

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



CONTENIDO DE Fe, Mn y Zn EN NOGAL
(*Carya illinoensis*, L. Koch) EN HUERTAS
COMERCIALES DE BUSTAMANTE, NUEVO LEON

POR:

NORA ESTELA GARCIA TREVIÑO

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA

JULIO DE 2003

TM

Z5071

FA

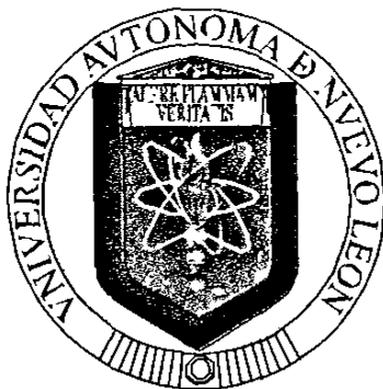
2003

.G3



1020148469

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTRADO**



**CONTENIDO DE Fe, Mn y Zn EN NOGAL (*Carya illinoensis*, L. Koch)
EN HUERTAS COMERCIALES DE BUSTAMANTE, NUEVO LEÓN**

POR

NORA ESTELA GARCÍA TREVIÑO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

JULIO 2003

974201

TH

Z5071

FA

2003

.E3



**FONDO
TESIS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**CONTENIDO DE Fe, Mn y Zn EN NOGAL (*Carya illinoensis*, L. Koch)
EN HUERTAS COMERCIALES DE BUSTAMANTE, NUEVO LEÓN**

POR

NORA ESTELA GARCÍA TREVIÑO

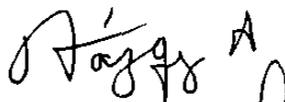
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

JULIO 2003

**CONTENIDO DE Fe, Mn Y Zn EN NOGAL (*Carya illinoensis*, L. Koch) EN
HUERTAS COMERCIALES DE BUSTAMANTE, NUEVO LEÓN**

Aprobación de la Tesis:



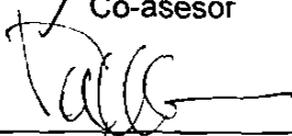
Ph.D. Rigoberto Vázquez Alvarado
Asesor principal



Ph.D. Emilio Olivares Sáenz
Co-asesor



M.Sc. Cécilio Escareño Rodríguez
Co-asesor



M.C. David Cortés Ortega
Co-asesor externo



Ph.D Humberto Ibarra Gil
Subdirector de Estudios de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

AL Ph.D. Rigoberto Vázquez Alvarado por su paciencia y ayuda como mi maestro y asesor así como por su disposición para la conclusión de este trabajo.

Al MSc. Cecilio Escareño Rodríguez por su asesoría, la valiosa bibliografía gráfica y escrita, así como la revisión del presente trabajo

Al Ph.D. Emilio Olivares Sáenz por su apoyo incondicional y sus valiosas aportaciones para la conclusión del mismo.

Al M.C. David Cortés Ortega por su valiosa aportación de bibliografía y gráficos para la realización de este trabajo.

Al Biol. Oscar Ortega Reyes con quien formé equipo durante mi estancia en la Subdirección de Estudios de Postgrado de la FAUANL.

A los Biol. David Pacheco y Javier Moreno por su valiosa, desinteresada e incondicional ayuda durante todo el proceso experimental de presente trabajo y sin quienes no hubiera sido posible concluir este trabajo, muchas gracias.

A la FAUANL por su apoyo durante la realización de mis estudios en la Subdirección de Estudios de Postgrado.

Al Proyecto de Fertilización Estatal de los Principales Cultivos Básicos, por el respaldo técnico y táctico en el desarrollo de la presente investigación.

Al Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo por su importante colaboración concediendo tiempo de sus trabajadores de campo durante el desarrollo de la fase experimental de este trabajo, especialmente a Rogelio Meza Zúñiga por su gran ayuda.

