calizos o más generalmente, en suelos de reacción alcalina.

### **2.10. Zn en el Suelo.**

Martínez y Méndez (1989) indican que la asimilación del Zn decrece a medida que se eleva el pH del suelo manteniéndose este dentro de los límites que interesan para los suelos de un huerto. En suelos muy ácidos el Zn llega a alcanzar niveles tóxicos, aunque esto sucede raras veces también puede sufrir una lixiviación profunda, dejando empobrecido el suelo.

INPOFOS (1988) menciona que el suelo puede tener desde unos pocos hasta cientos de kilos de Zn por ha. Los suelos de textura fina por lo regular contiene más Zn que los suelos arenosos, pero el contenido total de Zn en el suelo no indica cuanto se encuentra disponible, son numerosos los factores que determinan su disponibilidad: a medida que el pH del suelo aumenta el Zn, se hace menos disponible, alto contenido de fosfatos, materia orgánica del suelo, riego, lixiviado, suelos fríos.

Ortega (1983) indica que para determinar el Zinc en los suelos las investigaciones han sido enfocadas a soluciones complejas, especialmente Ditiona, ácidos diluidos ( HCl 0.005 N + 0.025 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> , 0.1N HCl) sales (Mg SO<sub>4</sub> 0.2M), sales neutras ( NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub>, etc.), y sustancias quelatantes (EDDHA, EDTA, DTPA, etc.). Todos estos métodos de extracción son satisfactorios cuando se emplea bajo determinadas condiciones edáficas y para determinados cultivos

25

para determinados cultivos. Resta profundizar más, mediante estudios de correlación múltiple incluyendo parámetros con pH, carbonatos y fósforo.

Juscáfresa (1974) indica que es un elemento que se encuentra en todos los suelos en forma más o menos asimilable según sea el pH, bajando su disponibilidad cuando este se incrementa.

Scharrer et al (1958) mencionan que en suelos alcalinos el Zinc es poco móvil, y es frecuentemente difícil hacerlo llegar hasta el nivel de las raíces profundas por la sola influencia de las aguas de infiltración.

Foth (1972) indica que un suelo calcáreo contiene carbonato de calcio (Ca CO<sub>3</sub>) y cuando se trata con ácido clorhídrico (H Cl) se puede observar la formación de burbujas que representan el desprendimiento de bióxido de carbono. El carbonato

de calcio es relativamente insoluble, pero cuando está presente en los suelos forma una presión constante para saturar el interior con calcio.



La mayor disociación del hidróxido de calcio y la producción de  $\text{OH}^-$  en relación con la producción de  $\text{H}^+$  a partir del ácido carbónico débil produce un efecto alcalino, como resultado, el pH de los suelos calcáreos varía por lo general de 7 a un máximo de 8.3.

26

Juscafresa (1974), menciona que un suelo calizo consume más rápido los fertilizantes orgánicos y exige mayor cantidad de fertilizantes químicos y otros micronutrientes a causa del bloqueo que ejerce la caliza sobre estos elementos.

### **2.10.1. Función del Zinc.**

Kay (1993) indica que el Zn es una parte integral de la anhidrasa carbónica, una ceniza que de alguna forma esta asociada con la síntesis de ácido indolacético.

INPOFOS (1988) el Zn ayuda a las sustancias de crecimiento y a los sistemas enzimáticos de las plantas. El Zn es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas. También es necesario para producir clorofila y para la formación de hidratos de carbono.

Fuentes (1983) indica que la presencia de zinc es imprescindible para la formación de la clorofila. Interviene como activador de algunas funciones importantes y participa en la formación de las auxinas y hormonas de crecimiento.

Trocme y Gras (1979) indican que dicho elemento entra en la composición de diversas enzimas (anhidrasa carbónica), que descompone el ácido carbónico en anhídrido carbónico y agua. Enzimas de oxidación, además impide la destrucción de auxinas.

27

Juste (1972), el zinc entra en la composición de diversas enzimas (anhidrasas carbónicas, que descompone el ácido carbónico en anhídrido carbónico y agua; enzimas de oxidación, etc.). Además impide la destrucción de auxinas; por eso la carencia de Zinc se traduce en una reducción del alargamiento de los entrenudos; las hojas se agrupan en rosetas quedando muy pequeñas.

### **2.10.2. Deficiencia del Zinc.**

Ramírez y Cepeda (1988) indican que los árboles con deficiencia de Zn presentan hojas pequeñas y de color amarillo, entrenudos cortos y formación de rosetas; esta manifestación se presenta cuando se reanuda la vegetación después de la parada invernal, el Zn no es translocado por la planta, de ahí que sus síntomas

de deficiencia aparezcan primero en las hojas más jóvenes y otras partes de la planta con crecimiento activo.

Fuentes (1983) indica que la carencia de zinc provoca anomalías en el desarrollo de las plantas. Las hojas se alargan y los entrenudos se acortan, al tiempo que las hojas tienden a formar rosetas. Las hojas se ponen amarillas entre los nervios. Las plantas más afectadas por la carencia son: Los cítricos, la vid y el maíz.

28

Juscafresa (1974) menciona que su carencia se manifiesta por amarillamiento que degenera un matiz blanco grisáceo, las nervaduras se conservan de color verde, se detiene el crecimiento del árbol, las hojas forman roseta, con frutos pequeños.

Juste (1972) la carencia motiva un decaimiento completo de las hojas de los árboles, con defoliación o sin formación de hojas, los frutos son pequeños, deformes y agrietados. Las rosetas con hojas pequeñas se aprecian frecuentemente desde el inicio de la vegetación.

## 2.11. Interacción Fe / Zn.

Kay (1985) indica el hierro, el zinc y el cobre actúan como coenzimas y partes de grupos prostéticos. Un grupo prostético es la parte no proteínica de una enzima sin la cual la enzima no puede funcionar.

Ortega (1983) menciona que el funcionamiento metabólico adecuado del Fe en la planta esta conectado íntimamente con la cantidad de Zn disponible; estos nutrimentos interactúan negativamente, esto es en presencia de altas concentraciones de Zn la concentración y absorción de Fe Por la planta se

29

reduce, generando una clorosis de Fe. El mecanismo de esta interacción se explica diciendo que el  $Zn^{++}$  puede competir con el  $Fe^{++}$  con los agentes quelatantes e inclusive en algunas reacciones de precipitación.

Rosell y Ulrich (1964) indican que el funcionamiento metabólico del Fe en las plantas esta conectado con el suplemento de Zn. Reportaron 917 ppm de Fe en hojas de betabel con bajo contenido de Zn. La adición de Zn a niveles de 0 a 12 ppm disminuyó la concentración de Fe en las hojas a 94 ppm, a niveles más altos de Zn en la solución de nutrientes las plantas mostraron síntomas de clorosis de Fe;

concluyendo que hay un antagonismo entre los dos elementos, a pesar de las frecuentes evidencias que hay al respecto no se conoce con exactitud el mecanismo de cómo este antagonismo se lleva a cabo.

## **2.12. Quelatos.**

Bidwell (1979) menciona que la palabra quelato proviene del latín (parecido a garfio), sustancia química, por lo regular orgánica, que conserva o enlaza átomos como el Fe, Zn, Mn y otros.

Norvell (1983) indica la importancia de los quelatos solubles en los suelos, surge de la capacidad para aumentar la solubilidad de cationes; como consecuencia, la movilidad de estos metales se incrementa por las corrientes de difusión y

30

convección. El movimiento y disponibilidad de metales para las raíces de las plantas puede ser altamente mejorado siendo este el principal objetivo de la aplicación de quelatos de micronutrientes. El agente quelatante EDTA forma quelatos con Fe  $+++$  casi exclusivamente a pH inferiores de 6.3. La competencia de Ca  $++$  se vuelve exageradamente importante a valores de pH superiores de 6, y los quelatos de Ca  $++$  predominan a valores superiores de 6.8. Las especies protonadas de EDTA son de estabilidad mucho más baja y no aparecen dentro del rango de las fracciones molares. El EDDHA es altamente selectivo para Fe  $+++$  y los equilibrios de este

agente son completamente dominados por el Fe -EDDHA. La magnitud y variación de la fracción de ligando libre son dependientes de la selectividad de cada agente quelatante y de la estabilidad de sus quelatos, la fracción de ligando libre aumenta rápidamente con el pH, por lo menos en parte del rango ácido, debido a la disminución rápida concurrente en la concentración de Fe  $+++$ . El EDDHA forma un quelato de Fe muy estable, y la fracción de ligando libre de EDDHA es controlada por la solubilidad del Fe  $+++$  sobretodo en rango de pH 7.5 - 9.0. A valores superiores de 7.5 las fracciones de ligando libre de EDTA, DTPA, CDTA, HEDTA; sé incrementan bruscamente ya que la concentración de Ca  $++$  es disminuida al decrecer la solubilidad de  $\text{CaCO}_3$ .

