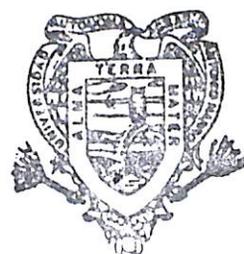


LA RELACION Mn/Zn EN LA PRODUCCION DE
MANZANA DE CALIDAD C. V. Golden delicious, EN
SUELOS CALCAREOS

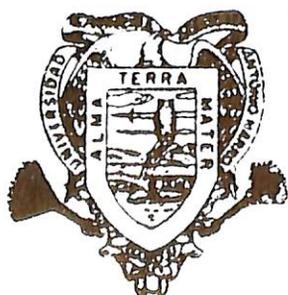
ESTEBAN JOAQUIN MEDINA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE SUELOS



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TIEMPO
U.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 2002

13514

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

LA RELACION Mn/Zn EN LA PRODUCCIÓN DE MANZANA DE CALIDAD
C.V. *Golden delicious*, EN SUELOS CALCAREOS

TESIS

POR

ESTEBAN JOAQUIN MEDINA

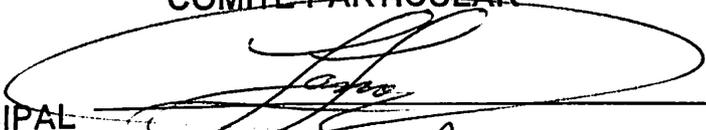
ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

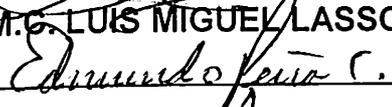
EN SUELOS

COMITÉ PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL


M.C. LUIS MIGUEL LASSO MENDOZA

ASESOR:


DR. EDMUNDO PEÑA CERVANTES

ASESOR:


M.C. REYNALDO ALONSO VELAZCO


DR. RAMIRO LOPEZ TRUJILLO
SUBDIRECTOR DE POSTGRADO



Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio de 2001

BIBLIOTECA
ECIDIO GARRIBONATO
BANCO DE TESIS
UAAAN

13514

COMPENDIO

La Relación mn/zn En La Producción De Manzana De Calidad c.v. *Golden delicious*, En Suelos Calcareos

POR

ESTEBAN JOAQUIN MEDINA

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio 2002

M.C. LUIS MIGUEL LASSO MENDOZA –ASESOR–

PALABRAS CLAVE: Manzano (*Malus spp*), Nutrición Vegetal, Suelos Calcáreos, Zinc, Manganeso.

El presente trabajo se realizó en el municipio de Arteaga, Coahuila, México, durante el ciclo agrícola 1998. Se realizaron aplicaciones de los micronutrientes zinc y manganeso vía foliar en dosis de 0,20,40,80 ppm de zinc y para el manganeso de 0,60,90,120 ppm; resultando 16 tratamientos con tres repeticiones.

El crecimiento longitudinal de ramas presentó una diferencia altamente significativa entre tratamientos en los cuatro puntos cardinales.

El diámetro de ramas presentó diferencias entre tratamientos en los puntos cardinales Sur y Este y para los puntos Norte y Oeste no se obtuvo ninguna diferencia.

Para el crecimiento del fruto en su diámetro polar del punto cardinal Sur se obtuvo diferencia entre tratamientos, no así en el punto Este.

El crecimiento del fruto en su diámetro ecuatorial del lado Sur obtuvo una diferencia entre tratamientos y para el Este no existió diferencia alguna.

Los grados brix mostraron diferencias a la aplicación de los micronutrientes.

El rendimiento fue clasificado en categorías; por lo que las categorías segunda y tercera no presentaron diferencias estadísticas; las categorías extra,

primera y el rendimiento total si presentaron diferente respuesta a la aplicación de los microelementos.

Para los microelementos zinc y manganeso en la planta, ambos se encuentran dentro del rango de suficiencia según Benton (1991).

Ambos micronutrientes sí influyen tanto en el crecimiento vegetativo como del fruto, así mismo también afectan el rendimiento, los grados brix y la concentración de estos en la planta de manzano.

ABSTRACT

THE RELATION Mn/Zn IN THE PRODUCTION OF APPLE OF QUALITY C.V.
Golden delicious, IN CALCAREOUS SOILS

BY

ESTEBAN JOAQUIN MEDINA

MASTER OF SCIENCE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. June 2002

M.C. LUIS MIGUEL LASSO MENDOZA -ADVISOR-

KEY WORDS: Apples (*Malus spp*), Plant Nutrition, Soils Calcareous, Zinc,
Manganese

The present work was realized in the state of Arteaga, Coahuila, Mexico, during the agriculture cycle of the year 1998. There they used applications of micronutrients of zinc and manganese, with doses of 0, 20, 40, 80 ppm of zinc and 0, 60, 90, 120, ppm of manganese; and as a result there were 16 treatments with 3 repetitions.

The longitudinal growth of the branches shows a significant difference between treatments in the four cardinal points.

The diameter of the branches shows a difference between the treatments in the cardinal points of south and east and in the north and south point there wasn't any difference.

For the growing of the fruit in its polar diameter of the cardinal point of south, there we obtained a difference between treatments, but we can say the same thing for the east point.

The growing of fruit in the equatorial diameter of the south side, we obtained a difference between treatments and for the east there wasn't any difference.

The brix grades show a difference in the application of micronutrients.

The performance was classified in categories; because, the second and third category didn't show a statistical difference; the extra categories, the first

and total performance did how a different respond in the application of micronutrients.

For the micronutrients zinc and manganese in the plant, both of them are in the rank of enough, says Benton, 1991.

Both micronutrients have influence in the vegetation growth as in fruit, there are it also affects the performance, the brix grades and the concentration of this in the apple plant.

INDICE GENERAL

PAGINAS

INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Historia, Origen y Clasificación del Manzano	4
Clasificación	7
Distribución e importancia económica mundial, nacional y regional	7
Distribución mundial	7
Importancia económica mundial	8
Distribución nacional	9
Importancia económica nacional	10
Distribución estatal	10
Nutrición del Manzano	11
Nitrógeno	11
Síntomas de Deficiencia de Nitrógeno	12
Fósforo	13
Síntomas de Deficiencia de Fósforo	14
Potasio	16
Síntomas de Deficiencia de Potasio	17
Calcio	18
Síntomas de Deficiencia de Calcio	18
Magnesio	19
Síntomas de Deficiencia de Magnesio	19
Hierro	20
Síntomas de Deficiencia de Hierro	20
MANGANESO	21
El manganeso en el Suelo	21
Formas del Manganeso en el Suelo	21
Absorción de Manganeso	22
Solubilidad y Asimilación del Mn en el Suelo	23
El pH	23
Materia Orgánica.....	24
Estado Hídrico del Suelo	24
Actividad Microbiana	25
El Manganeso en la Planta	25
Absorción, Transporte y Función del Manganeso en la Planta	25
Fisiología del Manganeso	26
Activación de Diferentes Enzimas	26
La Reducción de los Nitratos	27
La Fotosíntesis	28
El Manganeso en la Nutrición	29
Condiciones del Medio Favorables a la Deficiencia de Manganeso	29

	PAGINAS
El pH del Suelo	30
El Agua del Suelo	30
Las Condiciones Climáticas	31
Los Microorganismos del Suelo	32
Síntomas de Deficiencia de Manganeso	33
EL ZINC	34
El Zinc en el Suelo	34
Adsorción del Zinc	35
Absorción y Transporte de Zinc en la Planta	35
Fisiología del Zinc	37
El Zinc, Parte o Cofactor de Enzimas	37
El Zinc y la Síntesis de Ácidos Nucleícos y de Proteínas	38
El Zinc y el Metabolismo de las Auxinas	38
Función del Zinc	39
El zinc en la Nutrición de los Cultivos	40
La Deficiencia de Zinc	40
Condiciones del Medio Favorables a la Deficiencia de Zinc	40
Reservas de Zinc en los Suelos	40
La Reacción del Suelo	41
Los Quelatos y la Materia Orgánica	41
Causas de la Deficiencia de Zinc	42
Síntomas de Deficiencia de Zinc	43
MATERIALES Y MÉTODOS	45
Localización del Área de Estudio	45
Caracterización del Sitio Experimental	45
Suelo	45
Agua	46
Antecedentes del Sitio Experimental	46
Manejo del Huerto	46
Clima	47
Vegetación	47
Descripción de Material Vegetativo	47
Material Fertilizante	47
Factores y Niveles de Estudio	48
Diseño Experimental y Distribución de Tratamientos	48
Variables a Evaluar en la Planta	49
Crecimiento Vegetativo	49
Crecimiento del Fruto	49
Calidad del Fruto	49
Grados Brix	50
Rendimiento	50
Elementos Nutrimientales	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
Crecimiento vegetativo	51

PAGINAS

Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto Cardinal Norte	52
Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto Cardinal Sur	54
Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto Cardinal Este	58
Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto cardinal Oeste	61
Crecimiento del Fruto	64
Crecimiento Polar y Ecuatorial del Fruto del Punto Cardinal Sur.....	64
Crecimiento Polar y Ecuatorial del Fruto del Punto Cardinal Este	67
Producción Total	69
Producción Categoría Extra	71
Producción Categoría Primera	73
Producción Categoría Segunda	75
Producción Categoría Tercera	77
Producción Total Grados Brix	78
Categoría Extra Grados Brix	79
Categoría Primera Grados Brix	81
Concentración de Nutrientos	83
Manganeso en la Planta	84
Zinc en la Planta	85
CONCLUSIONES	88
RESUMEN	91
LITERATURA CITADA	93

CUADRO No	INDICE DE CUADROS	PAGINAS
3.1.	Cuadro de tratamientos y distribución de la fertilización	49
3.2.	Diámetro de manzanas por categorías para su clasificación	50
4.1.	Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Norte	52
4.2	Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Sur	55
4.3.	Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Este	58
4.4.	Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Oeste	61
4.5.	Medias de respuesta obtenida de la variable crecimiento polar y ecuatorial del fruto del punto cardinal Sur	64
4.6.	Medias de respuesta obtenida de la variable crecimiento polar y ecuatorial del fruto del punto cardinal Este	67
4.7.	Medias de respuesta obtenida para la variable producción total en kg/ha	70
4.8.	Medias de respuesta obtenidas para la variable producción categoría extra en kg/ha	71
4.9.	Medias de respuesta obtenidas para la variable producción categoría primera en kg/ha	73
4.10.	Medias de respuesta obtenidas para la variable producción categoría segunda en kg/ha	75
4.11.	Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría tercera en Kg/ha	77
4.12.	Representación de las medias obtenidas en la variable grados brix de la producción total	78
4.13.	Medias de respuesta obtenidas para la variable grados brix de la producción categoría extra	80

	PAGINAS
4.14. Medias de respuesta obtenidas para la variable grados brix para la producción categoría primera	82
4.15. Concentraciones en ppm obtenidas para la variable manganeso foliar	84
4.16. Concentraciones en ppm obtenidas para la variable zinc foliar	86

FIGURA No	INDICE DE FIGURAS	PAGINAS
4.1.	Medias de respuesta obtenida para la variable crecimiento vegetativo en longitud de ramas del punto cardinal Norte. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	53
4.2.	Media de respuesta obtenidas para la variable crecimiento vegetativo del diámetro de ramas del punto cardinal norte. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	54
4.3.	Medias de respuesta obtenida de la variable crecimiento vegetativo en longitud del punto cardinal Sur. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	56
4.4.	Media de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Sur. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	57
4.5.	Medias de respuesta de la variable crecimiento en longitud del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	59
4.6.	Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	60
4.7.	Medias de respuesta obtenida para la variable crecimiento vegetativo en longitud de ramas del punto cardinal Oeste. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja	62
4.8.	Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Oeste. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja	63
4.9.	Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro polar del fruto del punto cardinal sur. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja	65
4.10.	Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto del punto cardinal sur. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja	66
4.11.	Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro polar del fruto del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja .	68

PAGINAS

4.12. Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja	69
4.13. Representación gráfica de las medias de respuesta obtenida en la variable producción total en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	71
4.14. Representación gráfica de las medias obtenidas en la variable producción categoría extra en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	73
4.15. Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría primera en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	75
4.16. Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría segunda en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	76
4.17. Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría tercera en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	77
4.18. Representación de las medias obtenidas en la variable grados Brix de la producción total en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	79
4.19. Representación de las medias obtenidas en la variable grados brix de la producción categoría extra en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	81
4.20. Representación de las medias obtenidas en la variable grados brix de la producción categoría primera en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	83
4.21. Representación de las medias obtenidas de la variable concentración foliar de Manganeso, en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	85
4.22. Representación de las medias obtenidas de la variable concentración foliar de Zinc, en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja	87

INTRODUCCION

El manzano (*Malus spp*) es originario de la región templada de Europa, Cáucaso y Asia central, frutal caducifolio de clima templado, el fruto es apreciado por su sabor y valor alimenticio, en México los principales estados productores son: Chihuahua, Coahuila y Durango.

En el estado de Coahuila, al Sur del municipio de Saltillo, en la región de Agua Nueva y en el municipio de Arteaga, las variedades mas cultivadas son la *Golden Delicious*, *Red delicious* y en menor proporción *la Rome Beuty*, *Jonathan*, *Starking* y *Rosa Española*.

En lo que respecta a los suelos de México se considera que más del 60 por ciento son suelos calcáreos, localizándose la mayoría de la superficie en el Norte del país, los cuales han contribuido notablemente a la formación de suelos que tienen limitaciones en cuanto a erosión, profundidad, texturas pesadas, pH elevados, altos contenidos de carbonatos y escasa cantidad de materia orgánica.

Los suelos de la región manzanera del municipio de Arteaga Coahuila, son calcáreos con pH alcalino, lo cual causa baja eficiencia en la asimilación de algunos nutrimentos tales como el hierro, manganeso, calcio, magnesio y zinc.

Los rendimientos actuales se consideran bajos ya que se tiene un rendimiento promedio de 10.7 y 5.3 ton/ha en sistemas de riego y temporal respectivamente.

En los sistemas de riego y temporal se presenta una serie de problemas nutricionales, observándose en la mayoría de las huertas de la región síntomas de deficiencias nutrimentales de elementos como el hierro, manganeso, potasio, y en menor grado el nitrógeno y el zinc, ocasionado por el pH elevado de los suelos de la región.

Por lo anterior es necesario estudiar la forma de corregir tales deficiencias y sobre todo de los micronutrientes para lograr una mejor producción de calidad, por lo que se plantean las siguientes:

Hipótesis

- La forma más adecuada de corregir las deficiencias de Mn y Zn en el cultivo del manzano es mediante aplicaciones foliares de estos nutrimentos.
- AL corregir la deficiencia de zinc y manganeso en el manzano se mejora la calidad del fruto.

Objetivos

- Corregir la deficiencia de manganeso.
- Corregir la deficiencia de zinc.
- Satisfacer la demanda nutricional de la planta tanto de zinc como de manganeso
- Obtener la mejor relación Mn/Zn para corregir la deficiencia en el manzano.
- Mejorar la calidad del fruto.

REVISION DE LITERATURA

Historia, Origen y Clasificación del Manzano

Se ha considerado al manzano como el primer árbol frutal de que nos habla la historia, su cultivo y aprovechamiento para la alimentación humana son muy antiguos habiéndose hallado restos que evidencian su empleo por el hombre en las ciudades lacustres de Europa.

La manzana es sin duda la más popular de todas las frutas. Ha sido cultivada en Europa y Asia, Theofastro (300 A.C), menciona que ya era conocida por los griegos y Romanos. Ha sido cultivada en muchas partes del mundo y esto es posible debido a gran variabilidad genética de la especie la cual tiene materiales adaptados a diferentes ambientes. Las selecciones de nuevos tipos han extendido al cultivo de la manzana a las partes templadas de latitud subpolar y/o a las alturas desde el nivel del mar hasta la zona templada fría (2200-2400 mns) en latitudes intertropicales, además de la región templada tradicional (Agustín, 1995).

Gran parte de la producción mundial se destina para ensaladas, manzanas cocidas, jugo, elaboración de sidra, fabricación de orejones y como fruta fresca.

La manzana, pera, ciruela, durazno, chabacano, cereza, fresa, frambuesa y zarzamora, son cultivadas en las regiones templadas y pertenecen a la familia de las rosáceas. La manzana, el membrillo, pera, y algunas otras se clasifican en la sub-familia pomoideae, debido a las características de sus frutos, los cuales tienen de dos a cinco carpelos encerrados con una cubierta carnososa.

El género *Malus* tiene entre 25 y 30 especies y subespecies; las manzanitas (*Crab-apples*) son cultivadas como polinizadores o para fines ornamentales por abundante floración y variados frutos.

La manzana común se refiere a las especies *Malus pumila*, Mill, y *Malus silvestris* Mill y otras especies se involucran en la evaluación de la manzana cultivada (*Malus baccata* Borkh, *Malus floribunda* Sieb, *Malus micromalus* Mak. y *Malus astrosanguinea* Schneid).

El número de sus especies ha sido discutido por determinados botánicos. Sin que se haya llegado a un acuerdo concreto. En Europa se conocen tres especies consideradas como tales, el *Malus cumunis*, el *Malus paradisiaca* Lutea y el *Malus acerba*, mas conocidos estos últimos, por *Paradiso* y *Doucín* respectivamente (Cortes, 1993).

Investigaciones recientes clasifican dentro de la especie *Malus silvetris* las distintas razas silvestres y las domésticas y otro botánicos consideran que entre esas razas se pueden citar: a *Malus acerba*, la cual se encuentra en los bosques de Europa meridional y a *Malus dosyphyela* en América y Turkestan. Los

botánicos clasifican sub-variedades *Comunis* de la especie *Pyrus* la que hibridándose con *Malus silvestris* ha dado origen a muchas variedades cultivadas. En tratados de fruticultura se citan las especies *Malus* o *Pyrus prumifolia* (ornamental), *Malus* o *Pyrus malus* (sinónimo del manzano común) y *Malus* o *Pyrus silvestris* (manzano cultivado).

El manzano es originario de las partes templadas de Europa, de las regiones del Cáucaso del Asia central, en donde se le encuentra en estado silvestre; de aquí pasó hace muchos siglos otras regiones del Asia y Europa en donde se cultivó y aclimató, habiendo evolucionado de un fruto ácido y acuoso hasta adquirir el tamaño, sabor y aroma que actualmente conocemos. Por medio de procedimientos genéticos se han llegado a obtener variedades mejoradas en cada región y país, obteniéndose así las variedades; *Red delicious*, *Golden delicious*, *Jonathan*, en E.U.; *Cox Orange Pippin*, en Inglaterra; *Emperador Alejandro*, en Rusia; *Reinette gris francés*, en Francia.