Al CONACYT por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de postgrado.

Un especial agradecimiento al Lic. Ricardo Xavier Vasconcellos Figueroa por la edición de este escrito.

PARA MI AMADA HIJITA ANA REBECA

“Porque como desciende de los cielos la lluvia
y la nieve,
y no vuelve allá sino que riega la tierra, y la hace
germinar y producir, y da semilla al que siembra
y pan al que come”...

Is. 55:10

GRACIAS A DIOS POR SU DON INEFABLE

INDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	xii
SUMARY	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	2
II. LITERATURA REVISADA	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Producción de nogal en Bustamante, Nuevo León	6
2.3 Fertilización en nogal	9
2.4 Elementos esenciales para el nogal	10
2.4.1 Nitrógeno	13
2.4.2 Fósforo	16
2.4.3 Potasio	19
2.4.4 Calcio	22
2.4.5 Magnesio	23
2.4.6 Azufre	26
2.4.7 Zinc	28
2.4.8 Hierro	31
2.4.9 Manganeso	34
2.5 pH del suelo	36
2.6 Temperatura del suelo	38
2.7 Agua del suelo	39
2.8 Plagas, enfermedades y otros factores adversos del nogal	41
2.8.1 Insectos que atacan las hojas de nogal	41
2.8.2 Insectos que atacan las nueces	42
2.8.3 Hongos, bacterias y virus	43
III. MATERIALES Y METODOS	46
3.1 Métodos de análisis de hojas	48
3.2 Métodos de análisis para suelo	48
3.3 Variables	49
3.4 Modelo estadístico	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1 Variedades	52
4.2 Nivel de rendimiento	56
4.3 Etapas fenológicas	61
4.4 Estratos	67
V. CONCLUSIONES	72
5.1 Concentración foliar de Fe, Mn y Zn	72

5.2	Categorías de nivel de rendimiento	72
5.3	Variedades	72
5.4	Etapas fenológicas	73
5.5	Estratos	73
5.6	Recomendaciones	74
VI.	APÉNDICE	76
VII.	BIBLIOGRAFÍA	80

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis de varianza con valores de cuadrados medios y F calculadas para Fe, Mn y Zn de suelo .	77
Cuadro 2. Análisis de varianza con valores de cuadrados medios y F calculadas para Fe, Mn Zn de planta	77
Cuadro 3. Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de suelo en las variedades Western Schley y Bustamante 1	77
Cuadro 4. Comparación de medias en ppm, para Fe, Mn y Zn de planta en las variedades Bustamante 1 y Western Schley	77
Cuadro 5. Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de suelo para huertas con Niveles de Rendimiento bajo, medio y alto.	78
Cuadro 6. Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de planta en los Niveles de Rendimiento	78
Cuadro 7. Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de suelo en las Etapas Fenológicas	78
Cuadro 8. Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de planta en las Etapas Fenológicas	78
Cuadro 9. Análisis de contenido de nutrientes en hoja de nogal.	78
Cuadro 10. Comparación de medias en ppm de los Estratos en el árbol de dos variedades de nogal con respecto a Fe, Mn y Zn.	79

	Página
Cuadro 11 Valores de F calculada y cuadrados medios del análisis de varianza de los estratos de muestreo en las variedades Western Schley y Bustamante 1.	79
Cuadro 12. pH promedio del suelo de las diferentes huertas muestreadas.	79
Cuadro 13. Temperaturas máxima y mínima durante el periodo de producción en Bustamante, N. L. en el año de 1986.	79