### **2.12.1. Quelación del Zn.**

Norvell (1983) indica que los agentes quelatantes DTPA, HEDTA, CDTA, EDTA, y NTA; muestran un potencial considerablemente mayor como quelatos para el Zn en suelos ligeramente ácidos, neutro o alcalinos. Estos quelatos deberán exceder en gran medida la importancia de los complejos naturales de Zn  $++$  en los suelos. Las concentraciones de Zn  $++$  son relativamente altos en soluciones de

suelos ácidos al competir con eficiencia con  $\text{Fe}^{+++}$ , a valores de pH superiores a 7, las concentraciones de  $\text{Zn}^{++}$ , compiten en forma menos efectiva con  $\text{Ca}^{++}$ .

Chnitzer (1969) indica relaciones calculadas de Zn quelado para 11 agentes quelatantes, los cuales difieren mucho en su capacidad para quelar  $\text{Zn}^{++}$  en el suelo. En el rango de pH de los suelos calcáreos su actividad como agente quelatante de Zn debería de ser: DTPA, CDTA, HEDTA, EDTA, NTA, EGTA, CIT, EDDHA,  $\text{P}_3\text{O}_{10}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_7$ , OX. La relación de Zn- quelado a  $\text{Zn}^{++}$  es aproximadamente 106 veces mayor para DTPA que para los otros cinco agentes quelatantes menos efectivos. A valores de pH ligeramente ácidos, la deficiencia de todos los agentes quelatantes es menor y su efectividad relativa se manifiesta de la siguiente forma: HEDTA, EDTA, DTPA, NTA, CDTA, EGTA, CIT,  $\text{P}_3\text{O}_{10}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_7$ , OX, EDDHA. A valores de pH menores de 7.5, la relación de Zn quelado a  $\text{Zn}^{++}$  no alcanza el valor de 1.0, a valores de pH superiores, la proporción de Zn quelado es mayor, pero dentro del rango de pH de la mayoría de los suelos calcáreos la relación del Zn quelado a  $\text{Zn}^{++}$

32

no es mucho mayor de 10. El grado de quelación de  $\text{Zn}^{++}$  por estos agentes quelatantes y también por el EGTA, es similar al de los complejos naturales de  $\text{Zn}^{++}$  en soluciones de suelo.

### **2.13. Calidad Global del Producto.**

Schneirder y Scarborough (1980), mencionan que la calidad debe implicar la presencia en la fruta de las características deseables desde el punto de vista comercial, comestible y condiciones nutritivas. Estos son factores importantes que determinan la aceptación de la fruta en el mercado. La calidad es frecuentemente estimada o juzgada y el valor del mercado determinado por las características externas de la fruta, tales como la apariencia general, color y condición física. Por la calidad comestible entendemos el sabor, carnosidad y suavidad de la fruta y el valor nutritivo a la cantidad de vitaminas, minerales y otros factores de importancia. A efectos de una adecuada clasificación de las manzanas en diversas categorías, se tendrán en cuenta los siguientes factores.

#### **2.13.1. Forma.**

Se considera la forma y desarrollo típicos de la variedad.

33

#### **2.13.2. Desarrollo.**

Para la valoración de este factor se considera el grupo de presencia de la coloración típica de la variedad.

### **2.13.3. Coloración.**

Grupo A; variedades rojas.

Grupo B; variedades de la coloración mixta roja.

Grupo C; variedades estriadas, ligeramente coloradas.

Grupo D; variedades de coloración claro uniforme.

### **2.13.4. Pedúnculo.**

Se considera su ausencia o presencia y, en este caso, si esta dañado o intacto.

### **2.13.5. Defectos.**

Se tendrá en cuenta los de pulpa y epidermis.

### **2.13.6. Tamaño.**

El calibre es tomado en cuenta para la clasificación. Los calibres vendrán dados, en su caso, por el diámetro máximo de la sección ecuatorial. La escala de calibres se tomara de 5 en 5 mm, pero no se tendrá en cuenta una variación de 1 mm en más o menos del calibre elegido.

### **2.13.7. Embalaje y presentación.**

La presentación según tipos de envase, la disposición de los frutos dentro del mismo y la homogeneidad será tomando en cuenta en la clasificación en cualquier caso, la capa superior visible al exterior, será suficientemente representativo, en tamaño y calidad del contenido del envase.

### **2.13.8. Dureza.**

Esta es especialmente importante para frutales en los cuales el color no es el factor primario, como: durazno, manzana, peras y otros frutales que se ablandan cuando comienzan a madurar.

### **2.13.9. Sólidos solubles.**

Son sustancias solubles en el jugo de la fruta. El principal sólido de esta solución es el azúcar, y se mide con el refractómetro, como la mayor parte de las frutas se hacen más dulces cuando maduran, un aumento de los sólidos solubles indica a menudo una mayor madurez.

## **2.14. Condiciones que Afectan la Calidad.**

### **2.14.1. La nutrición.**

De la planta afecta no solamente la calidad de la fruta, sino también toda las características de calidad estudiadas.

### **2.14.2. Temperatura.**

Un factor que afecta la calidad de la fruta es la temperatura durante el período de su desarrollo.

### 2.14.3. Estado de madurez.

No existe un criterio de adaptable para todas las frutas en el estado de madurez al momento de la recolección, como son: color, dureza, facilidad de recolección, días de floración, sólidos solubles, color de semilla.

Alvarez (1988) indica las características mínimas de calidad. Las manzanas destinadas al consumo fresco deberán estar:

- Enteras.
- Sanas (a reserva de las disposiciones particulares admitidas para cada categoría).
- Limpias (prácticamente exentas de materiales extraños visibles).
- Desprovistas de humedad exterior anormal.
- Desprovistas de olores y sabores extraños.
- Su estado de madurez debe ser tal que les permita soportar el transporte y la manipulación y que se conserve en buen estado hasta el momento del consumo, así como responder a las exigencias comerciales en el lugar del destino.

Se excluyen de todas categorías:

- Los frutos insuficientemente desarrollados y no maduros que se mal forman en el almacenamiento y son inadecuados para el consumo por su sabor ácido y dureza de la pulpa.
- Los frutos demasiado maduros o pasados.

## 2.15. Fertilización Foliar

La fertilización foliar es relativamente un concepto nuevo de la nutrición vegetal en nuestro país, que consiste en aportar pequeñas cantidades de minerales en forma asimilable, es complemento de la fertilización del suelo, se hace con el propósito de suministrar los elementos que requiere la planta en el momento más apropiado y oportuno. El nutrir las diferentes clases de plantas por las hojas, tallo, flores y fruto se demostró que tienen capacidad de penetración de los nutrientes suministrados por aspersion en un corto tiempo y en cantidades suficientes para corregir la mayoría de las deficiencias y así evitar la caída de las flores y frutos y fallas de maduración. La fertilización foliar es de 10 a 15 veces más eficiente que la del suelo y por lo general, hasta el 95% de los nutrientes aplicados son tomados por la planta.

En general se puede decir que su uso aporta al cultivo:

- Las deficiencias nutricionales durante el crecimiento son corregidas de 48 a 72 horas, evitando pérdidas de frutos y flores.
- Se logra una eficiencia mayor.
- Al transplante permite la recuperación más rápida de las plántulas.
- Después de heladas o granizadas, recupera las plantas adecuadamente, siendo posible su uso en cualquier programa de producción.
- Se logran cosechas de mayor rendimiento, aumentando su calidad.

Los fertilizantes foliares son el resultado de investigaciones científicas con el propósito de producir fórmulas equilibradas que aceleren y regulen el crecimiento; dichas fórmulas contienen a los macroelementos incluyendo cantidades balanceadas de los elementos menores como, Mn, Fe, Zn, Cu y otras hormonas que ayudan a una mejor absorción de nutrientes. (Barbosa, 1993).

### **III Materiales Y Métodos.**

#### **3.1. Localización del Sitio Experimental.**

El presente experimento se llevó a cabo durante el ciclo agrícola de 1997, en El Cañón de La Roja y se encuentra en el Mpio. de Arteaga, Coah; se ubica dentro de las coordenadas siguientes:

25° de latitud norte, 100° 50' latitud oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 1930 metros.

Este cañón cuenta con dos vías de acceso, uno por la Villa de Arteaga (carretera Arteaga las Vigas), a 22 Km aproximadamente y otra por la carretera (Los Lirios - El Tunal), cruzando el Cañón de la Carbonera.

#### **3.2. Caracterización del Sitio Experimental.**

##### **3.2.1. Suelo.**

Los suelos se originaron a partir del material originario (*lutitas, areniscas, rocas calizas y conglomerados*), formando suelos de textura fina, media y gruesa, los principales suelos son *litosoles, xerosol aplico y regosoles*. La textura media fina se encuentra a una profundidad aproximada de 25-30 cm.