Malus pumila es considerada como una especie muy relacionada con la manzana cultivada y es originaria de los Balcanes y sureste de Rusia, Irán y Turkestan (Costanceau, 1971).

Malus silvestris se distribuye en Europa hasta el oeste de Turkestán. *Malus baccata* desde el este de Asia incluyendo el este de Siberia, Manchuria, Mongolia, china, Japón, y los Himalayas. El centro de origen de la gran diversidad de manzana es el suroeste de Asia. El cultivo de la manzana fue practicado por los

griegos y romanos como resultado de sus viajes o invasiones; en la época medieval el cultivo se realizo alrededor de los conventos o iglesias. El injerto fue conocido casi desde los inicios del cultivo (hace 2000 años), las variedades de manzana han sido seleccionadas de frutos provenientes de semillas de polinización libre y hasta el siglo XVIII se inicia la obtención de variedades mediante una hibridación controlada, buscándose un mejoramiento con múltiples objetivos (resistencia a enfermedades, incrementos de producción, etc.).

CLASIFICACIÓN

- REINO.....VEGETAL
- SUBREINO..... FANEROGAMAS
- DIVISIÓN..... ANTHOPHYFA
- SUB-DIVISION..... ANGIOSPERMAS
- CLASE..... DICOTILEDONEA
- SERIE..... DIALIPETALA
- ORDEN..... ROSALES
- FAMILIA..... ROSÁCEAS
- SUB-FAMILIA..... POMOIDEAE
- GENERO..... MALUS
- ESPECIE..... SPP

Distribución e Importancia Económica Mundial, Nacional y Regional

Distribución Mundial

El manzano es una de las especies frutales más cultivadas en el mundo por su adaptación ecológica y la gran popularidad de su fruto. La manzana cultivada

en Europa fue introducida en América por los misioneros y navegantes, principalmente a través de semillas, sin embargo; su dispersión fue limitada por las condiciones del nuevo ambiente, concentrándose en las pequeñas áreas de los misioneros, cascos de las haciendas y huertos domésticos. La expansión a nivel mundial se desarrollo en las regiones con clima similar al de Europa siendo los Estados Unidos, Argentina, Sudáfrica y Australia, muy propicios para su establecimiento. Sin embargo, las condiciones de altura intertropical (1800-2400 msnm) el cultivo del manzano ha tenido respuesta únicamente en algunos lugares de México, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Norte de África y la India. Finalmente el cultivo del manzano se ha establecido en lugares próximos a nivel del mar, en latitudes intertropicales y donde la estación del invierno es completamente indefinido o con poca acumulación de frío (de 200 a 300 horas).

Importancia Económica Mundial

La producción mundial de manzana en 1980 ascendió a 35.7 millones de toneladas cosechadas en 56 países del mundo localizados en los cinco continentes. Varios países registran producciones que sobrepasan el millón de toneladas; la Unión Soviética (primer lugar mundial) produce 7.2 millones de toneladas. Casi a la mitad de ésta importante cosecha, se sitúan Estados Unidos, Francia y la República Popular China con 3.9, 3.3 y 3.0 millones de toneladas respectivamente; los tres lugares restantes corresponden a Italia, República Federal Alemana y Turquía con 1.9, 1.9 y 1.1 millones respectivamente. Cosechas superiores a las 900 mil ton/ha se levantan en Argentina, Japón y

España; arriba de 500 mil ton/ha en Hungría, India, República Democrática Alemana, Polonia y Canadá (Montserrat, 1979).

Distribución Nacional

En forma casi simultánea se hicieron nuestra conquista militar y la introducción de nuevas especies de plantas a México, debido a lo anterior el cultivo del manzano se estableció en la parte templada de Puebla (Zacatlán y Teziuatlán), Veracruz (las Vigas), lugares cercanos a la ciudad de México (Huexotla, el Molino de las flores, Contreras) y Chiapas (San Cristóbal de las casas); posteriormente en algunas regiones del norte (Canatlán Durango, Bachiniva y Cuiteco Chihuahua), algunas variedades han subsistido hasta la fecha tales como el peron de Canatlán, la manzana rayada de Puebla, manzana de San Miguel y gran variedad de material criollo con nombre local.

Una segunda etapa de la introducción y cultivo del manzano se realiza a principios de siglo, a partir del material seleccionado en los Estados Unidos de Norteamérica e introducido a los valles altos de Chihuahua, Durango y partes montañosas en Arteaga Coahuila y Navidad Nuevo León. Las variedades *Red* y *Golden delicious*, prevalecen después de un proceso de selección de un gran número de cultivares y actualmente en el Norte de Chihuahua se ha hecho popular la *Róme beauty* en su versión doble roja.

España; arriba de 500 mil ton/ha en Hungría, India, República Democrática Alemana, Polonia y Canadá (Montserrat, 1979).

Distribución Nacional

En forma casi simultánea se hicieron nuestra conquista militar y la introducción de nuevas especies de plantas a México, debido a lo anterior el cultivo del manzano se estableció en la parte templada de Puebla (Zacatlán y Teziatlán), Veracruz (las Vigas), lugares cercanos a la ciudad de México (Huexotla, el Molino de las flores, Contreras) y Chiapas (San Cristóbal de las casas); posteriormente en algunas regiones del norte (Canatlán Durango, Bachiniva y Cuiteco Chihuahua), algunas variedades han subsistido hasta la fecha tales como el peron de Canatlán, la manzana rayada de Puebla, manzana de San Miguel y gran variedad de material criollo con nombre local.

Una segunda etapa de la introducción y cultivo del manzano se realiza a principios de siglo, a partir del material seleccionado en los Estados Unidos de Norteamérica e introducido a los valles altos de Chihuahua, Durango y partes montañosas en Arteaga Coahuila y Navidad Nuevo León. Las variedades *Red* y *Golden delicious*, prevalecen después de un proceso de selección de un gran número de cultivares y actualmente en el Norte de Chihuahua se ha hecho popular la *Rôme beauty* en su versión doble roja.

La tercera etapa del cultivo e introducción de esta especie se está dando en lugares cálidos, prácticamente sin invierno con variedades Israelitas (costa de Hermosillo, Sonora; Mexicali baja California) y casi al nivel del mar.

Actualmente en México el cultivo del manzano se encuentra distribuido en 22 estados (Ramírez, 1994).

Importancia Económica Nacional

Dentro de los principales estados productores Chihuahua ocupa el primer lugar seguido por Coahuila, Nuevo León, Durango y Veracruz aportando el 39.35 por ciento, 11.28 por ciento, 9.92 por ciento, 8.77 por ciento y 8.55 por ciento de la producción, respectivamente (Narro, 1994).

Distribución Estatal

Actualmente en el Estado de Coahuila el cultivo de manzana se encuentra distribuido en 6 municipios, siendo los de Arteaga y Saltillo los de mayor importancia, seguidos de Parras, Ramos Arizpe, Ocampo y Monclova.

La conformación de la región frutícola manzanera del municipio de Arteaga Coahuila es reciente. Entre las décadas de los años 20 y 30 se transplantaron las primeras variedades procedentes de los Estados Unidos (California, Missouri) que

iniciaron su ciclo reproductivo en la región. Posteriormente la introducción del cultivo en los ejidos estuvo asociada cronológicamente con el reparto de tierras (período Cardenista o década de los años 40's) y años inmediatamente posteriores; Sin embargo, los grandes huertos manzaneros se construyeron a partir de la década de los años 40 (Ramírez, 1993)

Nutrición del Manzano

Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento más importante para la vida del árbol. Los manzanos que disponen en proporción suficiente de este elemento tienen las hojas grandes y de un color verde oscuro, los crecimientos anuales de las ramas son grandes y vigorosas, los frutos se desprenden menos, son de mayor tamaño y las cosechas se hacen regulares y anuales. Por otra parte las hojas se mantienen más tiempo en el árbol permitiendo almacenar mas alimentos de reserva para utilizarlos en la primavera siguiente.

En frutales el nitrógeno es determinante para el crecimiento vegetativo, promoviendo la formación de nuevos tallos. Las hojas, en presencia de abundante nitrógeno, se hacen más grandes, de mayor superficie expuesta a la luz y de un color verde intenso.

El nitrógeno es un elemento energético que afecta a las raíces de las plantas y aumenta su crecimiento. Ejerce su acción sobre el follaje haciéndolo más

abundante, más coloreado y aumenta su capacidad de asimilación, a la vez que activa la formación de madera.

En primavera, el nitrógeno en reserva almacenado en las raíces y en la madera emigra en parte hacia las yemas, las hojas, las flores, los brotes y participa de manera importante en el crecimiento y desarrollo (Valdés, 1992).

Síntomas de Deficiencia de Nitrógeno

La falta de este elemento origina la caída precoz de las hojas, que son pequeñas, pálidas y rojizas por la nervadura central. El árbol se desarrolla con lentitud o detiene su crecimiento; la corteza se arruga y se enrojece angostándose prematuramente. La brotación y floración se retrasan, si bien son abundantes, van seguida de una importante caída fisiológica de frutos. Estos son pequeños, duros, azucarados y tienen mejor conservación que los abonados en exceso de nitrógeno.

La planta con deficiencia de nitrógeno tiende a reducir su desarrollo; las hojas son ordinariamente pequeñas y toman un amarillamiento, siendo frecuentemente quebradizas y delgadas. En las hojas viejas el tono amarillo está más acentuado que en las hojas tiernas.

Las deficiencias de nitrógeno dan como resultado que las plantas se carguen menos de fruto, el tamaño de este es más pequeño y el rendimiento menor. Sin

embargo, si alguna fruta es producida, tendrá relativamente buen color, a menos que la deficiencia sea muy extrema, la calidad de la fruta no es por esto singularmente desmejorada (Ravel, 1976).

La deficiencia de nitrógeno en el manzano ocasiona que este detenga su desarrollo a mitad del verano, la corteza toma una coloración castaño - rojiza y las hojas apicales pierden clorofila, replegándose sus bordes hacia la cara superior. Los frutos intensifican su colorido, pero maduran de forma irregular.

Fósforo

En los árboles frutales favorece la floración, el cuajado de los frutos y su agotamiento. El notable aumento del contenido de fósforo de los botones florales desde el comienzo del invierno hasta la apertura de las flores hace suponer que este elemento juega un papel específico en la fructificación de los árboles. En cierta manera el fósforo se comporta como un antídoto del exceso de nitrógeno.

El fósforo es necesario para formar las proteínas, contribuye a fortalecer las raíces y las ramas principales del manzano, facilitando una buena floración y el cuajado de la flor, favorece la maduración, el tamaño y el sabor de los frutos, aumenta la resistencia del árbol a las enfermedades y a las heladas, interviene también en la formación de las semillas y en la lignificación de la madera, aumenta la riqueza en almidón y azúcar.

El fósforo actúa como material de resistencia en la formación y elaboración de la materia vegetal y con su carencia difícilmente puede realizarse el proceso de la fotosíntesis, por falta de energía y movilización de sustancias que impulsan las corrientes de savia, y así mismo de vehículo para el traslado de reservas que dan lugar al crecimiento y desarrollo del árbol y sus frutos. El fósforo aumenta la precocidad y desarrollo del fruto, actuando como vehículo en el consumo de nitrógeno por parte del árbol, y con su carencia provoca un cierto raquitismo, retarda su desarrollo y merma la producción de fruto.

El fósforo es un elemento que fomenta la formación y desarrollo del sistema radical del árbol y ejerce una poderosa influencia en los fenómenos de la fertilidad o reproducción (Trocme, 1979).

Síntomas de Deficiencia de Fósforo

Hojas pequeñas, peciolo y nervaduras de la cara inferior de las hojas color púrpura, brotes detenidos y frutos pequeños.

Las carencias de fósforo se distinguen por los siguientes síntomas:

- Hojas pequeñas.
- Peciolo y nervaduras de la cara inferior de las hojas color púrpura.
- Brotación tardía y muerte de los brotes.
- Desarrollo tardío de las ramas y raíces.
- Falta de solidez en la madera.

- Coloración de las hojas apagado, después verde pálido, tomando enseguida un tinte rojizo o púrpura, que precede a la caída prematura.
- Frutos pequeños, abollados muy coloreados, a menudo vacíos, poco sabrosos y acidulados.

El contenido de fósforo en las hojas es muy estable y apenas se tiene modificación con los abonados, salvo en las plantaciones asociadas con pradera donde la movilidad es ligeramente apreciable. El análisis foliar indica que los niveles de este elemento resultan bastante similares en las distintas variedades de manzana (Brown, 1982).

La deficiencia de fósforo retrasa el crecimiento de las ramas y de las raíces; se observa que los brotes son más endeble y que la madera adquiere un color rojizo anormal; las hojas tras haber tomado a veces una coloración muy obscura, como si la alimentación nitrogenada fuera muy abundante, se vuelven pálidas de color apagado y después rojas o púrpura, coloración que al principio es más visible en el peciolo y en las nervaduras, quedando de tamaño reducido. Los ángulos de los peciolos con las ramas son más agudos de lo normal (hojas erguidas). Se ha señalado también la presencia de pequeñas manchas necróticas semicirculares en el borde de las hojas, que se extienden después.

Potasio

El potasio juega un papel muy importante en el proceso de la fotosíntesis y en la formación de materiales de reserva para el crecimiento y desarrollo del árbol y sus frutos.

Se ha demostrado que no puede existir balance nutricional en el organismo del árbol, sin la presencia equilibrada de potasio, el cual actúa como el elemento regulador de las sustancias nutritivas.

Los fertilizantes potásicos fortalecen al árbol, haciéndolo más resistente al clima y a las enfermedades, facilitan la formación clorótica, contribuyen a madurar la cosecha y dan mas coloración y mayor cantidad de azúcar a los frutos (Millar, 1974).

El potasio actúa como propiciador de acciones enzimáticas, determina la formación de semillas de mayor tamaño y tiene influencia decisiva sobre la resistencia que los vegetales presentan frente al ataque de enfermedades, contribuye a neutralizar los ácidos de los frutos que de este modo adquieren mas peso y sabor además de una mejor presentación. Es un elemento que confiere calidad al fruto, sanidad y resistencia a las enfermedades.

Síntomas de Deficiencia de Potasio

Desde el comienzo de la primavera la carencia de potasio en las plantas puede manifestarse por una floración más abundante de lo normal y un color del follaje anormalmente oscuro. En el mes de mayo, comienza a aparecer un enrojecimiento en los márgenes del limbo, visibles sobre todo en el envés de las hojas, que tienden a curvarse hacia arriba en forma de teja. Dicho envejecimiento va extendiéndose y acaba transformándose en necrosis pardas, que progresan hacia el interior del limbo sin respetar las nervaduras; algunos síntomas pueden observarse cuando hay una alternancia de días calurosos y noches frías o a causa de quemaduras provocadas por tratamientos, si bien en estos casos el reparto de la necrosis sobre el limbo, es por lo general irregular. Las hojas enfermas se enrollan cada vez más a modo de cigarrillos, tomando el árbol, en su conjunto, un aspecto como si se hubiese quemado. La enfermedad afecta en primer lugar a las hojas viejas y después a las más jóvenes.

Cuando escasea el potasio en el terreno, las extremidades de algunas ramas se secan, y la parte inferior de los brotes se demorifica, mientras que las hojas del extremo permanecen bastante tiempo de color verde.

La deficiencia de potasio es más fácil que se encuentre en los árboles nuevos o bien los árboles frutales pequeños donde las raíces no están muy extendidas.

Magnesio

Es uno de los constituyentes de la clorofila, por lo que su papel en la fotosíntesis es fundamental. Su carencia se presenta particularmente en los suelos muy ligeros y pobres en calcio, en especial si se abonan con exceso de potasio y no son estercolados. El manzano es uno de los frutales más sensibles a la escasez de magnesio.

Síntomas de Deficiencia de Magnesio

Su carencia se traduce en una menor resistencia de los tejidos del árbol, haciendo las ramas más quebradizas, perdiendo las hojas parte de la clorofila y provocando la caída prematura del fruto.

Los frutales cultivados en terrenos con escasez de magnesio producen frutos pequeños, descoloridos e insípidos, que no terminan de madurar. En las hojas que brotaron primero se observan zonas amarillas entre los nervios, alternando con bandas verdes e irregulares, y acaban por secarse (necrosis en las hojas). La carencia de magnesio se traduce así en ocasiones en una caída prematura de las hojas a mediados de verano. Los síntomas pueden confundirse con los de carencia de hierro aunque la clorosis magnésica es sobre las hojas viejas (Millar, 1974).

Hierro

Se encuentra en los frutales entre 10 y 1000 ppm, teniendo su función principal en la síntesis de la clorofila, por lo que su deficiencia se manifiesta por clorosis de las hojas. Actúa como catalizador en los procesos enzimáticos que dan lugar a importantes reacciones de oxidación y reducción en el interior de los vegetales y en la de síntesis de proteína de los cloroplastos. Así mismo, ayuda a la absorción de otros nutrimentos, el hierro juega un papel importante en la fijación simbiótica del nitrógeno.

Síntomas de Deficiencia de Hierro

La deficiencia de hierro se nota por la clorosis de las hojas, que va desde el verde claro uniforme hasta un amarillamiento, o casi blanco conservando el verde natural en las nervaduras de las hojas. Este amarillamiento se empieza a notar en las hojas jóvenes, pasando la clorosis en las hojas basales cuando se agudiza más su deficiencia; después de la clorosis, las hojas presentan necrosis no definidas y localizadas en manchas irregularmente dispuestas sobre el borde del limbo; estas hojas caen prematuramente, el árbol no se desarrolla normalmente y se acorta su vida, los síntomas de esta deficiencia se empiezan a notar y a reanudar la acción vegetativa, o cuando empieza la fructificación (Vélez, 1995).

Manganeso

El Manganeso en el suelo

En el suelo, el contenido de manganeso total, presenta variaciones considerables (de 20 a 6000 ppm.), aunque los contenidos comprendidos entre 200 y 3000 ppm son los más frecuentes con una media de 600 ppm. El Mn total no constituye un buen criterio de asimilabilidad. (Loue, 1988).

Formas del Manganeso en el Suelo

El manganeso se presenta en el suelo bajo diferentes formas:

- Las formas oxidadas son los principales estados del Mn en el suelo. El Mn se encuentra bajo forma trivalente o tetravalente, las formas más oxidadas son las menos asimilables para las plantas.
- La forma Mn^{+2} divalente es adsorbida por los minerales arcillosos y por la materia orgánica (es decir Mn cambiante) se encuentra en la solución del suelo.