INDICE DE FOTOGRAFÍAS Y FIGURAS

	Página
Fotografía 1. Fruto de <i>Carya illinoensis</i> de la variedad Western Schley	4
Fotografía 2. Variedad Bustamante 1 mostrándose el fruto y su forma.	5
Fotografía 3. Variedad Western Schley mostrándose el fruto y su forma	6
Fotografía 4. Huerta de nogal aprovechando el suelo para cultivar avena entre hileras.	7
Fotografía 5 . Síntoma clásico de deficiencia de Zn presentando la hoja de roseta o roseteado.	29
Fotografía 6. Deficiencia de Zn mostrando los brotes secos	31
Fotografía 7. Deficiencia de Fe ²⁺ con el síntoma clásico de clorosis intervenal.	33
Fotografía 8. Deficiencia de Mn mostrando las hojas redondeadas "hoja de oreja de ratón".	36
Figura 1. Concentración de Fe, Mn y Zn en el suelo para las variedades Bustamante 1 y Western Schley.	53
Figura 2. Concentración de Fe, Mn y Zn en planta para las variedades Bustamante 1 y Western Schley.	54
Figura 3. Comparación de medias para Fe, Mn y Zn de suelo en huertas con diferentes categorías de nivel de rendimiento.	57

Figura 4. Comparación de medias para Fe, Mn y Zn de suelo en Etapas fenológicas.	62
Figura 5. Comparación de medias de Fe, Mn y Zn en planta en las diferentes etapas fenológicas de las variedades estudiadas	66
Figura 6. Comparación de medias para Fe, Mn y Zn de planta de acuerdo a los Niveles de Rendimiento alto, medio y bajo de las huertas evaluadas.	67
Figura 7. Concentración de Fe en los estratos alto, medio y bajo de la copa del árbol de las variedades Western Schley y Bustamante 1.	69
Figura 8. Concentración de Mn en los estratos alto, medio y bajo de la copa del árbol de las variedades Western Schley y Bustamante 1.	70
Figura 9. Concentración de Zn en los estratos alto, medio y bajo de la copa del árbol de las variedades Western Schley y Bustamante 1.	71

RESUMEN

México ocupa el segundo lugar como productor de nuez pecanera, después de los Estados Unidos de América, siendo uno de los cultivos que aporta mejor ingreso de divisas al país. Bustamante, Nuevo León, es una de las zonas más importantes del estado donde se produce nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch), sin embargo, los suelos donde están las huertas, presentan características de alcalinidad y baja fertilidad por lo que la concentración de elementos nutrientes y la asimilación de éstos es mala o insuficiente para la buena producción del nogal.

Los agricultores nogaleros de Bustamante, no llevan un programa de fertilización de sus huertas, probablemente por la dificultad que representa tomar las muestras de suelo y planta para después enviarlas al laboratorio para su análisis; ante tal problema, se plantea los objetivos siguientes: 1). Determinar cuáles son los rangos de concentración de Fe, Mn y Zn de las variedades Bustamante 1 y Western Schley en huertas con rendimientos altos, medios y bajos; y, 2). Evaluar la mejor zona de muestreo para Fe, Mn y Zn en la parte alta, media o baja de la copa del árbol.

Las variedades Western Schley y Bustamante 1, estadísticamente no fueron diferentes para las de concentración de Fe, Mn y Zn, encontrándose los rangos de concentración entre 32.87 y 35.46 ppm para Fe, de 13.86 a 15.28 ppm para Mn y desde 4.62 a 4.91 para Zn, siendo algo superior la variedad Bustamante 1, lo que probablemente se deba a que es una

variedad regional mejorada en el sitio de origen en este municipio; con respecto a los niveles de producción de las huertas, se observó que la que tenía un nivel de tecnificación medio, fue la que presentó las concentraciones más altas de los elementos bajo estudio, seguida por la huerta con poco o ningún manejo y por último la de tecnificación más alta. Respecto a los estratos donde se tomaron las muestras foliares, los análisis mostraron que no hubo diferencia en la concentración de Fe, Mn y Zn en los estratos alto, medio y bajo.