Fisiográficamente es un valle intramontano. El uso actual del suelo es principalmente la explotación de especies frutales tales como: manzano, durazno, chabacano, leguminosas como el frijol para autoconsumo y otras como; el maíz, trigo, cebada, etc.

Cuadro a. Características del Sitio Experimental.

Características	Método	Valor	Unidades
Textura	Hidrómetro	32.5	% Arena
		27.5	% Limo
		40.0	% Arcilla
Densidad aparente	Probeta	1.056	g/cc.
Conductividad Eléctrica	Puente de Wehaststone	0.7	ds/m.
PH	Potenciómetro	7.3	
Materia orgánica	Walkley-Back	2.59	%
Capacidad de intercambio catiónico	Cálculo	25.17	me/lt.
Nitrógeno Aprovechable	Cálculo	29.02	Kg/ha.
Fósforo aprovechable	Olsen	79.8	Kg7ha.
Potasio asimilable	Cobaltinitrito	627.54	Kg/ha.

El suelo es de textura arcillosa, de acuerdo a la densidad aparente tiene problemas de compactación. De acuerdo a sus características químicas tiene un pH ligeramente

alcalino y un contenido de sales muy bajo, lo que lo hace un suelo propicio para la mayoría de los cultivos.

42

Tiene una cantidad de materia orgánica para suelos arcillosos baja, en nitrógeno es medianamente pobre, en fósforo es medianamente rico y en potasio es extremadamente rico. Para producción de manzano debe de complementarse con la aplicación de fertilizantes de forma que se cubran las necesidades nutricionales del árbol ya sea al suelo o en forma foliar, (Barbosa, 1994).

### **3.2.2 Vegetación.**

La vegetación es de bosque con asociación de pino piñonero (*Pinus cembroides*) y encino (*Quercus spp*), diversos arbustos y pastos como: navajita, aristada, atriplex y otros.

### **3.2.3. Clima.**

La precipitación media anual es de 430 - 440 mm aproximadamente siendo los meses más lluviosos mayo, junio, julio, agosto y presentándose precipitaciones con menor intensidad en noviembre, diciembre y enero. Las temperaturas más bajas se presentan en los meses de diciembre a marzo y las temperaturas altas se presentan en los meses de mayo a septiembre. La temperatura media anual oscila entre 16 y 22 °C.

### **3.2.4. Agua**

El agua utilizada en este lugar para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo; es bajada desde un manantial que se ubica en la parte alta de la montaña, y se almacena en un deposito de concreto, de donde se distribuye el riego por medio de mangueras. La calidad del agua es C<sub>2</sub> S<sub>1</sub>, la cual puede utilizarse para casi todos los cultivos, sin llegar a causar daños ni utilizar prácticas especiales.

### **3.3. Antecedentes del Sitio Experimental**

La edad de los árboles establecidos en el huerto es de alrededor de 14 años, la producción es baja debido a varios problemas, tales como; deficiencias y desbalances nutricionales, insuficiencia de horas frío y heladas, también se debe al suelo calcáreo, deficiencias hídricas; etc.

### **3.4. Manejo del Huerto**

Generalmente las labores en el huerto son pocas, aunque son las más importantes, van desde rastreo, el empleo de insecticidas se hace solo cuando se

presenta el problema de algunas plagas o bien algunas enfermedades muy severas.

En lo que respecta a la poda, normalmente se realiza cada dos años, no se cuenta con protección para heladas y granizo. Cabe mencionar que durante el ciclo 1997 se hizo la aplicación de un insecticida por la posible presencia de la palomilla en la zona

del Cañón de La Roja, ya que esta zona es libre de esta plaga que afecta al cultivo en el desarrollo y la producción.

### **3.5. Descripción de los Materiales.**

#### **3.5.1. Material Vegetativo.**

El material vegetativo utilizado fueron 32 árboles de aproximadamente 14 años de edad de la variedad *Red Delicious*

#### **3.5.2. Material Fertilizante.**

Se utilizaron fertilizantes químicos orgánicos, conocidos como quelatos que contienen los elementos Fe y Zn; Maxiquel con el agente quelatante EDDHA (Etilen diamina dihidroxifenil ácido acético) y Kelatex con el agente quelatante EDTA (Etilen diamina tetra acético) los dos fueron aplicados en forma foliar.

Cuadro 1. Materiales utilizados y concentración de los elementos.

Producto	Quelato	Concentración en %
Maxiquel Fe/Zn 570 EDDHA.	Zn	11
	Fe	6
Maxiquel Fe	Fe	6
Kelatex	Fe	9
Kelatex	Zn	9

Como fertilización tradicional se realizó una aplicación al suelo de manera uniforme de los nutrientes requeridos para las plantas en su ciclo vegetativo, con una dosis de 50 – 50 – 50, las fuentes utilizadas fueron las siguientes:

Urea	85.67 Kg./ha. (46 – 00 - 00)
Sulfato de potasio	100.0 Kg./ha. (50 – 00 – 00)
Fosfato monoámonico	96.15 Kg./ha. (11 – 50 - 00)

### 3.6. Descripción de los Tratamientos.

La fertilización se realizó tomando cuatro niveles de estudio para cada tratamiento.

Maxiquel Fe 0, 80, 160, 240.(ppm) Zn 0,20, 40, 80. (ppm)  
Combinado

45

Kelatex Fe 0, 80, 160, 240.(ppm) Zn 0, 20, 40, 80.(ppm)

Cuadro 2. Distribución de las dosis de fertilización en los tratamientos.

Tratamiento	Maxiquel Fe/zn	Tratamiento	Kelatex Fe/Zn
1	00-00	5	00-00
2	80-20	6	80-20
3	160-40	7	160-40
4	240-80	8	240-80

Resultando ocho tratamientos y se utilizaron dos de ellos como testigos convencionales.

### 3.7. Diseño experimental y Distribución de Tratamientos.

Para el análisis estadístico de este trabajo se utilizo el diseño experimental de Bloques al azar. Resultando ocho tratamientos con cuatro niveles para cada uno y cuatro repeticiones los que al momento de la aleatorización se distribuyen de la siguiente manera:

Cuadro 3. Distribución de los tratamientos.

Número de árb	Dosis Maxiquel Fe/	Número árbol	Dosis Kelatex Fe/
1	00-00	17	00-00
2	80-20	18	80-20
3	160-40	19	160-40
4	240-80	20	240-80
5	00-00	21	00-00
6	80-20	22	80-20
7	160-40	23	160-40
8	240-80	24	240-80
9	00-00	25	00-00
10	80-20	26	80-20
11	160-40	27	160-40
12	240-80	28	240-80
13	00-00	29	00-00
14	80-20	30	80-20
15	160-40	31	160-40
16	240-80	32	240-80

### 3.8 Modelo Estadístico.

$$y_{ij} = \mu + T_i + B_{ij} + E_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, t$  tratamientos.

$j = 1, 2, \dots$ , bloques o repeticiones.

$$E_{ij} \sim NI(0, \sigma^2).$$

$y_{ij}$ = respuesta del tratamiento i-esimo en su repetición j-esima.

$\mu$ = efecto general o media general que es común a cada una de las unidades experimentales.

$T_i$ = efecto del i-esimo tratamiento.

$B_j$ = efecto del j-esimo tratamiento.

$E_{ij}$ = error experimental, (suposición homogeneidad de varianza).

47

### **3.9. Evaluación de los tratamientos.**

#### **3.9.1. Mediciones al suelo.**

Se realizaron 2 muestreos al suelo.

1. El primero se realizó el día 26 Enero de 1997, en toda el área de estudio, este se hizo al azar, obteniéndose primeramente 6 Kg de suelo, luego se mezclaron para obtener una muestra general homogénea, representativa de 3 Kg de suelo y se realizó con la finalidad de determinar las características Físico – Químicas del suelo perteneciente al área experimental.

2. El segundo muestreo se realizó el día 28 de agosto de 1997, realizando un muestreo en cada unidad experimental (árbol), mezclando las muestras obtenidas de cada árbol pertenecientes a los tratamientos correspondientes para obtener una

muestra representativa por tratamiento, para determinar el contenido de nutrientes disponibles para el desarrollo adecuado del cultivo, y con el fin de observar el comportamiento de los nutrientes hasta la cosecha.

48

Cuadro 4. Metodología utilizada para cada parámetro en los análisis de suelo.

Parámetros	Metodología
Nitrógeno Total (N)	Calculo
Fósforo (P)	Olsen
Potasio (K)	Cobaltinitrito de sodio
Calcio (Ca)	Volumetria
Magnesio (Mg)	Volumetria
Hierro (Fe)	Hach
Zinc (Zn)	Hach

### **3.10. Mediciones en la Planta.**

#### **3.10.1. Determinación de la Clorofila.**

El contenido de clorofila se determinó en las hojas de manzano, se hizo con la toma de hojas de cada árbol en su parte media puesto que es la zona donde se

encuentra la mayor parte de los pigmentos. Esta determinación se realizó por el método: Determinación cualitativa de clorofila.