La forma más importante de Mn en la nutrición de las plantas es el Mn^{+2} , sin embargo, la fracción de Mn fácilmente reducible contribuye a la alimentación de la planta, de forma que se considera al conjunto Mn^{+2} + Mn fácilmente reducible, también llamado Mn activo como la fracción asimilable. Además es equivalente a la suma de Mn cambiante + Mn fácilmente reducible. (Loue, 1988).

Absorción de Manganeseo.

El Mn existe en los suelos sobre todo en forma de óxidos insolubles, pero en condiciones ácidas, el Mn^{++} puede ser absorbido por minerales arcillosos. En condiciones reductoras el Mn^{++} aumenta su solubilidad y puede ser adsorbido como ion cambiante.

La absorción de Mn por la materia orgánica juega un papel muy importante. La prueba de esta absorción, bajo forma de complejo orgánico, ha sido estudiada por diversos autores que han demostrado que el desplazamiento de Mn por una extracción con una sal de cobre era mayor que a partir de otras sales minerales y que el Mn así desplazado, no procedía de los óxidos.

El Mn disuelto en la solución del suelo es muy importante para la alimentación de las plantas. Se encuentra en equilibrio con Mn^{2+} adsorbido sobre los minerales arcillosos y la materia orgánica. Se ha calculado que la concentración de Mn^{2+} de la solución del suelo en los suelos ácidos y neutros está dentro de los límites de 10^{-6} a 10^{-4} M. y que una fracción muy importante se encuentra en forma de complejo orgánico. Por último el manganeso tiene mucho menos capacidad de enlace con los agentes quelatantes en la solución del suelo que el Zn^{++} y el Cu^{++} (Somers, 1942).

La relación metal quelatado/ion libre alcanza un pH 9 con un máximo de solamente 10^9 para Mn^{++} , contra 10^9 para Zn^{2+} y 10^{12} para Cu^{2+} (Loue, 1988).

La absorción del manganeso se lleva a cabo mediante dos fases características de la absorción, la absorción iónica en general, es decir una fase de absorción rápida de carácter pasivo, y una fase lenta y sostenida de carácter metabólico More (1980).

Solubilidad y Asimilación del Mn en el Suelo ✕

El nivel de Mn^{2+} en el suelo depende de las reacciones de oxidación y reducción, por lo tanto la velocidad de asimilación del Mn vendrá influenciada por todos aquellos factores que intervienen en los fenómenos de oxidoreducción. Estos son en particular el pH del suelo, el contenido en materia orgánica, el estado hídrico del suelo y la actividad microbiana.

EL pH

La velocidad de asimilación del Mn es más elevada en los suelos ácidos debido a la mayor solubilidad de los compuestos del Mn que se forman a pH bajo. Por ejemplo, la solubilidad de MnO_2 es uno de los óxidos Mn más estable y viene dada por la ecuación:



El ion Mn^{2+} es la especie más predominante en solución y se reduce su concentración en 100 veces por cada aumento de una unidad de pH.

En condiciones de pH elevado, las formas tetravalentes son sin duda los dominantes y la asimilabilidad del Mn puede llegar a ser insuficiente. Con pH cercanos a 7 o un poco superiores, las formas trivalentes podrían llegar a ser importantes. En pH alrededor de 6.5 es cuando la reacción de reducción domina y el riesgo de deficiencia de Mn es menor a pH menor de 6; por el contrario, en los suelos muy ácidos y ricos en Mn activo, la cantidad de Mn^{2+} podrá llegar a ser excesiva y tóxica (Loue, 1988).

Materia Orgánica

Cantidades elevadas de materia orgánica pueden provocar deficiencia de Mn. Un aumento del pH puede favorecer la formación de complejos de Mn-materia orgánica del suelo que disminuyen la velocidad de asimilación de Mn (Loue, 1988).

Estado Hídrico del Suelo

En los suelos saturados de agua, el proceso de reducción se incrementa y produce fuertes concentraciones de Mn asimilables que son susceptibles de llegar a ser tóxicas (Loue, 1988).

Actividad Microbiana

La actividad microbiana juega un papel importante en la oxidación del Mn, en particular cuando la reacción del pH del suelo está próxima a la neutralidad (Loue, 1988).

El Manganeso en la Planta

Absorción, Transporte y Función del Manganeso en la Planta

La absorción del Mn por las plantas presenta dos fases características de la absorción iónica en general, es decir una fase de absorción rápida de carácter pasivo seguida de una fase lenta y sostenida de carácter metabólico.

Con relación a su comportamiento químico el Mn tiene propiedades parecidas a la de los elementos alcalino térreos Ca^{2+} y Mg^{2+} y de los metales pesados de Zn y Fe. Razón por la cual estos cationes pueden afectar a la absorción y al transporte del Mn a la planta. El Mg en particular, disminuye la absorción del Mn. Por lo contrario el Mn^{2+} puede reducir la absorción de los cationes (Fe especialmente) (Homan, 1967).

El transporte del Mn a los tejidos meristemáticos es preferencial y las plantas jóvenes son normalmente ricas de Mn. (Loue, 1988). El manganeso es absorbido por las plantas en su forma iónica, principalmente como ion manganoso y en

menor cantidad como ion mangánico. Esto se asume debido a que bajo pH, hay aumento en la absorción de manganeso (Mass,1988).

Fisiología del Manganeso

El Mn tiene importantes funciones en el metabolismo de las plantas, particularmente en los procesos siguientes: activación de diferentes enzimas, síntesis de la clorofila, fotosíntesis, reducción de nitratos y síntesis de aminoácidos y proteínas (Loue, 1988).

Activación de Diferentes Enzimas

Los metales pesados son muy importantes para la acción de diferentes enzimas. El Mn es a este respecto un ion privilegiado en la activación de los procesos enzimáticos. En algunas de sus funciones el Mn^{2+} se parece al Mg^{2+} al que puede reemplazar. Los efectos enzimáticos relacionados son numerosos (Loue, 1988).

Mn^{2+} y Mg^{2+} pueden servir de puente entre el ATP y las enzimas:

glucosa + ATP + exoquinasa (Mg^{2+} , Mn^{2+}) \longrightarrow

glucosa 6-fosfato + ADP (adenosina difosfato)

glucosa 1 - fosfato + ATP + fosfoglucoquinasa (Mg^{2+} y Mn^{2+}) \longrightarrow

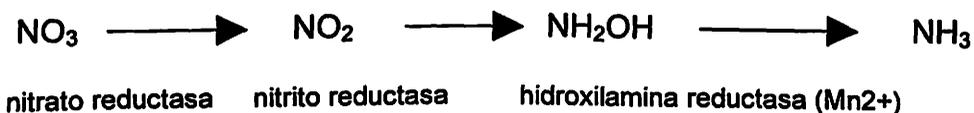
Glucosa 1- 6 difosfato + ADP.

Otras enzimas activadas por el manganeso son reemplazables por magnesio: fosfotransferasas y fosfomutuasas (Loue, 1988).

En otras reacciones el Mn juega un papel específico. El Mn contribuye a la oxidación del AIA (ácido indol acético), activando las AIA oxidasas. El mecanismo por el cual el Mn activa las oxidasas no esta bien aclarado pero parece que es el cambio de valencia de Mn^{3+} a Mn^{2+} , la causa en estos procesos de oxidación (Loue, 1988).

La Reducción de los Nitratos

La reducción de los nitratos absorbidos por las plantas es un proceso fundamental en el metabolismo vegetal. La reducción del nitrato a nitrito es catalizada por la nitrato reductasa que contiene Mo. Los componentes metálicos de la nitrito reductasa son Cu y Fe; sin embargo, en la fase final de reducción, los iones Mn son necesarios.



Un contenido elevado de nitrito ha sido encontrado en las raíces de plantas deficientes en Mn.

Cuando la reducción de los nitritos NO_2 es baja la actividad de la nitrato reductasa debe ser reducida y se produce una acumulación de NO_3 muy similar como en caso de deficiencia de Mn (Loue, 1988).

La Fotosíntesis

El punto principal de manifestación de la deficiencia de Mn en las plantas es a nivel del fotosistema II de la fotosíntesis. Los dos fotosistemas se relacionan por un sistema de transporte de electrones del agua a NADP. En resumen el agua es un donador de electrones y el NADP el receptor. El fotosistema II recupera los electrones suministrados por el agua y los transmite al fotosistema I.

El fotosistema II depende de la escisión de la molécula del agua en el cual el H_2O es fraccionada en O_2 , H^+ y electrones según:



El proceso es controlado por sistemas de oxido reducción desconocidos donde el Mn se encuentra implicado (Loue, 1988).

Cuando el Mn es deficiente, la estructura de los cloroplastos se altera.

Dos fracciones diferentes de Mn han podido ser aisladas en los cloroplastos, una de ellas débilmente (tres tercios) y la otra (un tercio) fuertemente ligada a la

membrana. La fracción débilmente ligada esta asociada a la evolución del O_2 , mientras que la fracción fuertemente ligada constituye una parte esencial de un donador de electrones, proceso que aun no es bien conocido. Esta forma de Mn ligada con los cloroplastos parece presentar una fotooxidación de Mn^{2+} a Mn^{3+} .

Las principales funciones de Mn en las plantas están basadas sobre su elevado potencial de oxido reducción; debido a que pasan de Mn^{2+} a Mn^{3+} , es un regulador importante de los procesos de oxido reducción (Loue, 1988).

El Mn se presume se encuentra presente en la compleja unión con aminoácidos y participa en reacciones de oxidacion-reduccion. Participa en la reducción de los nitratos. El Mn funciona como activador de enzimas de diversos procesos metabólicos de importancia general, por ejemplo, asimilación de CO_2 , descarboxilación e hidrólisis de peptidasas y en la acción de las arginasas y actúa en la síntesis del ácido ascorbico y junto con el Fe en la síntesis de clorofila (Rodríguez, 1974).

El Manganeso en la Nutrición

Condiciones del Medio Favorables a la Deficiencia de Manganeso

Los factores que influyen sobre la disponibilidad del manganeso para las plantas son: las condiciones del pH, el drenaje y la aireación de los suelos. Sin embargo, la acción de los microorganismos del suelo, las condiciones climáticas y

ciertas interacciones entre elementos pueden jugar un papel muy importante (Loue, 1988).

El pH del Suelo

La asimilabilidad del Mn esta muy relacionada con el pH del suelo y aumenta claramente cuando el pH desciende por debajo de 5.5, mientras que en muchos suelos el Mn no esta fácilmente disponible por encima de pH 6.5; en los pH mayores de 6.5 se favorece la oxidación de Mn manganeso al Mn mangánico que queda prácticamente no disponible para las plantas. (Loue 1988).

Las deficiencias de Mn se han observado por lo tanto mas frecuentemente en los suelos bien drenados, con pH neutros o alcalinos. Los suelos con pH elevado muy ricos en materia orgánica son los más sensibles a la deficiencia de Mn (Loue, 1988).

El Agua del Suelo

En los suelos mal drenados los elementos minerales son más fácilmente desplazados que en los suelos bien drenados. Se ha demostrado que en los suelos saturados de agua las perdidas de Mn por lavado lateral pueden ser considerables (Ruiz, 1990).

La deficiencia de Mn se manifiesta frecuentemente cuando se alternan condiciones de encharcamiento y drenaje correcto. El exceso de agua solubiliza Mn y se produce pérdida de Mn soluble por percolación. Cuando el suelo se sana existe una mejor aireación y una rápida oxidación de Mn, con riesgo de deficiencia de Mn (Loue, 1988).

Las Condiciones Climáticas

La importancia de la deficiencia de Mn depende en cierta medida de las condiciones climáticas que prevalecen en el curso del período de crecimiento.

La deficiencia se agrava cuando el clima es frío y húmedo como consecuencia de una menor actividad metabólica de las raíces susceptibles de disminuir la absorción de Mn; Sin embargo se ha observado sobre manzanos y melocotoneros que la deficiencia de Mn era mas grave cuando el final de la primavera y el principio del verano eran anormalmente secos.

La necesidad de Mn disminuye para algunas plantas en presencia de una fuerte intensidad luminosa. En el caso del manzano se ha observado que una deficiencia de Mn es pronunciada sobre las hojas que están a la sombra.

La deficiencia de manganeso se observa en suelos con un drenaje alto con pH neutro y alcalino. Los suelos ricos en materia orgánica, son los más sensibles a las deficiencias de manganeso (Loue, 1988).

Homan en 1967, menciona que la deficiencia del manganeso afecta principalmente la actividad del sistema de desprendimiento del oxígeno en el proceso de la fotosíntesis. Además, la activación del sistema requiere de presencia de luz. El mismo autor menciona que la deficiencia de manganeso es consecuencia debido a un menor número de cloroplastos en las células o bien de una menor cantidad de clorofila en los cloroplastos.

Los Microorganismos del Suelo

Los microorganismos del suelo pueden transformar el Mn de su forma manganosa a la mangánica, a pH 6 e inducir de este modo deficiencias de Mn por oxidación de Mn^{+2} a Mn^{+4} . Los microorganismos participan en la oxidación del Mn cuando la reacción del suelo es neutra o alcalina.

El metabolismo microbiano puede contribuir a incrementar el nivel de Mn^{+2} por reducción, agotamiento del oxígeno o formación de sustancias ácidas. De esta manera, el aporte de hidratos de carbono, puede estimular la producción de Mn^{+2} , particularmente en suelos con exceso de agua.

Los exudados de las raíces, al crear condiciones más ácidas, pueden mejorar la asimilabilidad del Mn. Favorecen la absorción del Mn por la planta aumentando la solubilidad del Mn mediante la reducción del MnO_2 y formando complejos con el Mn^{+2} liberado (Loue, 1988).

Síntomas de Deficiencia de Manganeso

Los síntomas de deficiencia de Mn se parecen a aquellos de la deficiencia de Mg; Sin embargo, los síntomas de deficiencia de Mn se manifiesta primero en las hojas más jóvenes, mientras que la deficiencia de Mg son las hojas más viejas las que se ven afectadas en primer lugar.

Los síntomas de deficiencia de Mn en las dicotiledoneas se caracterizan frecuentemente por la presencia de puntos amarillos sobre las hojas. En esta fase la deficiencia de Mn es por lo tanto muy diferente de la clorosis de Fe, donde el conjunto de la hoja se amarillea salvo los nervios. En fases más avanzadas únicamente los nervios y las zonas adyacentes se mantienen verdes.

Las plantas monocotiledoneas, los síntomas de deficiencia de Mn aparecen sobre la base de las hojas en forma de puntos de color gris verdoso y en bandas, cuando la deficiencia es grave la turgescencia se ve disminuida en una fase avanzada de la deficiencia, la parte superior de la hoja se dobla hacia el centro.

Los cloroplastos son muy sensibles a la deficiencia de Mn y en el caso de deficiencia de Mn los tejidos afectados se presentan pequeños volúmenes celulares con paredes celulares dominantes (Loue, 1988).

Los síntomas de las plantas deficientes en Mn se dividen en dos grupos:

- "marech spot" solamente en las semillas de las leguminosas, que es un encorchamiento de los tejidos en la superficie interior de los cotiledones.

- Clorosis intervenal, en formas de manchas en hojas nuevas.

Ambos síntomas, tienen signos de descomposición de proteínas y de clorofila.

El patrón clorótico tiene una distribución no muy específica, debido a la baja movilidad del Mn, la clorosis esta limitada a los tejidos intervenales con venas muy pequeñas (Rodríguez, 1974).

Los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes como un amarillamiento entre las nervaduras y en algunas ocasiones como manchas café oscuras. Algunas veces se confunden estos síntomas con la deficiencia de Mg. Sin embargo, la deficiencia de Mn generalmente aparece primero en las hojas nuevas (superiores) mientras que la deficiencia de Mg ocurre en las hojas viejas o en todas las hojas. La deficiencia de Mn es más probable si el pH del suelo es alto o si el suelo tiene un alto contenido de materia orgánica (INPOFOS, 1993)

EL ZINC

El Zinc en el Suelo

La cantidad total de zinc en el suelo esta relacionada con la roca madre. Los suelos que derivan de las rocas ígneas básicas pueden estar bien provistos en zinc. Los suelos sobre rocas madres sedimentarias silíceas suelen ser mas bien pobres en zinc (millar, 1974).

El contenido de Zn total en los suelos se sitúa entre 10 y 300 ppm. El Zn está relacionado con los silicatos primarios, los minerales arcillosos y la materia orgánica (Loue, 1988).

En suelos alcalinos el zinc es poco móvil y por lo tanto es difícil hacerlo llegar hasta el nivel de las raíces profundas por la sola influencia de las aguas de filtración (Scharrer, 1958).

Adsorción del Zinc

La adsorción de zinc se produce sobre todo en los lugares de cambio de los minerales arcillosos y de la materia orgánica. La intensidad de la adsorción de zinc tiende a aumentar con el incremento del pH, y la movilidad de Zn disminuye por encima de pH 7. La materia orgánica del suelo forma complejos muy estables con el Zn, y los ácidos húmicos y fúlvicos son muy importantes en la adsorción del Zn. Alrededor del 60 por ciento del Zn soluble del suelo se encuentra en forma de complejos orgánicos solubles de Zn. Estos complejos están sobre todo asociados con los aminoácidos y los ácidos húmicos (Loue, 1988).

Absorción y Transporte de Zinc en la Planta

Existe una importante divergencia en la bibliografía sobre el mecanismo de absorción de Zn por las plantas: ¿absorción pasiva o absorción activa de naturaleza metabólica?

Los primeros estudios concluyeron que la absorción de Zn no era metabólica sino esencialmente un proceso de cambio (movimiento de los iones por difusión y flujo de masa de la solución externa en las raíces) por las razones siguientes: la absorción inicial de Zn era muy rápida al principio, crecía a medida que la concentración aumentaba pero se terminaba después de un lapso corto de tiempo; la absorción de zinc no se veía, afectada por diversos inhibidores del metabolismo; no había formación de un constituyente de composición fija típica de una absorción metabólica (Loue, 1988).

Por el contrario, numerosos estudios posteriores han demostrado que la absorción del Zn se realiza bajo control metabólico.

Por lo que concierne al transporte de zinc en la savia del floema existe muy poca información. El Zn en aplicaciones foliares se desplaza hacia las hojas jóvenes, los frutos y las raíces. Sin embargo la movilidad de Zn en las plantas no es muy grande. El zinc tiende a acumularse en la raíces principalmente en caso de suministro importante de Zn. La movilidad de Zn hacia los tejidos mas jóvenes es mucho menor aun en las plantas deficientes de zinc (Loue, 1988).