Para la variable Etapas fenológicas, sí hubo diferencias en la concentración de Fe, Mn y Zn. Para Fe, durante la etapa de llenado de fruto la concentración se vio muy disminuida, para Mn el menor valor fue durante la etapa después de floración y para Zn en la etapa de madurez fisiológica fue donde se presentaron los valores más bajos de concentración del elemento.

SUMMARY

México has the second place as a pecan producer after the USA, being this crop one that gives mayor profits to the country. Bustamante, Nuevo León, is one of the most important area where pecan tree grown, however the soils where the pecan orchards are established have alkalinity and low fertility characteristics, so the concentration of nutrients and their assimilation are insufficient to produce good pecan yield.

The Bustamante pecan farmers, do not follow any kind of fertilization program for their orchards perhaps due to the difficulty to obtain the soil and plan samples and their laboratory analysis, which does not allow them to know precisely the soil condition.

Because of there reasons the present work had the next objectives:

- 1) To determinate the concentration range of Fe, Mn and Zn in Bustamante 1 and Western Schley varieties in orchards with high, medium and low yields, and
- 2) To evaluate the best foliar sampling area for Fe, Mn and Zn on high, medium and low tree canopy.

The Bustamante 1 and Western Schley varieties were statistically different among Fe, Mn and Zn concentrations, where Bustamante 1 was a little higher than Western, maybe because the variety is original of the zone and its breeding was improved by local farmers.

The range was between 32.87 and 35.46 for Fe, 13.86 to 15.28 for Mn and 4.62 to 4.91 for Zn.

About the production level of orchards it was the orchard medium technical management had the higher elements concentration, and following was the lowest, and the last was the orchard with higher management.

About the canopy level where the foliar samples were taken, the analysis showed that there was not significant between elements concentration in the higher, medium and low level.

For Fe, Mn and Zn, differences for phonological stage variable were found. The Fe concentration was very diminished during fruit fill stage; the lowest value for Mn was during the stage after blooming and the lowest levels for Zn were observed during physiological maturity stage.

I. INTRODUCCIÓN

El estado de Nuevo León se encuentra localizado en una zona ecológica donde, a pesar de la poca o baja fertilidad de sus suelos, el cultivo de nogal pecanero se ha establecido eficientemente. Nuevo León es una de las entidades de la república mexicana con mayor producción en el país ya que a nivel nacional ocupa el cuarto lugar en este rubro. Aunque el potencial de producción del nogal es alto, los nogaleros del estado se apegan aun a sus maneras tradicionales de cultivarlo, aspecto que obstaculiza las posibilidades de cambio, ya que hasta hace relativamente poco tiempo las huertas no eran planeadas ni mucho menos mejoradas. Por lo tanto, las labores culturales para el nogal son, de manera general, incipientes.

Comúnmente, los trabajos de cultivo se han enfocado a controlar mas o menos las plagas y enfermedades, así como la aplicación del riego en huertas donde se llevan a cabo estas tareas. Por lo tanto, todo lo concerniente a fertilización y condición nutricional de las huertas queda relegado a un segundo plano, desconociéndose así, si se está efectuando una aplicación correcta del fertilizante donde se realice esta practica cultural.

La información que los nogaleros de Bustamante tienen sobre fertilización, indica que es necesario aplicar zinc (Zn) porque la falta de este elemento produce el llamado roseteado; el manganeso (Mn) porque su deficiencia produce la oreja de ratón y el fierro (Fe) porque los árboles se a ponen amarillos a causa de una clorosis intervenal de las hojas. No obstante, la mayoría de los suelos del estado de Nuevo León, tiene esta clase de problemas

que se traducen en baja fertilidad. Esta situación se presenta no por la falta del elemento, sino por las condiciones del suelo y del agua de riego de la zona.

Debido a lo anteriormente expuesto, en el presente estudio se plantea n los siguientes objetivos:

Objetivos

1. Caracterizar la concentración de Fe, Mn y Zn con respecto a las etapas fenológicas del nogal pecanero en las variedades Bustamante 1 y Western Schley.
2. Evaluar la mejor zona de muestreo (alta, media y baja) del dosel del cultivo del nogal con respecto al Fe, Mn y Zn.