### **3.10.2. Determinación de Fe y Zn.**

Para la determinación de estos elementos fue necesario hacer análisis foliar para cada uno de ellos, por medio del método de Cenización. El análisis fue hecho a mediados de agosto, fecha recomendable para hacer los análisis de la mayoría de los elementos en el cultivo de manzano.

49

## **3.11. Características que se Evaluaron al Cultivo.**

### **3.11.1. Rendimiento de Frutos.**

Este parámetro se evaluó al momento de la cosecha por conteo directo en forma general para todos los tratamientos y en forma particular para cada categoría, se obtuvo el número total de frutos y el número de frutos por categorías.

Se obtuvo el peso total por cada tratamiento, esto se realizó en campo al momento de la cosecha, con la ayuda de una báscula previamente calibrada.

Posteriormente se seleccionó la manzana por categorías, obteniéndose el peso. Las medidas de los diámetros utilizados para la clasificación por categoría son las siguientes.

Cuadro 5. Medidas de las manzanas por categoría.

Categorías	Diámetros
Extra	Mayor de 6.7 cm.
Primera	6.2 – 6.6 cm.
Segunda	5.5 – 6.1 cm.
Tercera	Menor de 5.5

### **3.11.2. Calidad de Fruto.**

Esta se obtuvo al seleccionar al momento de la cosecha con la ayuda de las tablas seleccionadoras, después de cada categoría se seleccionaron 3 manzanas para medir resistencia de la cutícula y grados Brix (°B).

### **3.11.3. Resistencia de la Cutícula.**

Se determinó en el laboratorio mediante el uso del penetrómetro, tomando dos lecturas de cada manzana, de las 3 que fueron seleccionadas por categoría.

### **3.11.4. Grados Brix (°B).**

La concentración de azúcares (Grados Brix ), se analizó con la ayuda del refractómetro y consistió en dos lecturas para cada manzana.

### **3.11.5. Crecimiento Longitudinal y Grosor de Ramas.**

Para determinar el crecimiento de ramas se seleccionaron, en los 4 puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste), para cada uno de los árboles, las medidas se hicieron cada 40 días, para determinar la longitud y grosor, así como el efecto de los nutrientes aplicados, mencionados anteriormente. Las mediciones se realizaron con la ayuda de una regla métrica graduada en cm, para la medición de la longitud y un vernier para la medición del grosor.

51

52

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1. HIERRO (Fe) en la PLANTA**

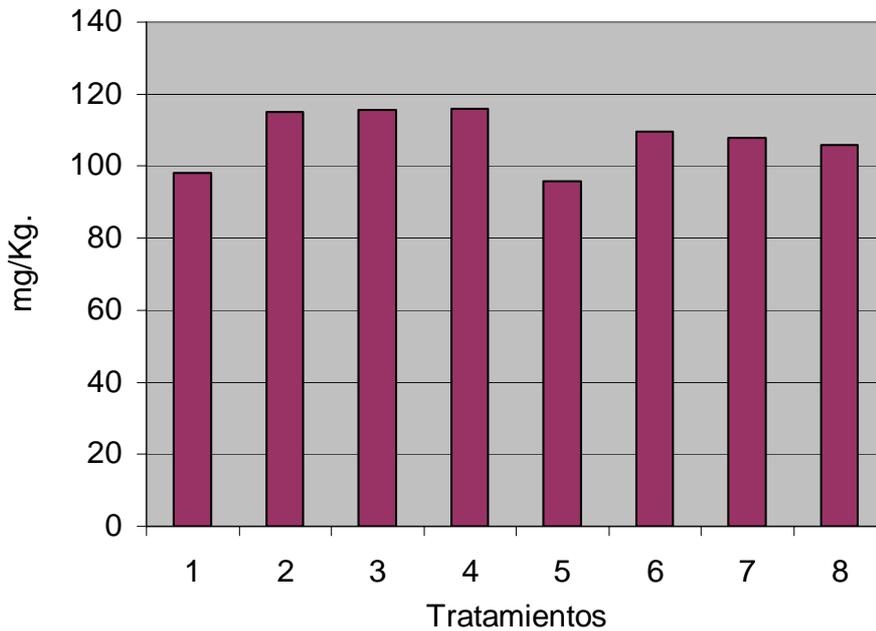
En la figura 2; se presentan los valores de la concentración de Fe en el tejido, donde se observa que los tratamientos con alto contenido de Fe fueron los siguientes: T<sub>2</sub> (80-20), T<sub>3</sub> (160-40), T<sub>4</sub> (240-80); a los cuales se les aplicó el agente quelatante EDDHA y el T<sub>6</sub> (80-20), con la aplicación del agente quelatante EDTA.

Cabe mencionar que el tratamiento con menor asimilación es el T<sub>8</sub> (240-80), de EDTA.

La concentración de Fe en la planta se incrementa al aumentar la dosis de aplicación en el caso del agente quelatante EDDHA y para el caso del EDTA es a la inversa al aumentar la dosis de aplicación la asimilación baja, esto quiere decir que para corregir la clorosis férrica es necesario aplicar el hierro en combinación con el zinc contenidos en el agente quelatante EDDHA.

53

Figura 2. Valores de Fe en la Planta en mg/Kg (ppm).



53

La razón por la que el tratamiento T4 sobresale es que existe una mayor capacidad del agente quelatante EDDHA para retener el elemento Fe bajo condiciones adversas y ponerlo disponible para la planta con mayor facilidad, también a que hay un menor rango de diferencia en el contenido de los elementos Fe y Zn, con respecto a la relación 3:1 que existe entre ellos.

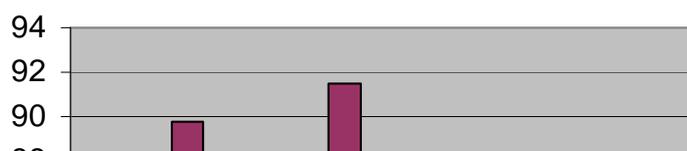
#### 4.2. Zn en la Planta.

En la figura 3, se presentan los valores de Zn en la planta en mg/ Kg. (ppm), se puede constatar que el tratamiento con mayor contenido de Zn es el T4 (240-80), seguido por el T2 (80-20), manteniéndose más o menos estable

54

en los tratamientos T<sub>3</sub> (160-40) y T<sub>8</sub> (240-80); por el contrario los tratamientos T<sub>6</sub> (80-20) y el T<sub>7</sub> (160-40), muestran un contenido de Zn menor que los testigos donde se puede comprobar que la dosis establecida de mayor aprovechamiento de Fe y Zn es de 240-80 mg/kg correspondiente al tratamiento 4 con la utilización del agente quelatante EDDHA.

Figura 3. Valores de Zn en la Planta en mg/Kg.



La razón por la cual el tratamiento T4, tiene mayor concentración de Zn es porque fue aprovechado por la planta, cuando la dosis de aplicación es de 240-80 mg/Kg de Fe/Zn con el agente quelatante EDDHA; pero cuando se hace la aplicación de la misma dosis con el agente quelatante EDTA, la concentración disminuye; lo cual significa que hay una mayor eficiencia para poner disponible este elemento por parte del EDDHA, en aplicación foliar.

55

#### **4.3. Fe en el Suelo.**

En la figura 4, se presentan los valores de Fe en el suelo, donde se obtiene como resultado que

los tratamientos con mayor contenido de Hierro fueron el T<sub>1</sub> (00-00), T<sub>3</sub> (160-40) y el T<sub>4</sub> (240-80), sobre saliendo el T<sub>1</sub>. Esto nos indica que hay una fijación de Hierro en el suelo o que no esta en una forma disponible para la planta.

Haciendo mención que el Fe puede ponerse en forma disponible cuando se aplica una dosis (80-20) Fe/Zn del T<sub>2</sub> y es más aprovechable cuando se tiene una interacción de Fe/Zn con las dosis (80-20) del tratamiento T<sub>2</sub> y (240-80) T<sub>8</sub>, con el EDDHA y EDTA de los tratamientos respectivamente.

Los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub>, son los que presentan menor concentración de Fe, en el suelo lo cual quiere decir que el Fe fue aprovechado por la planta, principalmente en los que se aplicó el agente quelatante EDTA, con una dosis de 240-80 mg/Kg. de Fe/Zn.

Por el contrario los tratamientos con la aplicación del agente quelatante EDDH, se obtuvo poca asimilación ecepto en el tratamiento T<sub>2</sub> (80-20) mg/Kg de Fe/Zn.

Al mostrar un mayor contenido de Fe el T1 (00-00), se demuestra que hay suficiente Fe en el suelo pero la mayoría de este no esta en forma asimilable para la planta, se asume que la asimilación es inhibida por el calcio.