La asimilación del zinc decrece a medida que el pH del suelo se incrementa. En suelos demasiado ácidos el zinc llega a alcanzar niveles tóxicos, aunque esto sucede raras veces, también puede ocurrir una lixiviación dejando empobrecido el suelo (Martínez, 1989).

Fisiología del Zinc

El zinc, Parte o Cofactor de Enzimas

Por su función en diversos sistemas enzimáticos, el Zn^{2+} se parece a Mn^{2+} y Mg^{2+} , en que realiza el enlace entre la enzima y el sustrato. Un cierto número de enzimas han sido activadas de forma bastante semejante por Mn^{2+} , Mg^{2+} y Zn^{2+} .

Hasta hace poco tiempo la única enzima conocida como activada específicamente por Zn^{2+} , era la anhidrasa carbónica. Esta enzima metálica muy extendida en los organismos vivos es esencial para la utilización del ácido carbónico como catalizador de la reacción siguiente:



Hay una correlación directa entre el contenido de Zn y la actividad de la anhidrasa carbónica (Loue, 1988).

El Zn es un constituyente esencial de diversas dehidrogenasas (en particular la dehidrogenasa del ácido láctico, dehidrogenasa del ácido glutámico, alcohol dehidrogenasa) y de proteinasas y peptidasas. Ciertas dehidrogenasas son sensibles a la deficiencia de Zn y el metabolismo puede ser particularmente afectado (Loue, 1988).

El Zinc y la Síntesis de Ácidos Nucleicos y de Proteínas.

La primera manifestación en plantas deficientes en Zn es una reducción importante del ARN (ácido ribonucleico) y la cantidad de ribosomas en las células. Esta reducción de síntesis del ARN provoca una inhibición de la síntesis de proteínas mientras que la glucosa, nitrógeno no proteico y el ADN mejoran significativamente. El Zn influye directamente en la síntesis del ARN y en la formación ulterior de proteínas. El Zn presenta una gran afinidad por el fósforo, que juega un papel predominante en la síntesis del ARN.

En las plantas deficientes de Zn se ha observado una actividad creciente de la ribonucleasa y una acumulación de nitratos, lo que indica que el zinc esta también, implicado en la reducción de los nitratos y en la síntesis de los aminoácidos. La formación de proteínas se ve inhibida y las amidas (asparagina y glutamina) se acumulan. Se ha sugerido que la medida de la actividad de la ribonucleasa podría permitir detectar las deficiencias en Zn sobre plántulas jóvenes (Loue, 1988).

El Zinc y el Metabolismo de las Auxinas

Una de las funciones más importantes del Zn es su efecto sobre la regulación del crecimiento mediante el control de la síntesis del triptofano. El

triptofano es un precursor del ácido indolβacético, la formación de esta sustancia del crecimiento esta pues indirectamente influida por el Zn.

En caso de deficiencia de zinc, existe un aumento neto de la actividad de la peroxidasa, de ácido ascorbico y de las fenolasas, Se produce una cantidad baja de Acido indol β acético (auxina). Sin embargo, a las pocas horas de una aplicación con zinc el contenido de auxina se regenera claramente (Brown, 1982).

Función del Zinc

El Zn activa diversos procesos enzimáticos como la fosforilización de la glucosa y a través de ella la formación de almidón; activa peptidasas, condensación de aminoácidos a proteínas y la síntesis del ácido indolacético y del triptofano (Rodríguez, 1974).

El zinc forma parte de la composición de diversas enzimas como la anhidrasa carbónica, que descompone el ácido carbónico y agua; enzimas de oxidación entre otros. Además impide la destrucción de auxinas, por eso la carencia de zinc se muestra en una reducción del alargamiento de los entrenudos, las hojas se agrupan en rosetas quedando muy pequeñas (Juste, 1972).

El Zinc en la Nutrición de los Cultivos

La Deficiencia de Zinc

La deficiencia de zinc es una de las deficiencias de los cultivos en microelementos que esta más extendida y puede ser también que sea la de mas incidencia sobre los rendimientos (Trocme, 1979).

Condiciones del Medio Favorables a la Deficiencia de Zinc

Los principales factores susceptibles de generar o de agravar la deficiencia de Zn son: la escasez natural de zinc en los suelos, y la mala asimilación de Zn.

Reservas de Zinc en los Suelos

La cantidad de Zn total en la mayor parte de los suelos es muy superior a las necesidades de los cultivos; sin embargo, suelos ácidos muy lavados pueden ser muy pobres, llegando a tener solamente de 10 a 30 ppm de Zn total. Las cantidades de Zn disponibles en el suelo pueden ser muy bajas y la pobreza natural del suelo es la causa de la deficiencia.

Si la deficiencia de Zn se manifiesta en suelos ácidos, más bien favorables a una buena asimilabilidad, es señal de que las reservas del suelo son muy bajas.

La cantidad de Zn total es generalmente mucho más elevada en el horizonte superficial (restituciones vegetales) que en los profundos.

La Reacción del Suelo.

Prácticamente, las deficiencias de Zn se encuentran sobre todo en los suelos con pH elevado o en los suelos que han sido fuertemente encalados. Los suelos calizos están mas sujetos a la deficiencia de Zn. Se considera que esto es debido a la muy baja solubilidad de los complejos de Zn en suelos con presencia de carbonatos.

El contenido de Zn soluble al agua en la solución del suelo disminuye con el incremento del pH. La deficiencia de Zn puede ser incluso acentuada aun en caso de suelos orgánicos por aplicaciones recientes de cal y a pesar de valores de pH < 6 (Loue, 1988).

Los Quelatos y la Materia Orgánica

La velocidad de asimilación del zinc depende del contenido de los suelos en agentes quelatantes, ya sean exudados por las raíces de las plantas o de la descomposición de la materia orgánica.

En condiciones del suelo muy alcalinas, el Zn^{2+} , del complejo de Zn EDTA puede ser completamente reemplazado por Ca^{2+} , y por ello podría explicar la baja asimilabilidad del Zn en los suelos calizos de pH muy elevados.

Sin embargo, la excreción de H^+ y la disminución del pH alrededor de la raíz estimula mas la absorción de Zn que la excreción de los agentes quelatantes (Loue, 1988).

Causas de la Deficiencia de Zinc

Las deficiencias de zinc en los suelos existen desde hace muchos años y las condiciones más favorables de las mismas son bien conocidas:

- Suelos con bajo nivel de zinc (en particular suelos arenosos ácidos lavados).
- Suelos calizos (Zn-suelo menos asimilable);
- Suelos pobres en materia orgánica.
- Bajas temperaturas.
- Suelos claramente enriquecidos en P por la fertilización practicada (sin embargo, el efecto del P sobre la absorción de Zn varia en los suelos y los cultivos, con los niveles de P, Zn).
- Sistema radicular mal desarrollado (suelos compactos, demasiado nivelados para el riego).
- Encalado excesivo de los suelos ácidos con dosis elevadas.

- Fertilización alta de nitrógeno ocasionalmente.

Síntomas de Deficiencia de Zinc

La carencia de zinc recibe denominaciones más o menos imaginativas tales como la enfermedad del brote blanco (*white bud*) sobre el maíz y el sorgo, pequeñas hojas en roseta (*Little leaf*) en los arboles frutales, de la moradura (hoja moteada) en los agrios, hojas en hoz (*sickle leaf*) en el cacao.

De forma muy general los síntomas más permanentes de la deficiencia de Zn son signos de clorosis entre los nervios, reducción del tamaño y mal formación de los brotes de las hojas. La deficiencia de Zn altera el metabolismo de la auxina (entrenudos más cortos) e inhibe la síntesis de ARN, perjudicando así el desarrollo normal de los cloroplastos.

En los arboles frutales, manzano en particular, la deficiencia de Zn, se denomina enfermedad de las hojas pequeñas en roseta. El crecimiento terminal se ve muy alterado disminuyendo la longitud de las ramas con hojas pequeñas y con tendencia a enrollarse en espiral formando especies de rosetas terminales que caen prematuramente. En general se presenta una clorosis entre las nervaduras (Loue, 1988).

Acerca de los síntomas de la deficiencia de Zn no existe acuerdo.

Solamente en los arboles frutales se produce un síntoma bastante conocido en todas las especies de árboles frutales "*little leaf o rosette*" (Rodríguez, 1974).

La deficiencia de zinc conlleva un decaimiento completo de las hojas de los arboles, o sin formación de hojas, los frutos son pequeños, deformes y agrietados. Las rosetas con hojas pequeñas se aprecian principalmente desde el inicio de la vegetación (Juste, 1972).

MATERIALES Y METODOS

Localización del Area de Estudio

El área de estudio se encuentra dentro del cañón conocido como la roja del municipio de Arteaga Coahuila. Se localiza en las coordenadas de 25° 26' 00" de latitud norte y 100° 51' longitud oeste con una altura sobre el nivel del mar de 1920 metros. La realización del experimento se llevo acabo durante el ciclo de producción 1998.

El cañón de la roja tiene dos vías de acceso, la primera por la localidad de Arteaga y la segunda por la carretera a la localidad de los Lirios - el Tunal cruzando el cañón de la carbonera. El cañón de la roja se comunica por un camino de 34 Km de Arteaga a la Carbonera y se ubica en el kilómetro 20 de Este a Oeste.

Caracterización del Sitio Experimental

Suelo

Los suelos se han originado a partir del material geológico que data del cretácico superior, los cuales son lutitas, areniscas y rocas calizas, formando suelos de textura fina, media y gruesa.

Agua

El agua que se utilizó para satisfacer las necesidades de agua del cultivo, es abastecida desde un manantial que se encuentra en la parte alta de la montaña, desde donde es trasladado a un depósito, de donde se reparte para el riego. La calidad del agua es C2S1, que puede utilizarse para casi todos los cultivos.

Antecedentes del Sitio Experimental

El huerto tiene de establecido alrededor de 15 años, la producción es baja debido a la problemática que se tiene en cuanto a desbalances nutricionales, deficiencias e insuficiencias de frío y heladas, en general es poca la tecnología que se le aplica al cultivo.

Manejo del Huerto

Generalmente las labores en el huerto son pocas, aunque se realizan las más importantes como la limpieza y el rastreo en los primeros meses del año, para las deficiencias de frío no se aplica ningún tipo de compensadores al igual que ningún tipo de pesticidas.

Clima

La precipitación media anual es de 430 mm, siendo los meses más lluviosos de mayo a septiembre principalmente. Las temperaturas más bajas se presentan en los meses de diciembre a febrero y las temperaturas altas de mayo a septiembre; la temperatura media anual oscila entre 16 y 22°C.

Vegetación

La vegetación característica está compuesta de una asociación de bosque de pino piñonero (*Pinus sembroides*) , encinos (*quercus spp*), lechuguilla y pastos como *Aristida* y *atriplex* entre otros.

Descripción del Material Vegetativo

El material vegetativo utilizado fueron 48 arboles de manzano c.v. *Golden delicious* de 13 años de edad.

Material Fertilizante

Se utilizaron fertilizantes químicos que contienen los elementos Zn y Mn como son:

Kelatex Mn 9 %.

Maxiquel Zn 290 basado en EDTA al 8 %.

Tanto el Mn como el Zn se aplicaron en forma foliar. Se aplicaron al suelo de manera uniforme en todos los tratamientos el producto maxiquel Fe 190 basado en EDDHA al 6 por ciento. Además se fertilizó con nutrimentos mayores con la dosis 50 - 50 - 50; para lo cual se emplearon las fuentes de: urea 46 - 0 - 0; superfosfato triple 0 - 46 - 0; sulfato de potasio 0 - 0 - 50; considerando una población de 500 arboles/ha; se aplicaron 217.391g de urea, 217.391 g de superfosfato triple y 200 g de sulfato de potasio por árbol para satisfacer sus necesidades.

Factores y Niveles de Estudio

Se estudiaron dos factores con cuatro niveles de estudio, resultando 16 tratamientos. Los factores de estudio son el zinc y el Manganeseo; para el zinc se aplicaron los siguientes niveles de 0, 20, 40, 80 ppm y para el manganeso 0, 60, 90, 120 ppm.

Diseño Experimental y Distribución de Tratamientos

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con 16 tratamientos y tres repeticiones siendo la dosis 0 de Mn y Zn como el testigo, como se muestra en el cuadro número 1.

Cuadro No 3.1. Cuadro de tratamientos y distribución de la fertilización.

Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn
ppm		ppm		ppm		ppm	
1) 0	0	5) 60	0	9) 90	0	13) 120	0
2) 0	20	6) 60	20	10) 90	20	14) 120	20
3) 0	40	7) 60	40	11) 90	40	15) 120	40
4) 0	80	8) 60	80	12) 90	80	16) 120	80

Variables a Evaluar en la Planta

Crecimiento Vegetativo.

Se seleccionaron ramas del árbol una por cada punto cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste) en las cuales se tomaron las medidas en longitud y grosor se midió en milímetros utilizando un vernier

Crecimiento del Fruto

Esta variable se evaluó a partir de que el fruto alcanzó el tamaño de canica (dos centímetros de diámetro), con un intervalo de 40 días cada evaluación hasta el momento de la cosecha. Se midió con un vernier.

Calidad del Fruto

Se determinó al momento de la cosecha basándose en la forma y tamaño principalmente, como se muestra en el cuadro número 2.

Cuadro No 3.2. Diámetro de manzanas por categorías para su clasificación.

CATEGORIAS	DIAMETRO
EXTRA	MAYOR DE 6.7 CMS
PRIMERA	6.6 – 6.2 CMS
SEGUNDA	6.1 – 5.5 CMS
TERCERA	MENOR DE 5.5 CMS

Grados Brix

Se determinó después de la cosecha, por medio de un refractómetro.

Rendimiento

Se determinó al momento de la cosecha, en kg./ha. Así como por categoría.

Elementos Nutrimientales.

Zinc Y Manganeso. Se determinaron por medio de un análisis foliar, por el método de absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se discutirán los resultados obtenidos de cada una de las variables evaluadas en el trabajo de investigación.

Crecimiento Vegetativo

Para esta variable se evaluó el crecimiento tanto en longitud como en diámetro de ramas del manzano durante el periodo de crecimiento vegetativo en el ciclo durante el cual se desarrollo el experimento; se realizaron mediciones en una rama de cada punto cardinal, que previamente fue seleccionada y marcada para tal fin. El 9 de abril de 1998 se realizo el marcaje de ramas y se inicio la medición del crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas de cada punto cardinal. Se evaluó un total de 126 días de crecimiento que comprendió del 9 de abril al 15 de agosto de 1998. los datos que se presentan son de todo este periodo.

Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto

Cardinal Norte

En el cuadro No. 4.1 se presentan las medias de respuesta que se obtuvieron para cada uno de los tratamientos de las variables de crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas del punto cardinal Norte.

Cuadro No. 4.1. Medias de respuesta de la variable crecimiento en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal norte.

CRECIMIENTO	Tratamientos															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
L	25	28.3	16.6	51.6	23.3	8.3	18.3	15	15	15	21.6	23.3	30	18.3	20	11
D	2.3	2	1.3	1.6	1.3	1.6	1.6	2	1.3	2	1.6	2	2	2.3	1.6	2.6

L= crecimiento en longitud en mm. D= crecimiento en diámetro en mm.

Para la variable crecimiento vegetativo en longitud de la rama del punto cardinal norte al realizar el análisis de varianza se obtuvo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual indica que sí existió respuesta a la aplicación de los nutrimentos Mn y Zn, además se obtuvo un coeficiente de variación del 37.15 por ciento.

Al realizar la prueba de Tukey encontramos que el mejor tratamiento fue el tratamiento cuatro, seguido de los tratamientos 13 y dos, para Tukey estos dos tratamientos son iguales, pero diferentes del resto, todos los demás tratamientos son iguales según la prueba de Tukey.

En la figura No 4.1 se presentan las medias obtenidas para esta variable, así tenemos que el tratamiento cuatro fue el mayor con un valor de 51.6 mm seguido del tratamiento 13 con 30 mm y después el tratamiento dos con 28.3 mm, siendo el tratamiento mas bajo el tratamiento seis con 8.3 mm.

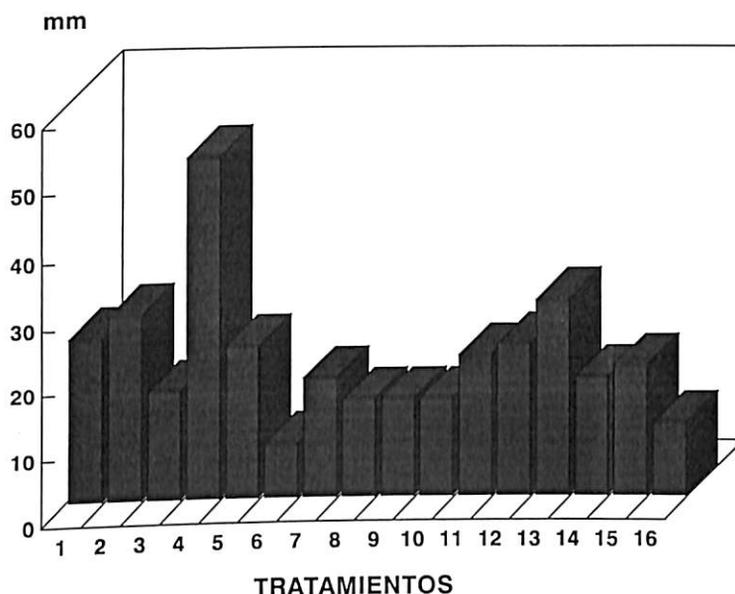
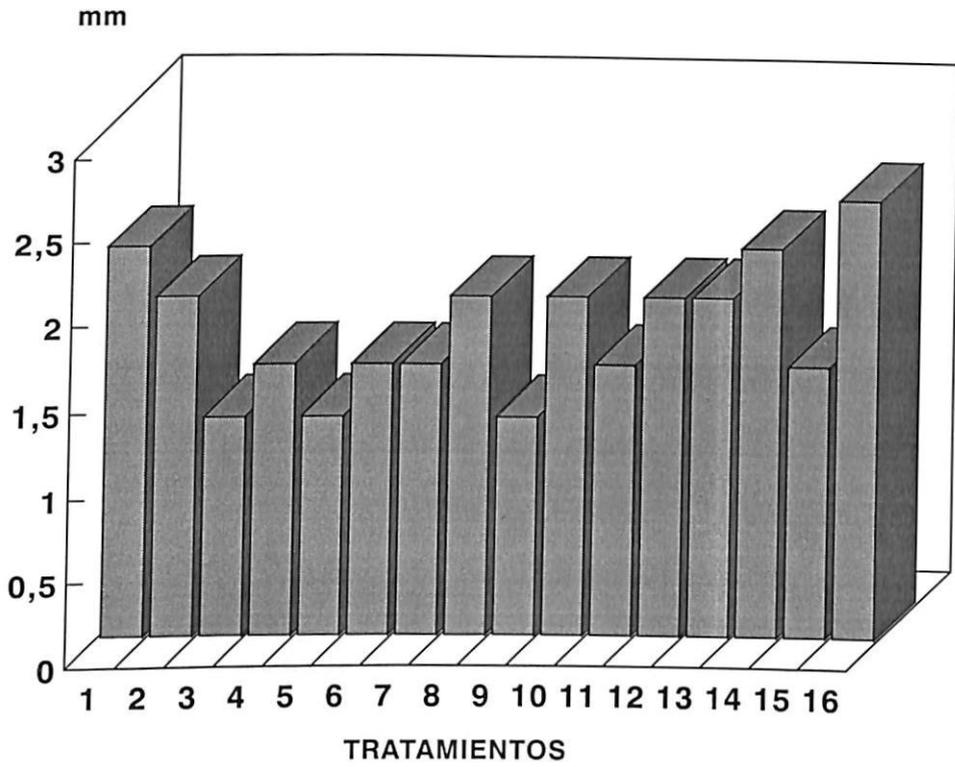


Figura No. 4.1. Medias de respuesta obtenida para la variable crecimiento vegetativo en longitud de ramas del punto cardinal Norte. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja.