Hipótesis

1. Las concentraciones de Fe, Mn y Zn en las etapas fenológicas varían de acuerdo a dichas etapas. Por lo tanto, la cuantificación de estos elementos en las etapas fenológicas es requerida.
2. La concentración de Fe, Mn y Zn en los estratos alto, medio y bajo del dosel del nogal es diferente para cada elemento; por lo tanto, se debe definir su mejor zona de muestreo.

II. LITERATURA REVISADA

2.1 Antecedentes.

La nuez pecanera es originaria de norteamérica, en los escritos del expedicionario español Cabeza de Vaca, menciona que el nogal fue descubierto por los indios que llegaron a la región de *Coahuiltejas*, *diciendo que por las riberas de los ríos, llegaban entre septiembre y octubre algunas tribus que subsistían sólo con frutos de nuez*, lo cual da idea de que el fruto del nogal es apetecido desde mucho tiempo atrás tanto por su sabor como por sus cualidades nutritivas para el ser humano.

Estados Unidos se ubica como el primer productor en el mundo con el 80% del total, seguido por México con el 15% y el restante 5% se distribuye entre Australia e Israel (ASERCA Claridades Agropecuarias, 1995). En los Estados Unidos, los estados de Georgia, Missisipi, Alabama, Louisiana, Texas, Nuevo México y Arizona, forman la franja de producción de nuez más importante de ese país.

En México, la nuez es importante por su amplio uso en la cocina nacional, pero su mayor importancia está en el aspecto económico, debido a la gran cantidad de divisas que genera para los estados del norte de la república. En México se cultivan dos especies, en la Fotografía 1 se muestra un racimo de frutos de nogal pecanero (*Carya illiononsis* Koch) que produce la nuez llamada "cáscara de papel", que es de excelente calidad por la delgadez de su cáscara y

su agradable sabor y que se cultiva en mayor extensión; y el nogal de Castilla (*Juglans regia*) que produce la nuez de castilla que se distingue de la primera por presentar una nuez de cáscara gruesa, y escultrada en el interior de la parte carnosa de la drupa (INEGI. 1998).



Fotografía 1. Fruto de *Carya illinoensis* de la variedad Western Schley.

Chihuahua es el estado mexicano que tiene la mas alta producción de nuez contribuyendo con el 49.5% del total seguido por Coahuila con 18.6%, Sonora con el 8.8%, Nuevo León con el 6.9%, Durango con 5.6% y el restante 10.4% se distribuye en otros estados de la república (fuente ASERCA. Claridades Agrop. 1995).

En Nuevo León, de acuerdo con datos reportados por el INEGI (1998) había sembradas en el estado 4 685.2 ha, con una producción promedio de 1 480 ton ha⁻¹. Los municipios neoleoneses donde se cultiva el nogal en orden de importancia son Bustamante, Rayones y Montemorelos, aunque en el último censo agropecuario, el municipio de Aramberri ha incrementado la superficie de producción de nogal contando con 498.2 ha (INEGI, 1998).

Brison (1976) señala que Nuevo León es uno de los estados del norte de México donde se encuentran nogales nativos, sobre los cuales se han realizado selecciones y se ha hecho mejoramiento de los mismos, haciendo injertos de copa, cambiando los árboles nativos a variedades mejoradas.

En observaciones hechas en Bustamante, N.L., los nogaleros han obtenido variedades mejoradas netamente regionales -tales son las Bustamante 1 (Fotografía 2) y Bustamante 2- a partir de patrones nativos de la región. Los rendimientos obtenidos han sido altos, aún sobre las variedades introducidas más populares como lo son la Western Schley (Fotografía 3) y la Wichita; el inconveniente que tienen dichas variedades mejoradas es que no se han adaptado a otras zonas nogaleras en el estado como lo son Montemorelos y Rayones (Cortés, *et al.* 1989).