#### **4.4. Zn en el Suelo.**

Se presentan en la figura 5, los valores de Zn en el suelo, los tratamientos con mayor contenido de Zn son: T1 (00-00), T7 (160-40) y T4 (240-80). Los tratamientos con menor contenido de Zn son: T2

(80-20), T5 (00-00), testigo convencional y el T8 (240-80).

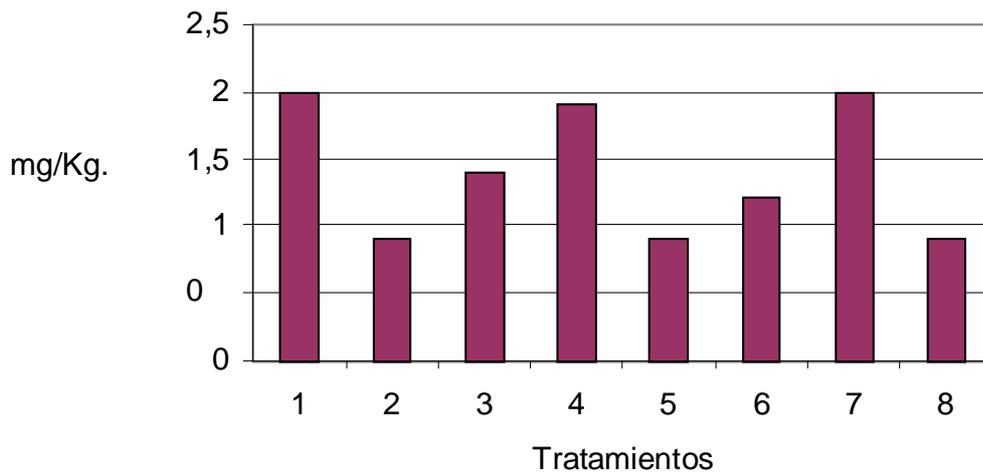
57

Mencionando que el Zn se pone disponible para la planta cuando se aplica el agente quelatante EDTA, con la dosis (240-80) y (80-20) mg/kg. de Fe/Zn correspondientes a los tratamientos T<sub>8</sub> y T<sub>6</sub>, respectivamente. También se encuentra disponible con la dosis (80-20) mg/Kg de Fe/Zn del tratamiento T<sub>2</sub> con el agente quelatante EDDHA, el

testigo convencional T<sub>5</sub> (00-00), muestra mayor asimilación de Fe. Lo que indica que el Ca inhibe la asimilación del Zn.

Como el tratamiento T<sub>1</sub> (00-00), tiene un mayor contenido de Zn se demuestra que existe este elemento en el suelo pero no se encuentra en forma disponible para la planta por que el alto contenido de calcio en forma de carbonatos lo inhibe.

Figura 5. valores de Zn en el Suelo



#### 4.5. Interacción Fe/Zn en el Suelo y Planta.

En las figuras 4 y 5, las mejores interacciones de Fe/Zn que más respondieron a la asimilación de Fe/Zn por la planta son: T<sub>2</sub> (80 -

20), T<sub>8</sub> (240 - 80) con una dosis de fertilización en Fe/Zn respectivamente y con la aplicación del agente quelatante EDDHA y EDTA respectivamente, comparados con el resto de los tratamientos los cuales muestran una interacción muy semejante entre ellos en cuanto al contenido de Fe/Zn.

Cabe mencionar que el tratamiento T<sub>4</sub> tiene mayor concentración de Fe/Zn comparado con los otros tratamientos , contradiciendo con lo que dice Fuentes (1983).

Los tratamientos que mejor respondieron a la asimilación de Fe/Zn por la planta son: T<sub>2</sub> (80-20), T<sub>5</sub> (00-00) y T<sub>8</sub> (240-80); al tener menor contenido estos de Fe y Zn en el suelo. Caso contrario a los tratamientos T<sub>6</sub> (80-20) y T<sub>7</sub> (160-40), en los cuales hay mayor contenido de Zn que de Fe.

#### **4.6. CALCIO (Ca)**

Alvarez (1988), indica que el manzano no es muy exigente en cuanto a Ca, hace referencia de que es un elemento que favorece al desarrollo, calidad del fruto, su contenido de azúcar e interviene en la maduración,

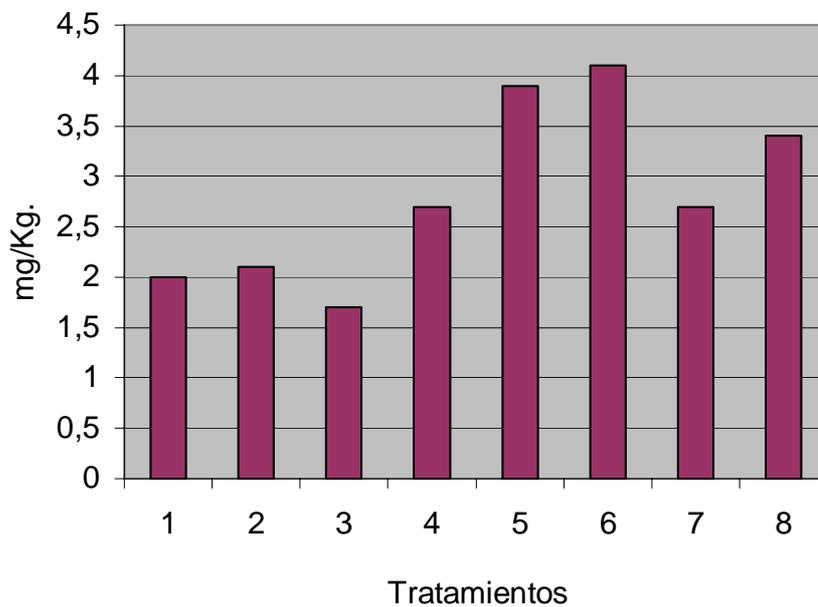
59

da mayor resistencia al ataque de insectos, aumenta la coloración y conservación de la manzana y disminuye el riesgo de la mancha amarga o acorchado (biter-pitt).

En la figura 6, se presentan los valores de Ca soluble en el suelo, los cuales tienen el siguiente comportamiento: los tratamientos con mayor contenido son el T<sub>6</sub> (160 - 40), seguido por los tratamientos T<sub>5</sub> (00 - 00), T<sub>8</sub> (240 - 80) y T<sub>4</sub> (240-80), de Fe/Zn, lo que indica una menor asimilación de este elemento por la planta, al haber una cantidad mayor de Ca soluble en el

suelo, cuando se hace la aplicación de EDTA como agente quelatante para el caso de los tres primeros tratamientos y para el T<sub>4</sub> con el EDDHA.

figura 6. valores de Ca Soluble en el Suelo en mg/kg.



Los tratamientos que tienen mejor aprovechamiento de Ca por la planta, ya que hay un menor contenido de este en el suelo los cuales son: el T<sub>3</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>; que se les aplico el EDDHA. El

T7 con EDTA, registra un valor medio de Ca con respecto al resto de los tratamientos, Caso contrario con los tratamientos T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>4</sub>, que contienen más Ca en el suelo y por consiguiente hay menor asimilación.

#### **4.7. Magnesio (Mg)**

INPOFOS (1998), indica que los síntomas de deficiencia de magnesio (Mg), primero aparece en las hojas más viejas, debido a que el magnesio es translocado dentro de la planta. Las hojas muestran una coloración amarillenta, bronceada o rojiza, quedando las venas de las hojas de color verde.

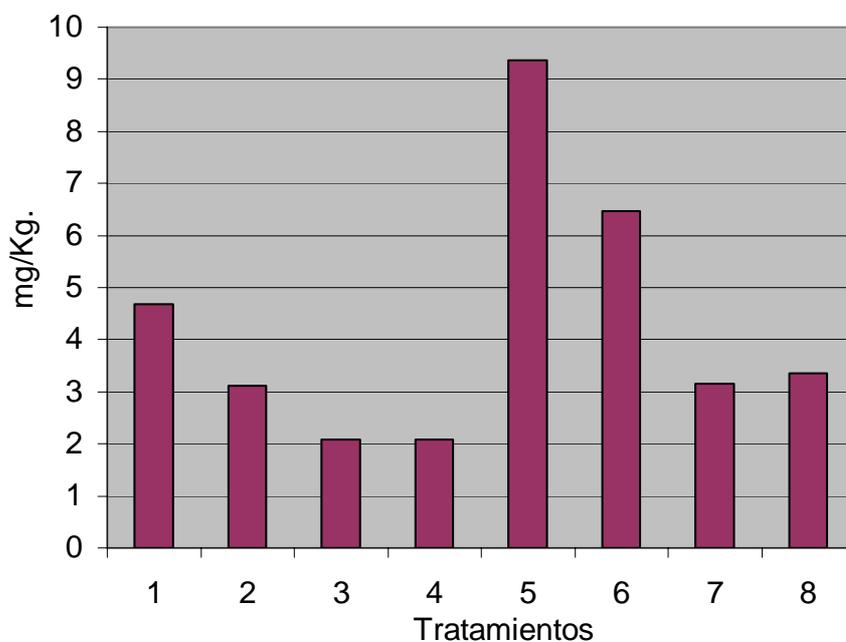
El desequilibrio entre el Ca y el Mg en el suelo acentúa la deficiencia de magnesio, cuando la relación Ca - Mg se hace muy alta las plantas absorben menos Mg. Esto puede ocurrir cuando se usa cal calcífica por varios años en suelos

relativamente bajos en Mg. La deficiencia de Mg también puede provenir de altas dosis de potasio o nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4^+$  cuando los suelos tienen niveles marginales de Mg.