Para el crecimiento vegetativo diámetro de ramas del punto cardinal Norte no existió diferencia significativa entre los tratamientos, y se obtuvo un coeficiente de variación del 34.81 por ciento.

En la figura No. 4.2 se muestran las medias de respuesta que se obtuvieron, así tenemos que el tratamiento 16 fue el único que supero al testigo con un valor

de 2.6 mm y el testigo que es el tratamiento uno fue de 2.3 mm así como también el tratamiento cuatro, todos los demás tratamientos no superaron al



testigo.

Figura No 4.2. Media de respuesta obtenidas para la variable crecimiento vegetativo del diámetro de ramas del punto cardinal Norte. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja.

Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto Cardinal Sur

En el cuadro No. 4.2 se presentan las medias de respuesta que se obtuvieron para cada uno de los tratamientos de las variables de crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas del punto cardinal Sur.

Cuadro No. 4.2. Medias de respuesta de la variable crecimiento en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Sur.

CRECIMIENTO	Tratamientos															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
L	31.6	31.6	23.3	16.6	25	60	18.3	20	15	23.3	30	26.6	28.3	26.6	31.6	66.6
D	2	2.6	3	2	1.3	1	2.3	1	2.3	2	2.6	1.6	1.6	2.3	1	2.3

L= crecimiento en longitud en mm. D= crecimiento en diámetro en mm.

En lo que respecta a estas variables se realizó el análisis de varianza para el crecimiento vegetativo en longitud de ramas del punto cardinal sur encontrando diferencia altamente significativa entre los tratamientos, indicando que sí existió efecto a la aplicación de Mn y Zn vía foliar; se obtuvo un coeficiente de variación del 26.52 %.

Para la prueba de Tukey al 5 por ciento se tiene que el mejor tratamiento fue el tratamiento 16 seguido del tratamiento 6 y todos los demás tratamientos fueron iguales.

En la figura No 4.3 se observa que para el tratamiento 16 se obtuvo una media de 66.6 mm, seguido del tratamiento seis con 60 mm y el tratamiento uno que es el testigo con 31.66 mm y el tratamiento nueve con 15 mm siendo éste el más bajo.

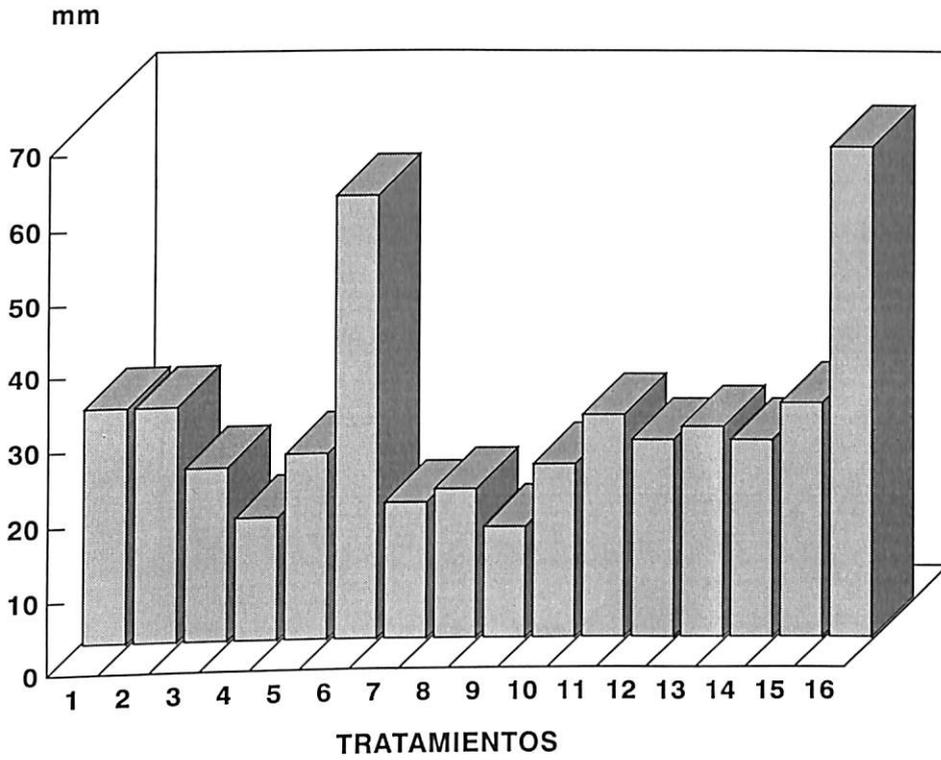


Figura No 4.3. Medias de respuesta obtenida de la variable crecimiento vegetativo en longitud del punto cardinal Sur. En el cultivo de manzano del cañón de la Roja.

Con respecto al crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Sur, al realizar el análisis de varianza se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, indicando que sí existió respuesta al 5 por ciento, además se obtuvo un coeficiente de variación del 38.3 por ciento.

Para Tukey al 5 por ciento todos los tratamientos resultaron iguales, es decir para esta prueba los tratamientos son iguales a este nivel de significancia.

En la figura 4.4 se muestra las medias de respuesta obtenidas, teniendo que los tratamientos que superaron al testigo fueron el tres, dos, 11, nueve, siete, 14 y 16, el testigo que es el tratamiento uno tiene un valor de 2 mm y todos los demás no lo superaron.

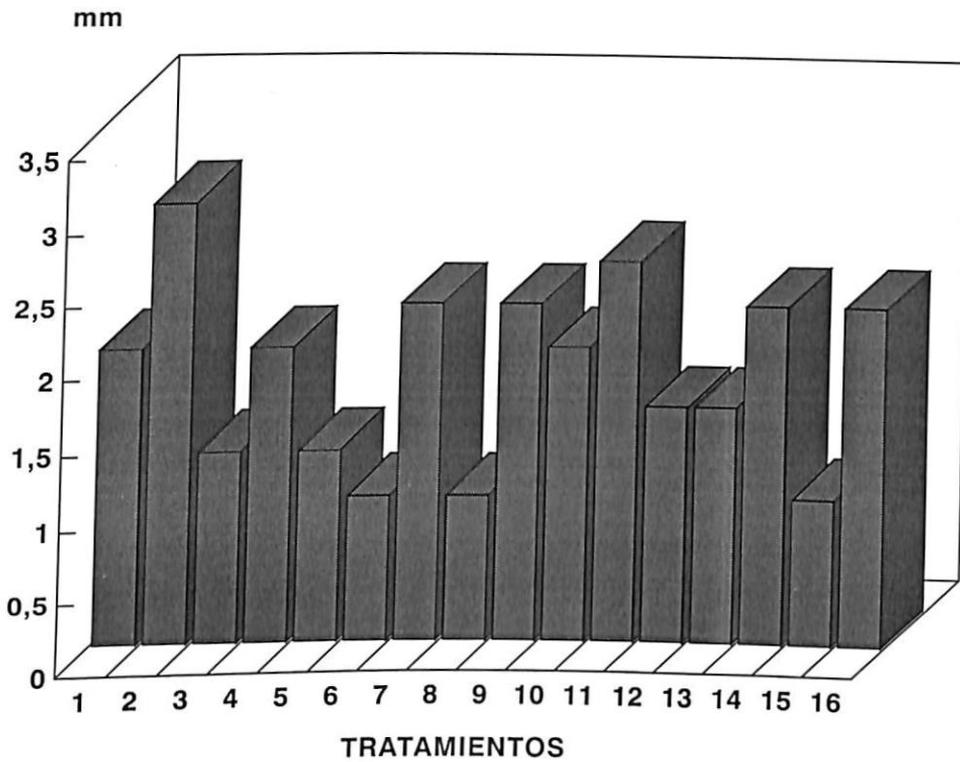


Figura No 4.4. Media de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Sur. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja.

Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto

Cardinal Este

En el cuadro No. 4.3 se presentan las medias de respuesta que se obtuvieron para cada uno de los tratamientos de las variables de crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas del punto cardinal Este.

Cuadro No. 4.3. Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Este.

CRECIMIENTO	Tratamientos															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
L	76.6	80	25	33.3	21.6	20	25	20	45	13.3	33.3	33.3	96.6	10	30	37
D	1.6	2	1.3	2.3	2	2	1.6	1.3	1	2	3.3	1.3	3.6	1.6	2.6	1.6

L= crecimiento en longitud en mm. D= crecimiento en diámetro en mm.

En el análisis de varianza para la variable crecimiento en longitud de las ramas del punto cardinal Este se obtuvo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos y un coeficiente de variación de 23.93 por ciento, encontrando respuesta entre los tratamientos que se aplicaron.

En lo que respecta a la prueba de Tukey al 5 por ciento, tenemos que los mejores tratamientos son el 13, dos y el uno, seguido del nueve y los tratamientos 16, 12, cuatro, 11, 15, siete, cinco, seis y ocho son iguales entre si pero diferentes con respecto a los demás tratamientos y los tratamientos 10 y 14 también son iguales entre ellos pero diferentes del resto.

En la figura No 4.5 se observan las medias de respuesta de cada uno de los tratamientos, así tenemos que el tratamiento 13 presenta el máximo crecimiento con 96.6 mm y el tratamiento 14 el mínimo con 10 mm.

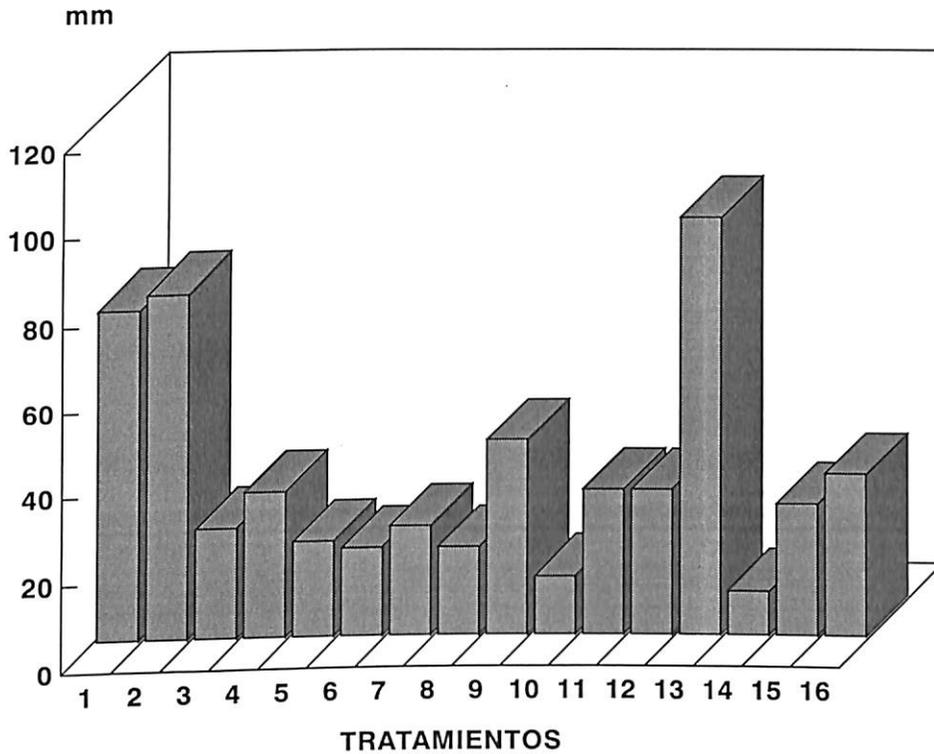


Figura No. 4.5. Medias de respuesta de la variable crecimiento en longitud del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja.

Al realizar el análisis de varianza para la variable crecimiento en diámetro de ramas del punto cardinal Este. se obtuvo una diferencia altamente significativa y un coeficiente de variación del 37 por ciento indicándo que sí existió respuesta de esta variable a la aplicación del Mn y Zn vía foliar.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 por ciento esta no encontró diferencia entre los tratamientos, es decir, para Tukey todos los tratamientos son iguales.

En la figura No. 4.6 se observa las medias que se obtuvieron para esta variable, teniendo que los tratamientos 13, 11, 15, cuatro, 10, dos, cinco y seis superaron al testigo y los tratamientos siete, 16, ocho, 12, tres y nueve no lo superaron.

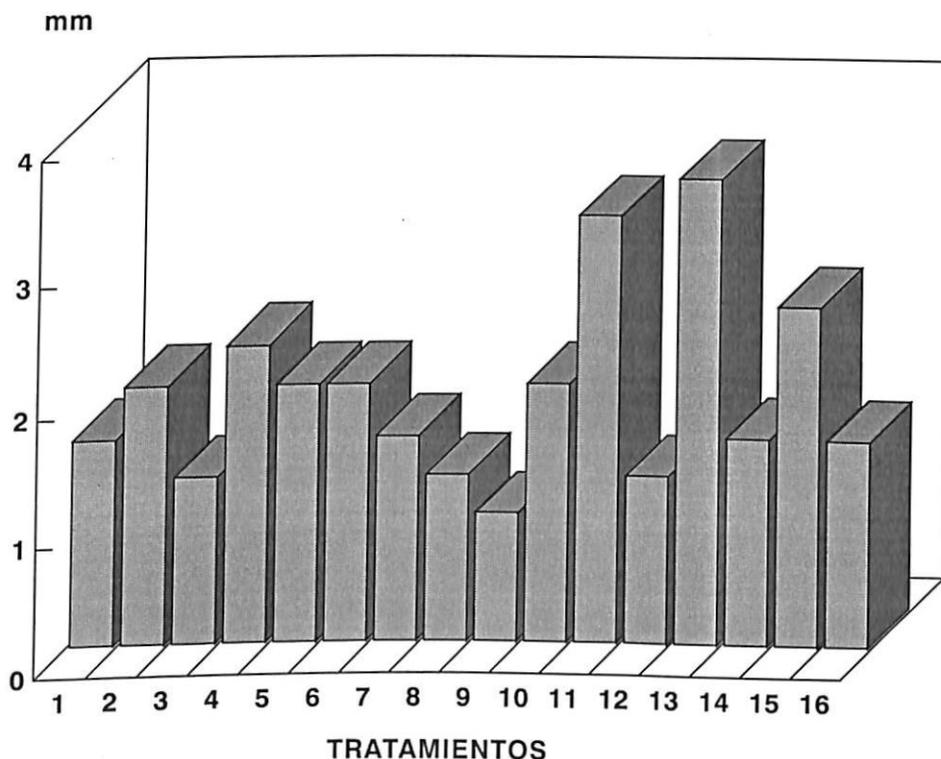


Figura No. 4.6. Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja.

Crecimiento Vegetativo en Longitud y Diámetro de Ramas del Punto

Cardinal Oeste

En el cuadro No. 4.4 se presentan las medias de respuesta que se obtuvieron para cada uno de los tratamientos de las variables de crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas del punto cardinal Oeste.

Cuadro No. 4.4. Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en longitud y diámetro de ramas en el punto cardinal Oeste.

Crecimiento	Tratamientos															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
L	15	46.6	16.6	25	48.3	25	16.6	20	8.3	11.6	45	23.3	40	30	20	23.3
D	1.6	1	1	1.3	2	1.3	1.6	1.6	1.6	1.3	1.6	1.3	2	1.6	1	1

L= crecimiento en longitud en mm. D= crecimiento en diámetro en mm.

Para la variable crecimiento en longitud de ramas del punto cardinal Oeste al realizar el análisis de varianza el resultado fue altamente significativo y se obtuvo un coeficiente de variación del 25.26 por ciento. En donde se encontraron valores de 48.3 mm en el tratamiento cinco, hasta 8 mm en el tratamiento nueve. Por lo cual sí existió respuesta a la aplicación de Mn y Zn.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 por ciento se tiene que el tratamiento que presento mejor respuesta fue el cinco, seguido del tratamiento dos, posteriormente fueron los tratamientos 11, 13 y 14; para Tukey los tratamientos seis y cuatro no mostraron diferencia, es decir, son iguales entre sí. Así mismo, los tratamientos 12, 16, 15 y ocho son iguales entre ellos pero diferentes al resto,

los tratamientos tres, uno y 10 se comportaron iguales entre ellos y el tratamiento nueve que fue el más bajo con 8.33 mm es diferente a todos los demás.

En la figura No. 4.7 se observa el comportamiento del crecimiento, así podemos observar que el tratamiento de mayor crecimiento fue el cinco, seguido del dos, 11, 13 y 14. Prácticamente todos los tratamientos superaron al testigo, excepto el tratamiento 10 y nueve.

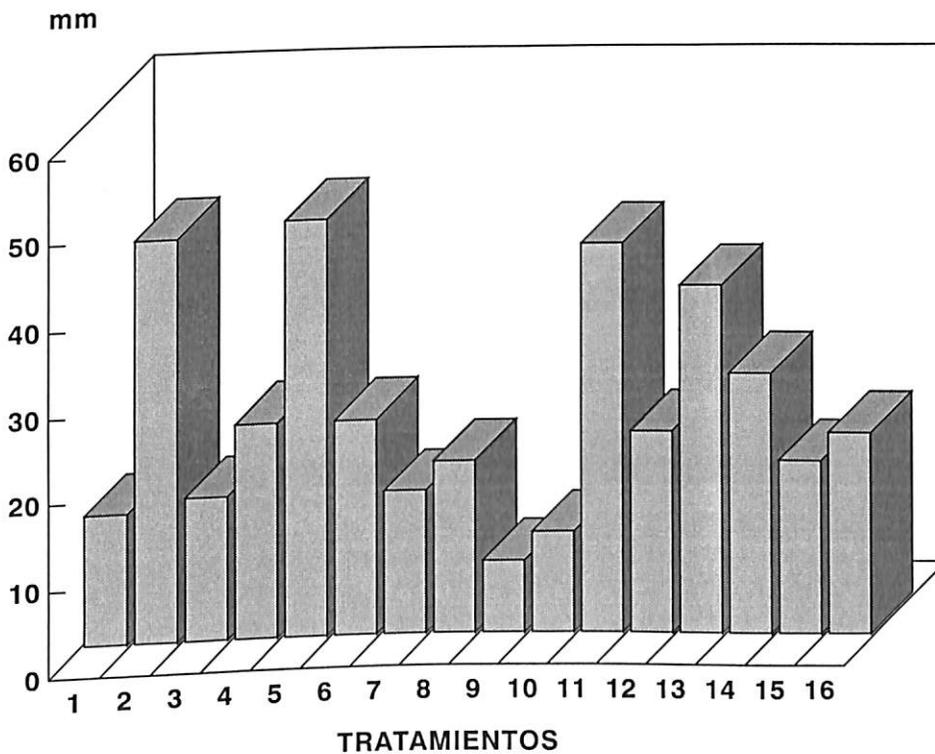


Figura No. 4.7. Medias de respuesta obtenida para la variable crecimiento vegetativo en longitud de ramas del punto cardinal Oeste. En el cultivo de manzano, del cañón de la Roja.

En lo que respecta al crecimiento vegetativo de la rama en diámetro del punto cardinal Oeste, no existió diferencia significativa al realizar el análisis de varianza.

En la figura No. 4.8 se puede observar que los valores para esta variable fluctúan entre uno y dos mm.

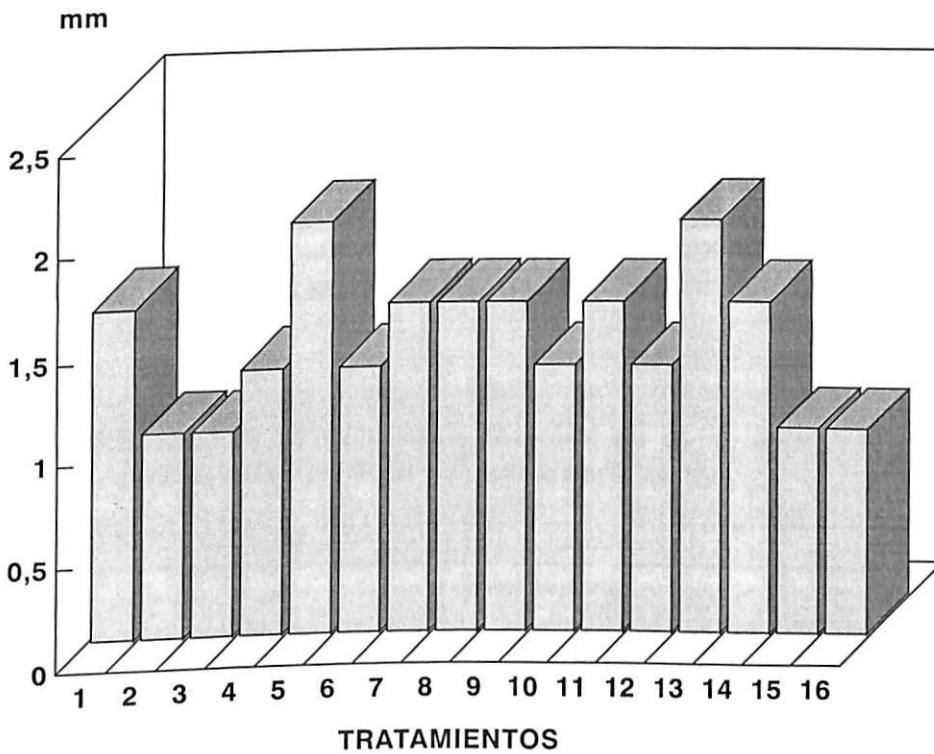


Figura No. 4.8. Medias de respuesta de la variable crecimiento vegetativo en diámetro de ramas del punto cardinal Oeste. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja.

Crecimiento del Fruto

Esta variable se evaluó a partir de que el fruto alcanzó los dos centímetros de diámetro, los datos que se obtuvieron fueron el crecimiento del diámetro polar y ecuatorial del fruto, de los puntos cardinales Sur y Este. La etapa de floración previo al amarre de frutos ocurrió del 27 de marzo 1 de abril y para el 8 de mayo el amarre de frutos registro prácticamente el 100 por ciento. La medición al fruto se empezó a registrar el 21 de junio.

Crecimiento Polar y Ecuatorial del Fruto del Punto Cardinal Sur

En el cuadro 4.5 se presentan las medias de respuesta que se obtuvieron para el crecimiento polar y ecuatorial del fruto.

Cuadro No 4.5. Medias de respuesta obtenida de la variable crecimiento polar y ecuatorial del fruto del punto cardinal sur.

CRECIMIENTO	Tratamientos															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
P	15.6	22	13	15.6	15.6	17	16.3	15.6	15.6	11.3	17	16.6	12	16	16.6	18
E	20.3	22	18.3	22.3	20.3	19	20.3	19	19	17	19.6	21.6	22	20	20.3	22

P= crecimiento del diámetro polar en mm. E= crecimiento del diámetro ecuatorial en mm.

Al realizar el ANVA para la variable crecimiento del diámetro polar del fruto del punto cardinal Sur, se obtuvo una diferencia altamente significativa entre los

tratamientos, indicando que si existió respuesta de esta variable a la aplicación de Mn y Zn, se obtuvo un coeficiente de variación del 15.73 por ciento .

En lo que respecta a la prueba de Tukey tenemos tres grupos de tratamientos con diferente respuesta, así se obtuvo que el mejor tratamiento fue el dos seguido por los tratamientos 16, 11, 6, 15, 12, 7, 14, 5, 1, 4, 8 y 9 todos estos para Tukey son iguales, el otro grupo lo componen los tratamientos 3, 13 y 10.

En la figura No 4.9 se observa que el mejor tratamiento fue el número dos con 22 mm de crecimiento seguido de los tratamientos 16, 11, 6, 15, 12, 7, 14 y 5 que son los que superaron al testigo el cual tiene un valor de 5.6 mm. Siendo el tratamiento 10 el más bajo con 11.3 mm.

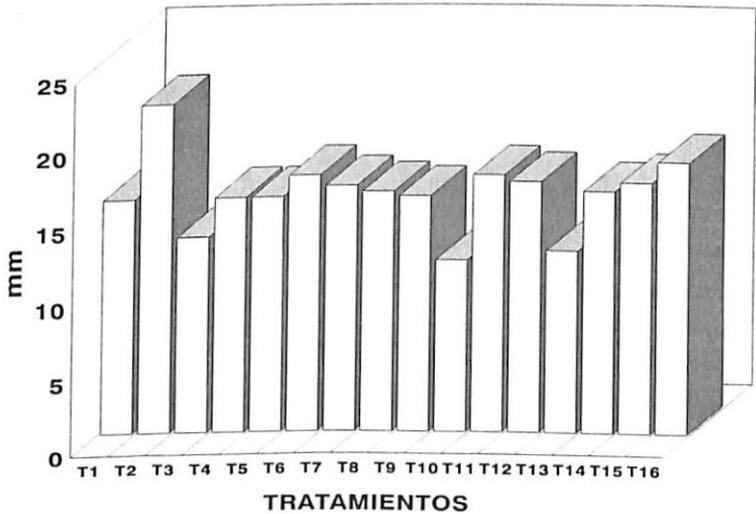


Figura No. 4.9. Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro polar del fruto del punto cardinal sur. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja.

Para el crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto del punto cardinal Sur, el ANVA no encontró significancia o diferencia significativa entre tratamientos, se obtuvo un coeficiente de variación del 13.13 por ciento.

En la figura No 4.10 se puede observar la media de respuestas de los tratamientos, así se tiene que los tratamientos 2, 4, 13 y 16 fueron los únicos que numéricamente superan al testigo.

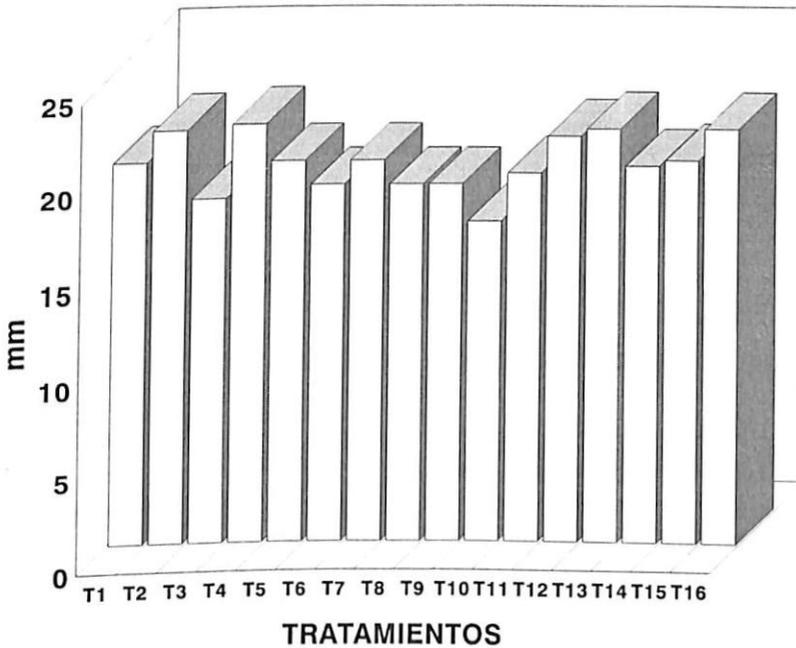


figura No. 4.10. Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto del punto cardinal sur. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja.

Crecimiento Polar y Ecuatorial del Fruto del Punto Cardinal Este

En el cuadro 4.6 se presentan las medias de respuesta que se obtuvieron para el crecimiento polar y ecuatorial del fruto, del punto cardinal Este.

Cuadro 4.6. Medias de respuesta obtenida de la variable crecimiento polar y ecuatorial del fruto del punto cardinal Este

CRECIMIENTO	Tratamientos															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
P	15	16.6	16.3	14.3	13.3	11.6	17.3	14.3	13.3	14.3	13.6	17.6	15.3	17	16.3	15
E	20.3	18.3	18	22	19.6	14.6	20.3	19.3	23	19.6	19.6	18.6	24	20.3	18.6	20.6

P= crecimiento del diámetro polar en mm. E= crecimiento del diámetro ecuatorial en mm.

2011-11-08

De acuerdo con el ANVA realizado para la variable crecimiento del diámetro polar del fruto del punto cardinal Este, se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir no hubo respuesta a las aplicaciones de micronutrientes Mn y Zn.

En la figura No 4.11 se muestran las medias de respuesta que se obtuvieron, así se tiene que los tratamientos 2, 3, 7, 12,14 y 15 fueron los únicos que superaron al testigo, ya que éste alcanzo un valor de 15 mm.

En la figura No 4.12 el tratamiento 13 alcanzó un valor medio de 24 mm y el tratamiento 9 de 23 mm., a éstos le siguieron los tratamientos 4, 16, 7 y 14, que son los que superaron al testigo o fueron iguales, los demás tratamientos no lo superaron.

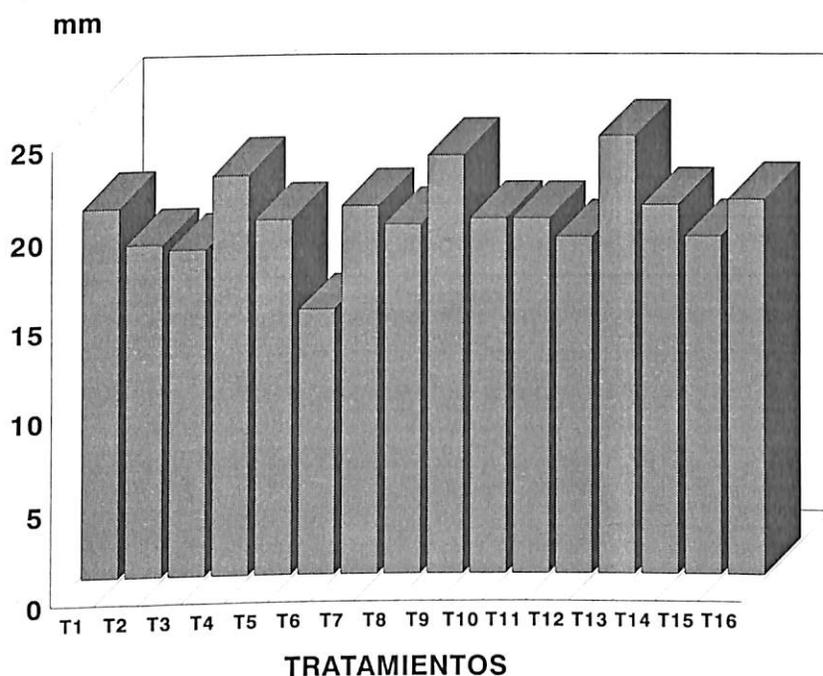


Figura No. 4.12. Medias de respuesta de la variable crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto del punto cardinal Este. En el cultivo de manzano, en el cañón de la Roja.

Producción Total

En lo que respecta a la variable producción total se obtuvo diferentes rendimientos por tratamientos los cuales se presentan en el cuadro 4.7 las medias de respuesta. La cosecha se efectuó el día 12 de Septiembre registrando el

rendimiento total y por categoría previa selección, así como la determinación de los grados Brix, todo esto es por tratamiento.

Cuadro No. 4.7. Medias de respuesta obtenida para la variable producción total en kg/ha.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
5670	2337	2331	8658	3749	925	2963	558	1838	1600	391	2004	3374	1091	2595	462

De acuerdo al ANVA se tiene que para la variable producción total hay una diferencia significativa entre tratamientos lo cual indica que si existió respuesta a la aplicación de Zn y Mn. Así tenemos que el tratamiento que obtuvo mayor rendimiento es el T4 con 8658 kg/ha, que fue el único que supero al testigo el cual reporto un rendimiento de 5670 kg/ha.

De acuerdo a la prueba de Tukey se tiene que el mejor tratamiento es el 4, y los tratamientos 1,5, 13, 7,15,2,3, 12, 9 y 10 son iguales entre si, pero diferentes del tratamiento 4 y muy diferentes de los tratamientos 14, 6, 8, 16 y 11 los cuales para Tukey son iguales entre si, los cuales registraron un rendimiento muy bajo.

En la figura No 4.13 podemos observar como el mejor tratamiento fue el 4, seguido del tratamiento 1, 5, 13, 7 etc, y los tratamientos que obtuvieron los mas bajos rendimientos son el 8, 16 y 11.

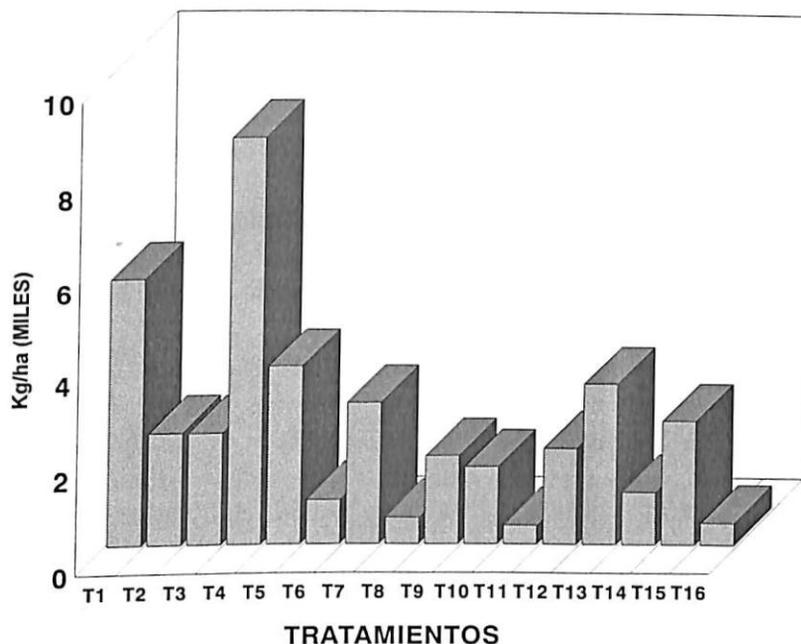


Figura No. 4.13. Representación gráfica de las medias de respuesta obtenida en la variable producción total en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Producción Categoría Extra

Para la variable producción categoría extra cuyo diámetro de la manzana es mayor de 6.5 cms las medias de respuesta obtenida se presentan en el cuadro 4.8 los datos son por tratamiento.

Cuadro No. 4.8. Medias de respuesta obtenidas para la variable producción categoría extra en kg/ha.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
1320	1421	183	2783	0	187	400	0	245	0	0	66	875	108	166	116

De acuerdo al ANVA existió diferencia significativa entre los tratamientos indicando que la respuesta de la aplicación de los fertilizantes sí influye en la calidad del fruto. Observándose que el tratamiento que mejor se comportó es el tratamiento 4 con una producción de 2783 kg/ha. Por otro lado el tratamiento de menor producción fue el tratamiento 12 con una media de 66.66 kg/ha y los tratamientos 5, 10, 11 y 8 no obtuvieron producción de esta categoría.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % encontramos tres grupos diferentes, siendo el tratamiento cuatro el primer grupo y los tratamientos 2, 11, 13, 7, 9, 6, 3, 15, 16, 14 y 12 pertenecen a otro grupo diferentes al primero y diferentes del siguiente grupo en el cual están los tratamientos 5, 10, 11 y 8.

En la figura No 4.14 se presenta las respuesta que se obtuvieron por tratamiento observando que el mejor tratamiento fue el cuatro, tres, uno y catorce, los tratamientos 5, 8, 10 y 11 no obtuvieron producción para esta categoría.