61

La figura 7, se presentan los valores de Mg en el suelo, el tratamiento  $T_6$ , es que el mayor contenido de Mg, en poca menos cantidad le siguen  $T_5$ ,  $T_8$ ; estos corresponden a la aplicación de EDTA, lo que demuestra que la asimilación del elemento fue menor a lo largo del ciclo de producción. También pertenece a este agente quelatante el  $T_2$  cuyo contenido de Mg es mucho menor y por lo cual la asimilación de Mg aumenta. Esto sucede ya que existe un antagonismo entre el Fe y Mg principalmente, en la presencia elevada de Ca, por lo cual se considera estos elementos.

Figura 7. valores de Mg en el Suelo en mg/Kg.



Los tratamientos que muestran las cantidades más bajas de Mg, son: T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub>, esto nos indica que el aprovechamiento del elemento es mejor cuando se hace la aplicación de EDDHA.

En la interacción Ca/Mg comparando las figuras 6 y 7 se observa que el mejor tratamiento es el T3 donde hay una mejor asimilación de los dos nutrientes.

#### **4.8. Clorofila Total**

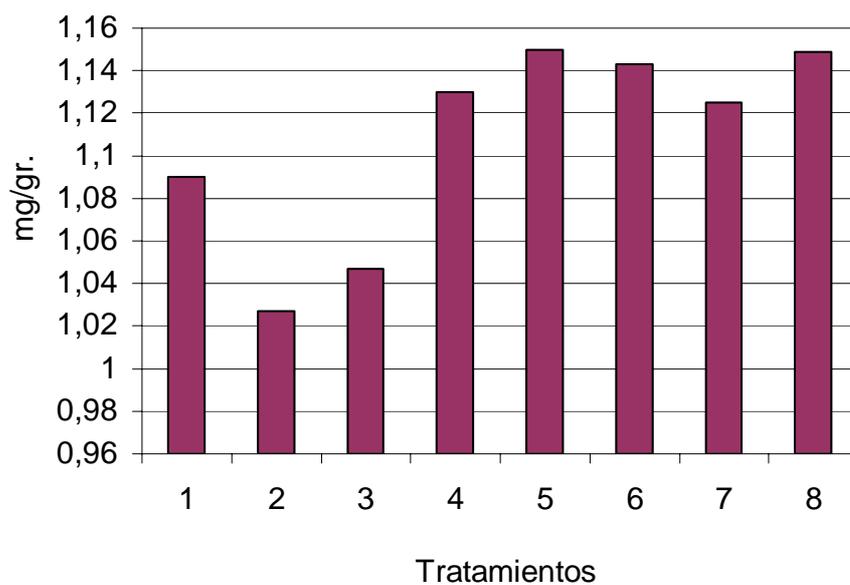
Tamhane (1983), menciona que las plantas son capaces de dejar entrar elementos esenciales a través de las hojas. La entrada tiene lugar mediante los estomas y a través de la cutícula de las hojas, el movimiento de los elementos es más rápido a través de los estomas, pero la absorción total puede ser la misma a través de la cutícula. Los siguientes elementos utilizados para suministrar nutrimentos para el desarrollo de las plantas, se rociaron sobre las hojas; N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo.

En la figura 8, se presentan los valores medios de clorofila total en la planta en mg/gr.

Se observa que con respecto a la interacción Fe/Zn el tratamiento con mayor contenido de clorofila es el tratamiento T<sub>6</sub>, lo cual quiere decir que la dosis de 160-40 mg/Kg de Fe/Zn es la que mejor actúa sobre la clorofila, también se observa que el tratamiento con menor contenido es el T<sub>2</sub>,

63

Figura 8. Valores medios de Clorofila Total en mg/gr, para Manzana en el Cañón la Roja, Arteaga Coah.1997



el contenido de este tratamiento estuvo por debajo del testigo. La diferencia entre el tratamiento con mayor contenido de clorofila y el de menor contenido es muy pequeña por lo que se asume que no hay diferencia entre los tratamientos.

Uno de los fundamentos que se pueden hacer es que en este ciclo no se presentan grandes deficiencias de los elementos Fe y Zn, Por lo cual no aparecen grandes diferencias en los tratamientos para el contenido de clorofila.

#### **4.9. Firmeza del Fruto.**

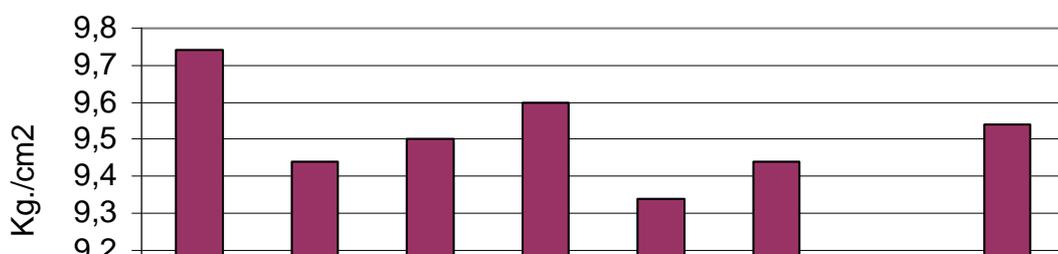
La figura 9, presenta los valores medios de resistencia a la penetración de la fruta en  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ , se puede observar, que los tratamientos se encuentran entre los valores de 9.182 - 9.745  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Los tratamientos con mayor resistencia a la

penetración en la cutícula del fruto fueron el  $T_1(00-00)$ ,  $T_4 (240-80)$ ,  $T_8 (240-80)$ ; superando el  $T_1$  a los otros dos, siendo este el testigo. Por el contrario los tratamientos con menor resistencia de la cutícula son;  $T_7 (160-40)$ ,  $T_5 (00-00)$ ; estando en un valor medio los tratamientos  $T_2 (80-20)$ ,  $T_3(160-40)$  y  $T_6 (80-20)$ .

Esto significa que entre todos los tratamientos incluyendo los testigos no hay una variación muy grande en cuanto a la firmeza del fruto y nos permite observar que las dosis utilizadas en los tratamientos no influyen; este parámetro nos ayuda a calcular el tiempo de conservación de la fruta.

65

figura 9. Valores Medios de Firmeza en la cutícula en Kg/cm<sup>2</sup>.



El tratamiento T1, presenta mayor resistencia a la penetración por la cantidad de Ca soluble en el suelo que fue aprovechado por la planta, dando una mayor resistencia a la penetración y mayor tiempo de conservación de la fruta como lo menciona Álvares (1988).

#### **4.10. Grados Brix (°B).**

Este indicador sirve para identificar los elementos que dan un mayor contenido en el contenido de azúcar en la fruta, también es un

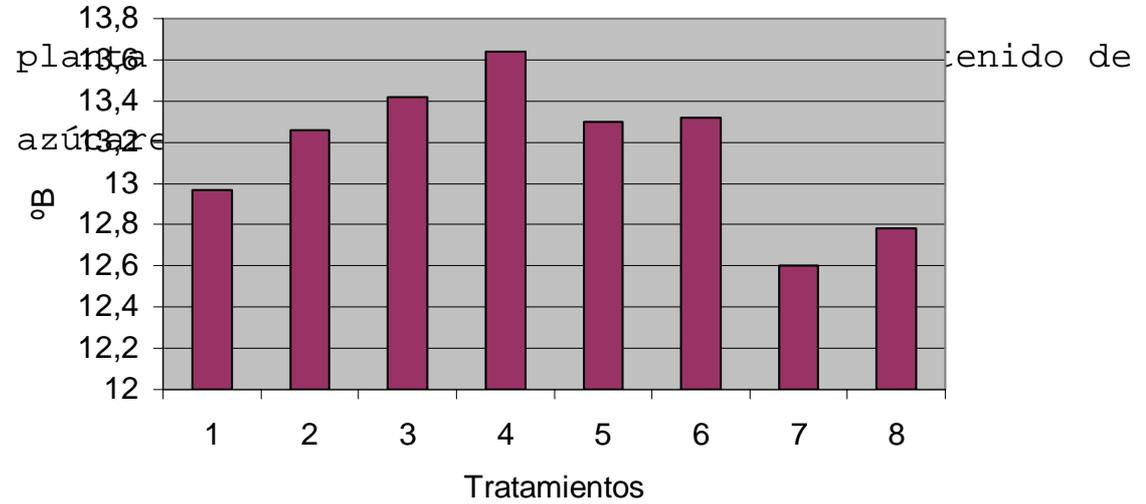
indicador de la calidad de la fruta; los elementos y la dosis que tienen influencia sobre esta variable.

66

En la figura 10, se presentan los valores medios del contenido de azúcares en la manzana, en grados Brix; la media del contenido de azúcar en los tratamientos esta entre 12.60 y 13.64 grados Brix ( $^{\circ}$ B). Se observa que el tratamiento con mayor contenido de azúcar es el T<sub>4</sub> (240-80), seguido por T<sub>3</sub> (160-40), T<sub>6</sub> (160-40), superando al testigo convencional T<sub>5</sub> (00-00); el tratamiento T<sub>2</sub> (80-20), se mantuvieron casi al mismo nivel que el testigo y los tratamientos T<sub>1</sub>(00-00), T<sub>8</sub> (240-80), T<sub>7</sub> (160-40), son los que tienen menor contenido de azúcares.

En lo que se refiere a la relación Fe/Zn, el tratamiento que obtuvo mejor contenido de azúcares fue el T<sub>4</sub> (240-80), con EDDHA. Los tratamientos que presentan menor contenido de azúcares son T<sub>7</sub> (160-40) y T<sub>8</sub> (240-80), estos tratamientos coinciden con las figuras 4 y 5, lo cual nos indica que un

Figura 10. Valores medios en el contenido de azúcar en la manzana (grados Brix (°B)).



#### 4.11. Rendimiento.

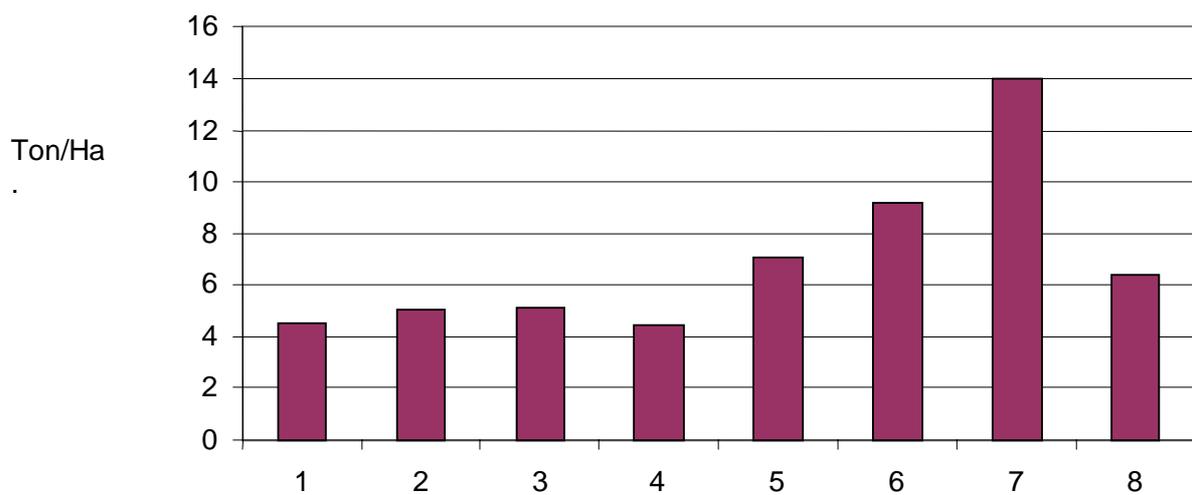
En la figura 11, se observan los valores medios de la producción total, se observa el tratamiento con mayor producción; T<sub>7</sub> (160-40), con

una producción de 14.05 ton/ha; seguido por los tratamientos T<sub>6</sub> (80-20) y T<sub>5</sub> (00-00) con una producción de 9.15 y 7.10, respectivamente; haciendo notar que el T<sub>5</sub> es testigo convencional. Los tratamientos que tuvieron baja producción son T<sub>4</sub> (240-80) y T<sub>1</sub> (00-00) con una producción de 4.44 y 4.48 ton/ha respectivamente.

Con respecto a la interacción Fe/Zn los tratamientos que obtuvieron mayor producción son el T<sub>7</sub> con una producción que supera por mucho el resto de los tratamientos con 14.05 ton/ha. Caso contrario a los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>8</sub>, los cuales tuvieron una producción por de bajo del testigo, con 4.44, 4.48, 5.00, 5.15, 6.38, se observa también que la producción para los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> esta por de bajo de la media de producción en la región; el testigo T<sub>5</sub> obtuvo una producción de 7.10 ton/ha.

Es importante mencionar que el tratamiento que obtuvo mayor rendimiento fue el T<sub>7</sub> (160-40), de Fe/Z con la aplicación de EDTA; en una huerta de temporal.

Figura 11. Valores medios de Producción Total de la manzana en Ton/ha. enel cañón de la Roja, Arteaga Coahuila



#### **4.12. Calidad del Fruto.**

Para analizar esta variable fue necesario dividirla en cuatro categorías, para dar a conocer los resultados de la variable en una forma más detallada, es decir; extra, primera, segunda y tercera. Los cuales son presentados en la figura 12.

##### **4.12.1. Extras.**

El tratamiento que mejor se comportó o que mayor producción de extras obtuvo fue el T<sub>7</sub> (160-40), con una producción media de 6.556 ton/ha y el tratamiento que menor producción obtuvo fue el T<sub>4</sub> (240-80), con una producción de 0.862 ton/ha; teniendo una producción muy por de bajo del testigo.

Con respecto a la interacción Fe/Zn el tratamiento que mejor resultado fue el T<sub>7</sub>, con una aplicación de (160-40) mg/kg de EDTA, obteniendo una producción de 14.05 ton/ha. Caso contrario al tratamiento T<sub>4</sub>, con una aplicación de (240-80) mg/Kg de EDDHA, obteniendo la producción más baja con 0.862 ton/ha.

#### **4.12.2. Primeras.**

El tratamiento que sobresale es el T<sub>7</sub> (160-40), con 4.756 ton/ha. Por el contrario el tratamiento con menor producción fue el T<sub>1</sub> (00-00), con 0.987 ton/ha.

En la interacción Fe/Zn el tratamiento que sobresale es el T<sub>7</sub> y el tratamiento con menor producción es el T<sub>1</sub>. Superando todos los tratamientos al testigo.

70

#### **4.12.3. Segundas.**

Para esta variable podemos observar que el tratamiento con mayor producción fue el T<sub>7</sub>, con 1.756 ton/ha; seguido por el tratamiento T<sub>6</sub> con 1.681 ton/ha y el T<sub>4</sub>, con 1.612 ton/ha. Los tratamientos con menor rendimiento son T<sub>3</sub>, con 0.796 y el T<sub>1</sub> con 0.531 ton/ha.

En la interacción Fe/Zn, los tratamientos en que mejor producción se obtuvo son: T<sub>7</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>4</sub>. Se debe mencionar que no se obtuvo una baja producción ya que se superó al testigo. Haciendo

mención que el tratamiento T<sub>7</sub> (160-40), sigue manteniendo buena producción.

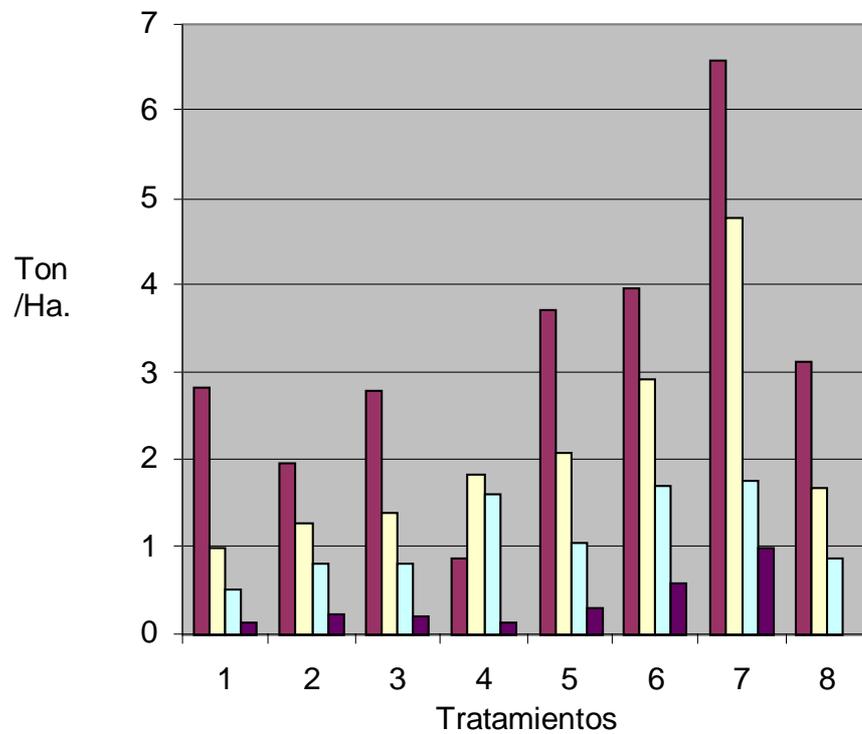
#### **4.12.4. Terceras.**

Esta variable nos permite observar el contraste que existe entre el tratamiento T<sub>7</sub> y respecto de los tratamientos. El tratamiento con mayor producción es el T<sub>7</sub> con 0.981 ton/ha, seguido por el T<sub>6</sub> con 0.583 ton/ha y el tratamiento con menor producción es el T<sub>1</sub> con 0.140 ton/ha, siendo este el testigo.