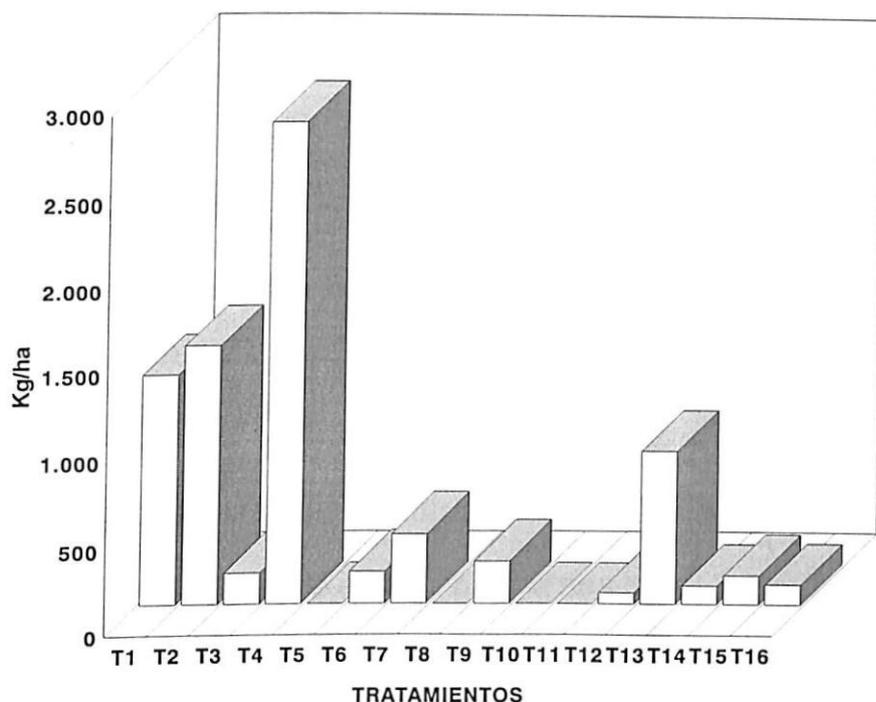


Figura No. 4.14 representación gráfica de las medias obtenidas en la variable producción categoría extra en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Producción Categoría Primera

En el cuadro 4.9 se observan las medias de respuesta para cada uno de los tratamientos en cuanto a producción de la categoría primera, las cuales el diámetro de la manzana está comprendido de entre 6.2 y 6.6 cms.

Cuadro No. 4.9. Medias de respuesta obtenidas para la variable producción categoría primera en kg/ha.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
1316	579	366	2508	233	58	620	0	508	0	0	216	641	266	295	0

De acuerdo al ANVA se tiene una diferencia altamente significativa entre tratamientos, por lo tanto sí existió respuesta a la aplicación de micronutrientes en diferentes concentraciones y diferentes relaciones nutrimentales, en esta variable sobresale el tratamiento cuatro cuya producción fue de 2508.33 Kg/ha, seguido del tratamiento uno con una producción de 1316.66 Kg/ha. El resto de los tratamientos son iguales entre si estadísticamente.

Al realizar la prueba de Tukey resultan tres grupos estadísticos (A, AB, B) siendo el tratamiento 4 un grupo estadístico, seguido del tratamiento 1, y todos los demás tratamientos son iguales entre si para la prueba de Tukey.

La figura No 4.15 ilustra estos resultados donde se observa notablemente que el tratamiento cuatro es mejor, y que el testigo supera al resto de los tratamientos.

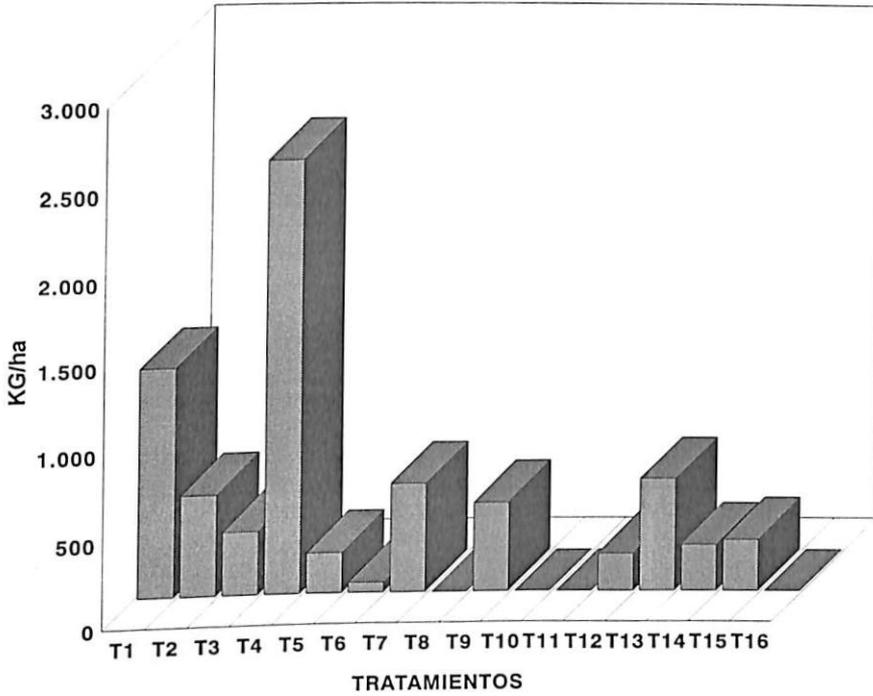


Figura No. 4.15 Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría primera en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Producción Categoría Segunda

En el cuadro No 4.10 se tienen las medias de respuesta obtenidas para esta variable producción categoría segunda.

Cuadro No. 4.10. Medias de respuesta obtenidas para la variable producción categoría segunda en kg/ha.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
1887	141	741	2337	841	216	1116	0	500	33	133	733	1066	358	741	37

De acuerdo al ANVA se tiene que para esta variable no existió diferencia significativa entre tratamientos, es decir no hubo significancia estadísticamente, por lo que para esta variable no existió respuesta a la aplicación de micronutrientes.

En la figura No 4.16 se muestran las medias de respuestas de los tratamientos a las aplicaciones indicando la diferencia que existe entre ellos, aunque estadísticamente sean iguales.

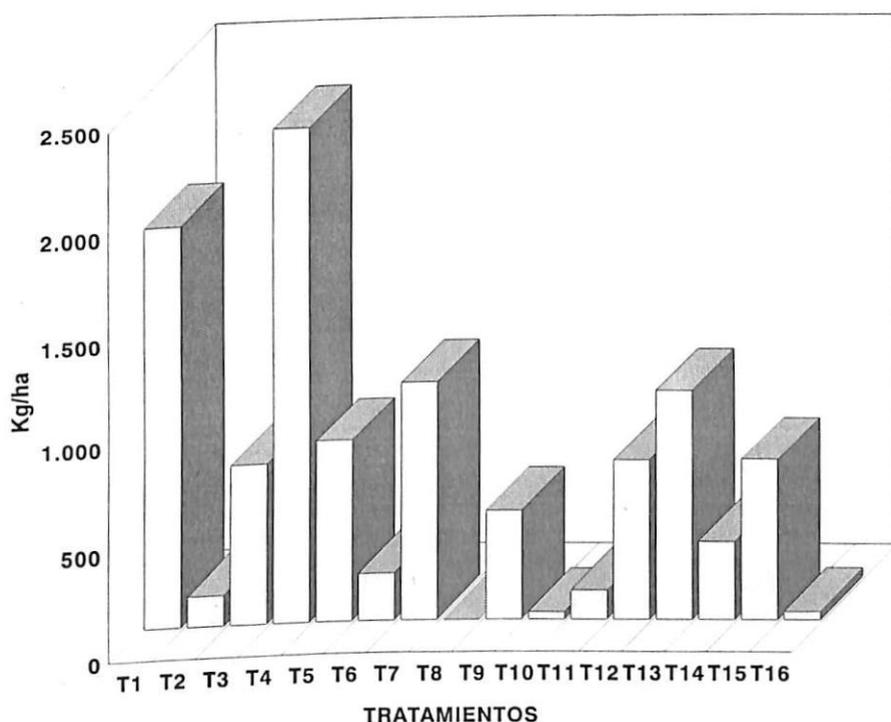


Figura No 4.16. Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría segunda en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Producción Categoría Tercera

En el cuadro No 4.11 se muestran las medias de repuesta obtenidas de la variable producción categoría tercera. Cuyo diámetro de la manzana es menor de 5.5 cms.

Cuadro No 4.11 Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría tercera en Kg/ha.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
1133	125	1041	1029	2674	650	825	558	584	1566	183	987	891	358	1391	308

De acuerdo al ANVA realizado para esta variable se tiene que no existió diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo en la figura No. 4.17 se observa que existen diferencias numéricas en el rendimiento de esta categoría.

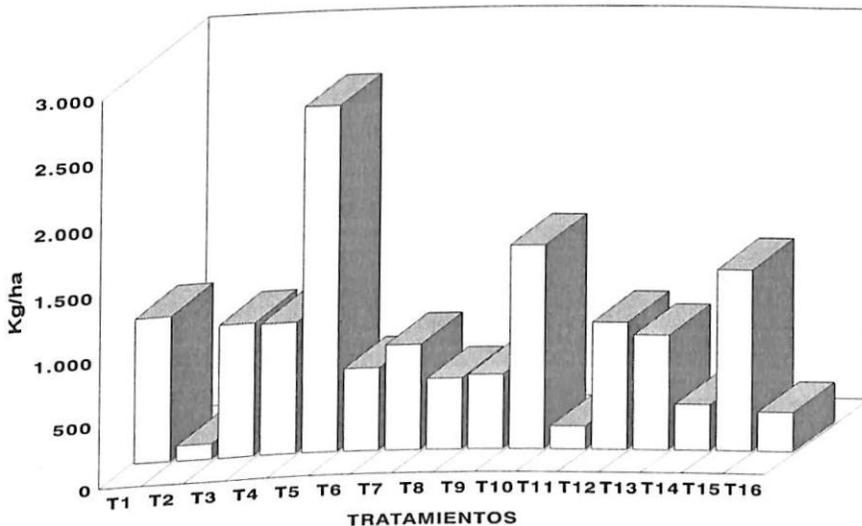


Figura No 4.17. Representación de las medias obtenidas en la variable producción categoría tercera en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Producción Total Grados Brix

En el cuadro No 4.12 se presentan las medias de respuesta para la variable grados brix con respecto a la producción total por tratamiento, además se tiene que para los tratamientos 7, 8 y 10 no existió producción por lo tanto no existen grados brix para estos tratamientos.

Cuadro No 4.12 Representación de las medias obtenidas en la variable grados brix de la producción total.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
17.5	18	18.7	17.6	17.1	18.1	0	0	17	0	17.1	18.4	18	18.1	18.6	17.9

De acuerdo al ANVA se tiene que existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos, lo cual indica que la aplicación de los micronutrientes Zn y Mn sí afecta la concentración de azúcares en el cultivo de la manzana, por lo tanto los tratamientos con mayor porcentaje de azúcares son el tratamiento 3, 15, 12. con 18.7, 18.6 y 18.4 °B respectivamente.

De acuerdo a la prueba de Tukey existen cuatro grupos diferentes en cuanto a la respuesta de esta variable a la aplicación de nutrientes así el primer grupo lo forman los tratamientos 3 y 15; el siguiente grupo lo forman los tratamientos 12, 6, 14, 2, 13, 16, 4, 9 y 1 con una media que va de 18.4 a 17.5. el siguiente grupo lo forman los tratamientos 5 y 11, y el último grupo lo forman los tratamientos 8, 7 y 10 ya que estos tratamientos no registraron producción.

En la figura No. 4.18 se observan las medias de respuesta, que se obtuvieron en grados brix así tenemos que existe una muy buena uniformidad en cuanto a la respuesta de la aplicación de micronutrientos.

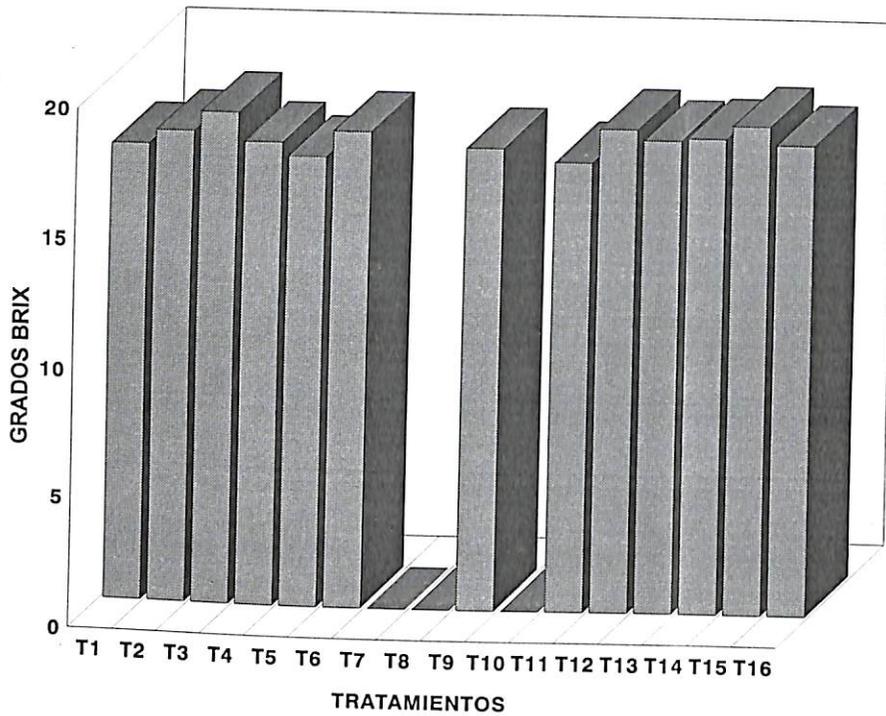


Figura No 4.18. Representación de las medias obtenidas en la variable grados Brix de la producción total en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Categoría Extra Grados Brix

En el cuadro 4.13 se presentan las medias que se obtuvieron para la variable grados brix de la categoría extra; los tratamientos cinco, ocho, 10 y 11 no presentaron producción para esta categoría por lo tanto no existe lectura para la variable grados brix.

Cuadro No. 4.13. Medias de respuesta obtenidas para la variable grados brix de la producción categoría extra.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
17.7	18.1	18.5	17.7	0	18	17.5	0	17.6	0	0	17.6	18.7	18	18.5	17.9

De acuerdo al análisis de varianza se tiene que para esta variable se tiene una respuesta altamente significativa por lo tanto sí existe diferencia entre los tratamientos, teniendo una media que oscila entre 17.5 y 18.7 grados brix.

Al realizar la prueba de Tukey al 0.01 el tratamiento 13 es el que tiene el valor más alto de grados brix, seguido de el tratamiento tres, posteriormente les sigue el tratamiento 15, los tratamientos 2, 6 y 14 para Tukey son iguales entre ellos y los tratamientos 16,1 y 4 también Tukey los agrupa como iguales entre si, el tratamiento 9 es diferente de los demás, así como el 12 y 7. los tratamientos 5, 10, 11 y 8 no tuvieron producción.

En la figura No 4.19 se pueden apreciar estas diferencias en cuanto a la respuesta que se tuvo de esta variable a la aplicación de los micronutrientes.

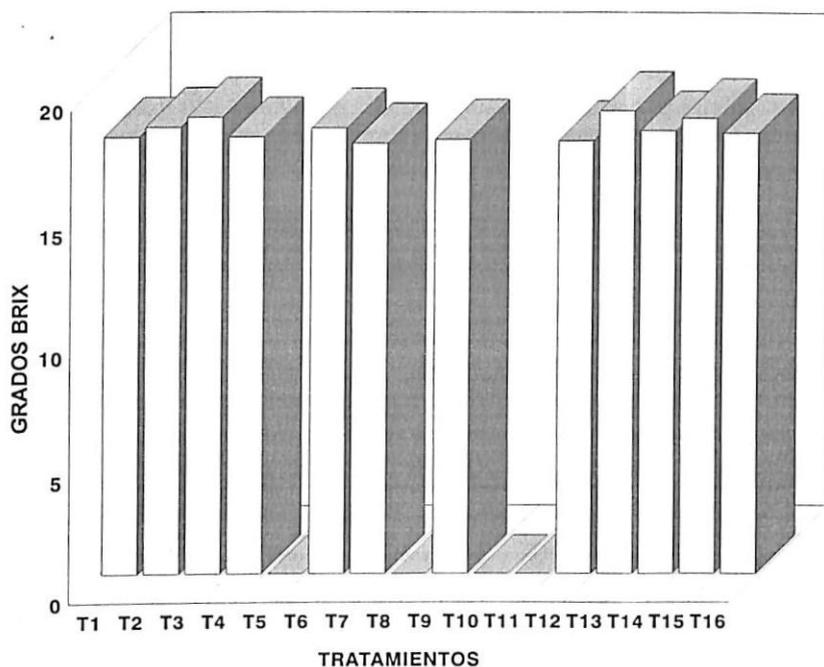


Figura No 4.19. Representación de las medias obtenidas en la variable grados brix de la producción categoría extra en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Categoría Primera Grados Brix

En el cuadro 4.14 se tienen las medias de respuesta de los tratamientos para la variable grados brix de la producción de la categoría primera. Como se puede observar los tratamientos 8, 10 y 11 no reportaron producción para esta categoría.

Cuadro No. 4.14 Medias de respuesta obtenidas para la variable grados brix para la producción categoría primera.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
17.2	17.3	19	17.3	17.1	16.2	17.4	0	17.5	0	0	17.8	17.5	18.2	18.6	0

De acuerdo al análisis de varianza se tiene que sí existe una diferencia altamente significativa, entre los tratamientos a la aplicación del Mn y el Zn para la variable grados brix.

En base a la prueba de Tukey existen tres diferentes grupos de respuesta a las aplicaciones; los mejores tratamientos son el tres el 15 y el 14 con 19, 18.6 y 18.2 grados brix respectivamente, posteriormente el grupo que componen los tratamientos 12, 9, 13, 7, 4, 1 y 5, los cuales todos ellos para Tukey son iguales con una media que oscila entre 17.9 a 17.1 grados brix. El tratamiento 6 es diferente del resto de los grupos anteriores con 16.2 °B, los demás tratamientos no tuvieron producción (10, 11, 8 y 16), lo anterior se observa en la figura No 4.20.

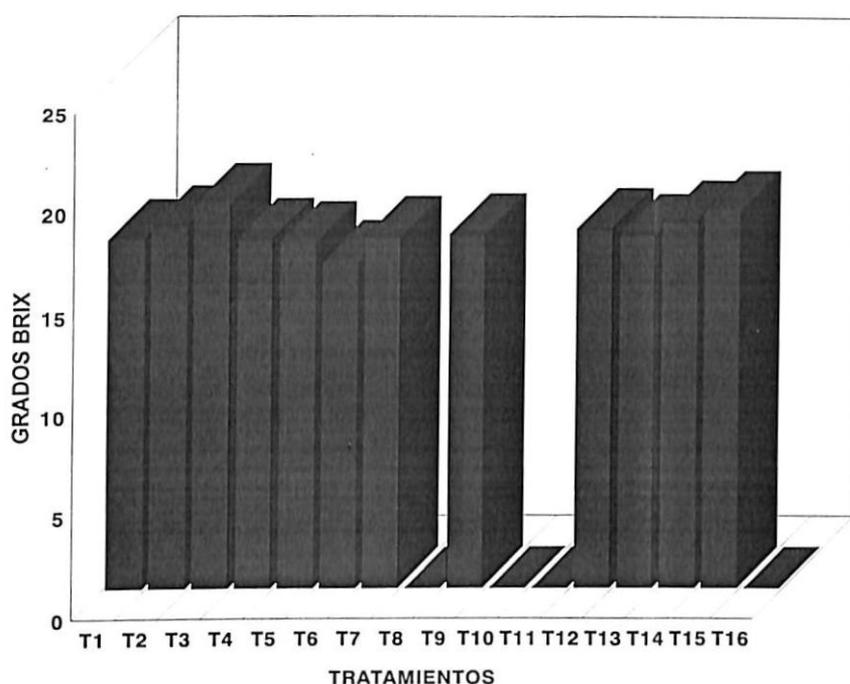


Figura No 4.20. Representación de las medias obtenidas en la variable grados brix de la producción categoría primera en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Concentración de Nutrimentos

En lo que respecta al análisis foliar para el elemento manganeso éste se llevó a cabo por el método de espectrofotometría de absorción atómica, el muestreo foliar se realizó el día 6 de agosto de 1998, tomando hojas representativas de cada tratamiento para su posterior análisis. Las tres aplicaciones foliares se efectuaron los días 22 de febrero, 13 de junio y 8 de julio de 1998.

En el cuadro 4.15 se presentan las medias que se obtuvieron de las concentraciones en ppm; estas medias son de las tres repeticiones.

Manganeso en la Planta

Cuadro No. 4.15. Concentraciones en ppm obtenidas para la variable manganeso foliar.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
84.9	84.9	69.9	69.9	39.9	109	64.9	94.9	84.9	104	99.9	84.9	79.9	99.9	69.9	119

En la figura No. 4.21 se observan las respuestas de cada uno de los tratamientos a la aplicación de este elemento, según Bennett (1996), el rango de suficiencia de este elemento se encuentra en un rango de 20 a 300 ppm por lo que se puede observar que todos los tratamientos se encuentran dentro de este nivel.

Para Rodríguez (1989), el rango de suficiencia de este elemento es de 25 a 150 ppm y también según este criterio todos los tratamientos se encuentran dentro de este rango.

Para Benton, (1991 y 1998), se tiene un rango de suficiencia de 25 a 200 ppm y también todos los tratamientos están dentro del rango.

El tratamiento 5 tubo una concentración de 39.9 ppm de manganeso, mismo que se le aplicó una dosis de 60 ppm de Mn y 0 de zinc, el tratamiento 7 tiene una concentración de 64 ppm y la dosis aplicada fue de 60 ppm de Mn y 40 ppm

de zinc. En lo que respecta a los tratamientos que registraron la más elevada concentración fue el tratamiento 16 con una aplicación de 120 ppm de Mn y 80 de zinc. Este tratamiento alcanzó un nivel de 119 ppm en las hojas; el otro tratamiento fue el 10 con 104 ppm en hoja y con una aplicación de 90 ppm de Mn y 20 de zinc.

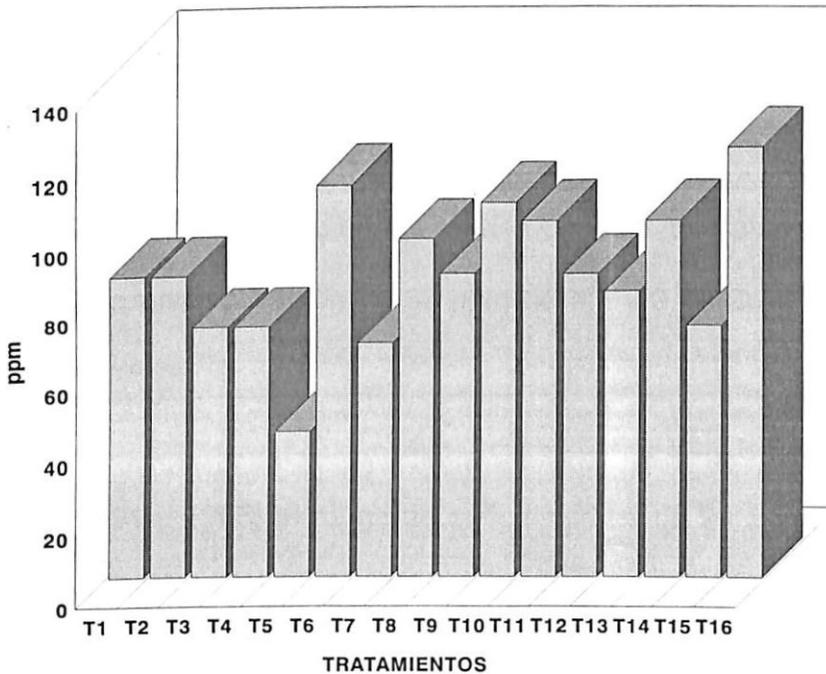


Figura No 4.21. Representación de las medias obtenidas de la variable concentración foliar de Manganese, en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

Zinc en la Planta

En lo que respecta a la concentración de Zn en el cuadro 4.16 se presentan las medias que se obtuvieron para esta variable en el análisis foliar; se observa que se tiene diferentes concentraciones dependiendo de los tratamientos que se aplicaron.

Cuadro No. 4.16. Concentraciones en ppm obtenidas para la variable zinc foliar.

Tratamientos															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
134	214	204	144	99.9	109	214	129	139	109	249	194	119	149	89	169

En la figura No 4.22 se muestran los resultados obtenidos de esta variable en el cual se ven las diferencias existentes entre tratamientos; así para Bennett, (1996) los rangos de suficiencia de este elemento para el cultivo de manzano es de 20 a 100 ppm, con respecto a este criterio la mayoría de los tratamientos superan este rango; manteniéndose en los niveles óptimos los tratamientos 5 y 15 ya que estos tuvieron una aplicación de 60 ppm de Mn y 0 de Zn y 120 de Mn y 40 de Zn respectivamente.

Para Benton (1991 y 1998) el rango de suficiencia es de 20 a 200 ppm, aquí según este criterio la mayoría de los tratamientos se encuentra en el nivel óptimo únicamente lo sobrepasan los tratamientos 2, 3, 7 y 11; los tratamientos 2 y 3 contienen 20 y 40 ppm de Zn respectivamente y nada de Mn, el tratamiento 7 contiene 60 de Mn y 40 de Zn y el tratamiento 11 contiene 90 de Mn y 40 de Zn.

Para Rodríguez (1989), es el mismo comportamiento que para benton (1991 y 1998), por lo tanto los tratamientos siguieron el mismo patrón en ambos criterios.

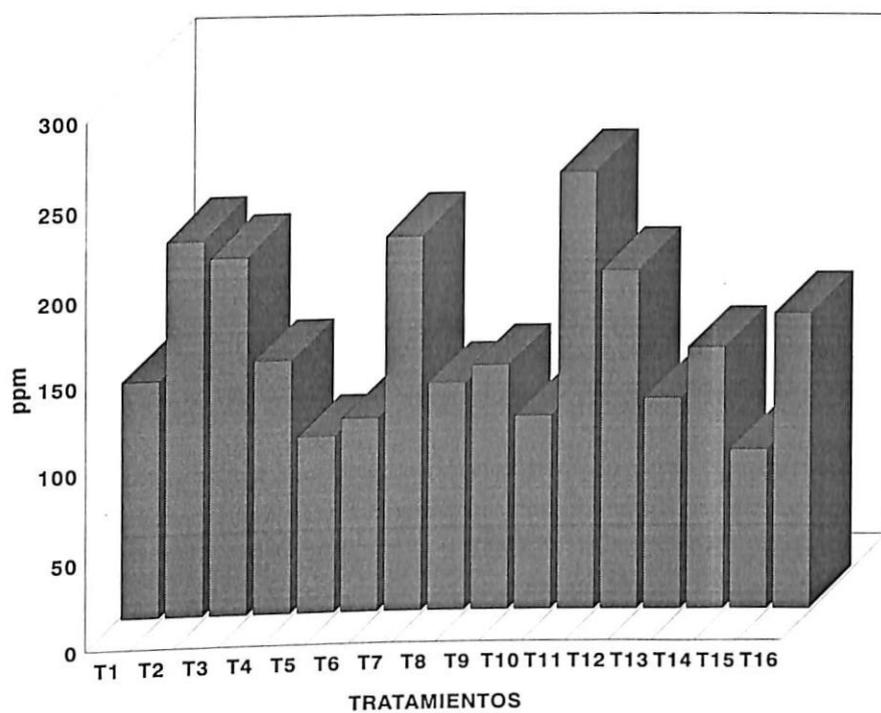


Figura No 4.22. Representación de las medias obtenidas de la variable concentración foliar de Zinc, en el cultivo del manzano, del cañón de la Roja.

CONCLUSIONES

Con base en los análisis de los resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones:

La aplicación de micronutrientes vía foliar como son Mn y Zn si afectan significativamente al crecimiento vegetativo y producción del manzano.

El crecimiento vegetativo en longitud de ramas para los cuatro puntos cardinales se obtuvo una diferencia altamente significativa entre tratamientos; así tenemos que para el punto Norte el mejor fue el tratamiento 13 con una dosis de 120 ppm de Mn y cero de Zinc, con un crecimiento de 30 mm; para el punto Sur tenemos que el mejor tratamiento fue el 16 con 120 ppm de Mn y 80 de Zinc con una longitud media de 66.6 mm; en el punto Este el mejor tratamiento fue el 13 con una media de 96.6 mm de longitud; y para el Oeste el mejor tratamiento el cinco con una dosis de 60 ppm de Mn y cero de Zinc.

En lo que respecta al crecimiento en diámetro de ramas para los puntos Norte y Oeste no existió diferencia significativa entre tratamientos, oscilando la media para el punto Norte de 1.3 a 2.3 mm de crecimiento y para el punto Oeste se obtuvo valores que van desde uno a dos milímetros de crecimiento. Para el punto Sur existe una diferencia significativa, siendo el tratamiento dos con cero Mn y 20 ppm de Zinc y el tratamiento 11 con 90 ppm de Mn y 40 de Zn

los que obtuvieron mas crecimiento con un valor ambos de 2.6 mm.; Para el punto Este tenemos una diferencia altamente significativa y el mejor tratamiento fue el 13 con 120 ppm de Mn y cero de Zinc con valor promedio de 3.6 mm de diámetro.

Con respecto al crecimiento del fruto para el punto Este el crecimiento en diámetro polar no fue afectado significativamente con los tratamientos, no así el diámetro ecuatorial el cual si obtuvo respuesta significativa, teniendo el tratamiento 16 como el mejor con un diámetro ecuatorial de 20.6 mm con una aplicación de 130 ppm de Mn y 80 de Zinc. En el punto Sur para el diámetro polar se obtuvo una diferencia altamente significativa siendo el tratamiento 16 mejor que el resto; y para el crecimiento ecuatorial no se obtuvo respuesta significativa entre tratamientos.

En lo que respecta a producción por calidad existe una significancia para la categoría extra con el mejor tratamiento que es el cuatro con una media de producción de 2783 kg/ha y con una dosis de cero ppm de Mn y 80 ppm de Zinc; para la categoría primera el mejor tratamiento fue el cuatro con una producción de 2508 kg/ha; y para las categorías segunda y tercera no existió diferencia significativa; en lo que respecta al rendimiento total tenemos que también el mejor tratamiento fue el cuatro con una producción de 8658 kg/ha.

Para la variable grados brix tenemos que si existió diferencia significativa, siendo el mejor tratamiento el 13 con 18.7°B y con una dosis de 120 ppm de Mn

y cero de Zinc; y para la categoría primera el mejor fue el tratamiento 15 con 18.6°B y con una dosis de 120 ppm de Mn y 40 de Zinc; para la categoría total o rendimiento total el mejor fue el tratamiento tres con 18.7°B y con cero ppm de Mn y 40 de Zinc.

Por todo lo anterior el tratamiento que mas influyo en las variables en estudio fue el 13, el cual contenía 120 ppm de Mn y cero de Zinc.

La aplicación de los micronutrientes Mn y Zn sí lograron que la planta se mantuviera en un nivel de suficiencia de ambos elementos, por lo tanto la aplicación foliar de estos elementos si mejora la calidad de los frutos y dado que estos elementos se encuentran en muy bajas concentraciones en el suelo la aplicación foliar resulta viable para proveer a la planta de estos nutrientes logrando así mejorar la calidad de los frutos.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Arteaga, Coahuila, México. Durante el ciclo agrícola 1998. Se realizaron aplicaciones de los micronutrientes zinc y manganeso vía foliar en dosis de 0,20,40,80 ppm de zinc y para el manganeso de 0,60,90,120 ppm; resultando 16 tratamientos con tres repeticiones.

Para esta investigación se plantearon las siguientes hipótesis; la forma mas adecuada de corregir las deficiencias de manganeso y zinc en el cultivo del manzano es mediante aplicaciones foliares de estos nutrientes; al corregir la deficiencia de zinc y manganeso en el manzano se mejora la calidad del fruto.

Para lograr lo anterior se enmarcaron los siguientes objetivos; corregir la deficiencia de manganeso, corregir la deficiencia de zinc, satisfacer la demanda nutricional de la planta tanto de zinc como de manganeso, obtener la mejor relación Mn/Zn para corregir la deficiencia en el manzano, mejorar la calidad del fruto.

El material vegetativo que se utilizó fueron árboles de *manzano c.v. Golden delicious* de 13 años de edad.

Los fertilizantes foliares que se utilizaron son Kelatex Mn 9 por ciento y Maxiquel al 8 por ciento.

Se utilizó un diseño estadístico experimental completamente al azar.

Las variables evaluadas fueron; el crecimiento vegetativo, el crecimiento del fruto, la calidad del fruto, los grados brix, el rendimiento y algunos elementos nutrimentales.

El crecimiento longitudinal de ramas presentó una diferencia altamente significativa entre tratamientos en los cuatro puntos cardinales.

De los resultados que se tiene que el diámetro de ramas presentó diferencias entre tratamientos en los puntos cardinales Sur y Este y para los puntos Norte y Oeste no se obtuvo ninguna diferencia.

Para el crecimiento del fruto en su diámetro polar del punto cardinal Sur se obtuvo diferencia entre tratamientos, no así en el punto Este.

El crecimiento del fruto en su diámetro ecuatorial del lado Sur obtuvo una diferencia entre tratamientos y para el Este no existió diferencia alguna.

Los grados brix mostraron diferencias a la aplicación de los micronutrientes.

El rendimiento fue clasificado en categorías; por lo que las categorías segunda y tercera no presentaron diferencias estadísticas; las categorías extra, primera y el rendimiento total si presentaron diferente respuesta a la aplicación de los microelementos.

Para los microelementos zinc y manganeso en la planta, ambos se encuentran dentro del rango de suficiencia según Benton (1991).

Ambos micronutrientes sí influyen tanto en el crecimiento vegetativo como del fruto, así mismo también afectan el rendimiento, los grados brix y la concentración de estos en la planta de manzano.

LITERATURA CITADA

- Agustín, R. A. 1995. Fertilización al suelo y concentración foliar de los microelementos (Zn, Fe, Mn y Cu), en papa (*solanum tuberosum* L.) tesis profesional, especialidad de suelos UAAAN. Saltillo, Coah.
- Benton, Wolf, B, Harry A. 1991. Plant analysis handbook. Micro – macro publishing, Inc.
- Brown, J. C. 1982. Summary of symposium journal of plant nutrition. 5 (4-7), 987-10001. USA.
- Cortes, J. J. M. 1991. Acolchado de suelos y fertilización nitrofosfatada para manzano en la sierra de Arteaga Coah. Tesis de maestría en suelos. UAAAN. México.
- Cortes, J. J. M., y F. E. A. Narro. 1993. Diagnostico nutricional para manzano en la sierra de Arteaga, Coahuila: un análisis metodológico. Agraria, revista científica UAAAN. Vol.9. num. 2. Julio-diciembre.
- Coutanceau, M. 1971. Fruticultura. Ediciones Oikos-tau S.A. Barcelona España.
- Homan, P. H. 1967. Studies on the manganse of the cloroplast. Plant physiology. 42:997-1007. USA.
- Loue, A. 1988. Los microelementos en la agricultura. Ed. Mundi prensa. España.
- Mass, E. V., Moore P. D. y Mason B. J. 1968. Manganese absortion by excised barley rotos. Plant physiology. 43:527-530. USA.
- Millar, C. E. 1974. Fertilidad de suelos, Salvat editores, S.A., Barcelona, España.
- Montserrat, 1979. Guía practica de tratamiento manzana-pera. Ediciones Dilagro, España.
- Narro, F. E. A. y A. G. Almaguer y J. N. Y. Reyes y A. R. López. 1994. Acolchado y fertilización del manzano en Arteaga, Coahuila. Agraria, revista científica UAAAN. Vol. 10. num. 1. Enero-junio.

- Ramírez, M. M. efecto de la fuente, dosis y época de aplicación de nitrógeno foliar, en la brotación de manzano (*malus spp*) de temporal cv. Golden delicious. Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Ramírez, R. H. 1993. el manzano. Editorial trillas.
- Ravel, D. G. 1976. nuevo tratado practico de fruticultura. Ed. Blume.
- Ruiz, B. O. y F. E. A. Narro y L. A. Reyes y M. J. S. Silveyra. 1990. acolchado de suelos y laminas de riego en el cultivo de manzano, var. Golden delicious. Agraria, revista científica UAAAN. Vol. 6. num. 1. Enero-junio.
- Somers, I. I. y Shive, J. W. 1942. the iron-manganese relation in plant metabolism. *Plant. Physiol.* 17: 582-602.
- Trocme, S. 1979. suelos y fertilizacion en fruticultura. Editorial mundi prensa, Madrid. España.
- Valdez, A. R. 1992. respuesta del manzano (*malus silvestre* Mill), cv. Golden delicious, a la fertilización de N. P. K. En los Lirios, Municipio de Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN, saltillo, Coahuila. México.
- Vélez, G. J. V. 1995. corrección de deficiencia de fierro (Fe) en manzano (*malus silvestre* Mill) en la sierra de Arteaga, Tesis, suelos, UAAAN.