En la interacción Fe/Zn el tratamiento T<sub>7</sub>, es el que mejor respondió, confirmando que es el mejor tratamiento en cuanto a la producción se refiere, aumentando la calidad de la fruta considerablemente; y el tratamiento con menor producción es el T<sub>1</sub> (testigo). El resto de los

tratamientos supera al testigo por lo tanto con la interacción de estos elementos aumenta la producción.

Figura 12. Valores Medios de producción por Categoría en Ton/Ha de manzana en el Cañón de la Roja Arteaga, Coahuila



**V. Conclusiones.**

Con base al análisis y discusiones de los resultados obtenidos, se derivan las siguientes conclusiones.

**5.1** La aplicación combinada de Fe/Zn en forma foliar, influye para corregir la clorosis férrica en el cultivo del manzano, proporcionando un mejor aprovechamiento (absorción) de los mismos, existente en los suelos calcáreos de la región, esto se demuestra con

los análisis de clorofila total en la planta.

**5.2** El tratamiento con mejor interacción Fe/Zn fue el T4 (240-80) mg/Kg. A base de EDDHA y también se puede decir que el tratamiento T6 (80-20) mg/Kg. de Fe/Zn con EDTA.

**5.3** Con la aplicación de Fe/Zn al manzano no se observa una diferencia muy grande en la firmeza de la cutícula de la manzana,

manteniéndose un promedio de 9.1820 - 9.7445 Kg./cm<sup>2</sup>; para todos los tratamientos, ya que el elemento que influye en mayor grado es el Ca.

**5.4** Con la aplicación de Fe/Zn, se presenta mejor respuesta al contenido de azúcares con la dosis (240-80) mg/Kg. de EDDHA; con 13.6400 °B, superando al testigo con 0.6745 °B, el promedio de los tratamientos es de 12.5995 - 13.6400 grados Brix °B.

**5.5** Concretando la conclusión y de acuerdo con las hipótesis y objetivos planteados al principio; el tratamiento que mejor respondió fue el T4 (240-80) mg/Kg. de Fe/Zn con EDDHA, por el contenido de los elementos Fe y Zn en la planta y suelo, logrando una eficiencia en la síntesis de la clorofila de 1.2426 mg/gr. que se encuentra como satisfactorio comparado con los otros tratamientos.

**5.6** En cuanto a aumentar el contenido de azúcares el tratamiento con mayor cantidad fue el T4 (240-80) mg/Kg. de Fe/Zn con EDDHA con 13.6400 grados Brix (°B) .

**5.7** En la comparación de los agentes quelatantes EDDHA y EDTA, para los objetivos e hipótesis del trabajo. El mejor es el EDDHA, porque tiene una mayor influencia en el contenido de azúcares y en el contenido de Fe/Zn en la planta

para solucionar el efecto de fijación, por tener una eficiencia satisfactoria en la síntesis de clorofila.

**5.8** Por ultimo como observación directa a los agentes quelatantes en cuanto a la producción; el EDTA tiene un mayor efecto sobre la producción total y en particular el T7 (160-40) mg/Kg. de Fe/Zn respectivamente con un rendimiento de 14.05 Ton/Ha, superando en calidad por categorías, extras

6.556 ton/ha, primeras 4.756 ton/ha, segunda 1.756 ton/ha y en producción total a todos los tratamientos; obteniéndose una producción económicamente aceptable para una huerta de temporal.

## **VI. LITERATURA REVISADA.**

Arias 1991, Memorias del IV Ciclo de Conferencias Sobre el Cultivo del Manzano SARH/INIFAP, Saltillo Coauh.

Alvarez R. 1988, El manzano 5ª Edición. Editorial AEDOS. Barcelona España.

Alvarez R. S. 1974. El Manzano 1ª Edición publicación de Extensión Agrícola Madrid España.

Barbosa C. V. 1994, Paquete tecnológico para cilantro (*coriandrum sativum* L.) en un suelo arcilloso en el cañón de la Roja, Arteaga, Coah. Tesis, U A A A N.

Barbosa V. R. 1993, Uso y Manejo de Fertilizantes foliares. Monografía. Suelos U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Bidwell R. G. S. 1979 Fisiología Vegetal. AGT Editora México D. F.

Calderón A. E. 1983, La poda de los árboles frutales 3ª edición, Editorial Limusa México DF.

Calderón A. E. 1989 Fruticultura general Editorial Limusa México d. F.

Cepeda D. J. M. 1991, Química de suelos U. A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila México.

Coutanceau M. 1982 Fruticultura (Técnica y economía de *Rosaceas* leñosas productoras de frutas Editorial Aedos, S. A. Barcelona España.

Edmon J. B. 1976, Principios de la Horticultura. 3ª Edición, Traducida por Federico G. Editorial. C. E. C. S. A. México.

Fuentes y J. L. 1983 El suelo y los Fertilizantes. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid España.

Foth H. D. 1972, Fundamentals of soil science Jhon Wiley & Jons, New York.

75

IPOFOS. 1988. Manula de fertilidad de los suelos. Fundación for agronomic. Research. (Far), Potash & Phosphate Institute of Canadá (P.P. I. C), 1ª Reimpresión en español Atlanta, Georgia. USA.

Jones U. S. 1982. Fertilizers & Soil Fertility Reston Publishing company, Reston Virginia.

Juscafresa, 1974, Como ganar dinero con el cultivo de frutales 1ª Edición. Ediciones Sartebi Barcelona España.

Juscafresa B. 1978. Arboles Frutales 6ª Edición Aedos S. A. Barcelona España.

Lamonarca. F. 1979 Lo Arboles Frutales , Editorial de Vichi, S. A. Barcelona España.

López C. E. Análisis de economía frutícola Ediciones Dilagro Ledira España.

Martínez P. M. 1974. Agricultura Práctica, Editorial Ramón Sopena, S. A. Barcelona España.

Martínez, R. O. A, R. D. Valdés, R. Méndez, 1989, XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

Norvell 1983, Some Aspects on the use of metal chelates as micronutrients fertilizers surces, Soil Science

Ochoa B. 1994. Influencia del K, Mg, y Ca Sobre calidad de manzana (*Malus silvestris mill*), en Arteaga, Coah. Tesis U.A. A. A. N.

Ortega Torres P. 1983 Química de suelos Universidad Autonoma de Chapingo Departamento de suelos Patena AC. Chapingo, México.

Tiscornia R. J. Cultivo de plantas frutales Editorial Albatros Buenos Aires.

Ramírez R. H. y Cepeda M. 1988 El Manzano Editorial Trillas México D. F.

Ramírez, R. H.1993, El Manzano, E. D. Trillas, México D. F.

Rodríguez Suppo F. 1989. Fertilizantes (Nutrición vegetal), AGT Editor, S. A. México D. F.

76

Rossell J. E. 1961. Soil Conditions And Plant Growth. 9ª Edición. Long Man Grait Britain. P. 532

Russell E. W. Y Ulrich 1964. Soil Conditions and plant growth, Impreso en Inglaterra por Lowe Brydone, Ltd, London.

Ryugo K. 1993. Fruticultura Ciencia y Arte AGT Editor, S. A. México D. F.

Ryugo K. 1985. Promoción and inhibición of flower initiation and fruit set by plant manipulation and hormones review. " Growth Regulators in Fruit Production". Rimini, Italia

SARH/DGPA. Sistema Producto, Frutales caducifolios datos básicos. Edición, 1994.

Schneider G. W. 1958 Cultivo de Arboles Frutales traducido por Celedonio S. M. México.

Tamaro D. Dr. 1974. Tratado de fruticultura. G. Gili. S. A. Barcelona España.

Taylor S. 1982. Physical, edaphology, The Physics of irrigated and nonirrigated soils. W: H. Freeman and Company San Francisco.

Trocme S. 1979, Suelos y Fertilización en Fruticultura E. D. Mundiprensa, Madrid, España.

Wallace T. 1966, Producción Comercial de Manzana y Peras, traducido por Elias F. Editorial Acriba Zaragoza España.