Fotografía 2. Variedad Bustamante 1 mostrándose el fruto y la forma.



Fotografía 3. Variedad Western Schley mostrándose el fruto y su forma.

2.2 Producción de nogal en Bustamante, N.L.

No obstante la importancia de la zona nogalera de Bustamante y de las altas producciones, que hasta hace relativamente poco tiempo se habían reportado, los rendimientos han ido cambiando paulatinamente, a causa de que el cultivo del nogal va siendo desplazado por otro tipo de enfoque de producción en las mismas huertas.

El aprovechamiento de las condiciones ecológicas de la región de Bustamante, ha hecho que los nogaleros modifiquen la explotación de sus huertas utilizando el suelo con el cultivo de nogal además de otras especies, como lo

muestra la fotografía 4 donde se puede observar que las hileras entre los árboles son ocupadas con avena.



Fotografía 4. Huerta de nogal aprovechando el suelo para cultivar avena entre hileras.

Según Márquez (1976), los sistemas de producción que se observan en Bustamante, corresponden a los definidos como yuxtapuestos, alternados regulares, lo que quiere decir que las plantas de una especie coexisten con las de otra sin entremezclarse. De esta manera, la clasificación tridimensional de Márquez, para este sistema, es anual-perenne, intercalando entre hileras de nogal, gramíneas y leguminosas, así como pastoreo directo de ganado vacuno, ovi-caprino y algunas otras especies menores.

Por otra parte Ortiz, citado por Hernández, 1981 mencionó que estas interrelaciones entre especies permiten un mejor aprovechamiento del potencial

apropiados para el cultivo de nogal, hasta la combinación con otras especies, creando su propio sistema de producción obteniendo mejores ingresos.

2.3 Fertilización en nogal

La fertilización adecuada debe ser parte de un programa de manejo en una huerta de nogal. Los análisis de suelo y planta son los medios utilizados para confirmar la observación de una deficiencia de los elementos nutrientes tanto en suelo como en planta. El análisis único de suelo, no es un medio muy confiable para detectar tales deficiencias en una huerta por dos razones principales : 1) es casi imposible muestrear adecuadamente el suelo donde se encuentra la raíz, ya que la disponibilidad de nutrientes es diferente en la zona llamada rizosfera que en el resto del área y 2) ningún proceso de determinación de concentración de nutrientes puede reproducir lo que las raíces de nogal pueden hacer en un período de seis meses de desarrollo (Jones, 1998).

Por su parte, emplear solo el análisis foliar tampoco proporciona una información correcta y completa, ya que los síntomas de deficiencia o toxicidad pueden no ser determinantes, ya que en plantas que crecen en condiciones controladas (en soluciones nutritivas) la deficiencia de un elemento nutrimental se presenta de manera diferente. Por ejemplo, en suelos calcáreos, las interacciones con otros elementos, hace que hojas con severos síntomas de deficiencia, contengan rangos de concentración diferentes que en las plantas que crecieron en soluciones nutritivas (Marschner, 1998) .

Por su parte, Jones (1998) recomendó un muestreo de las plantas vecinas a la que está en estudio, ya que estas proveerán de información adicional, pues las condiciones de suelo pueden estar haciendo variar los síntomas que presenten las plantas.

Brison (1976) señaló que los análisis de suelo y tejido vegetal utilizados en forma continua y conjunta, son un buen indicador del estado nutricional del cultivo. Asimismo, señaló que además proporcionan una guía confiable para conocer una posible deficiencia de elementos esenciales para el crecimiento satisfactorio de los nogales.

Por su parte, Trocme y Gras (1972) manifestaron que el análisis foliar proporciona una guía confiable para conocer una posible deficiencia de elementos esenciales para el crecimiento satisfactorio de los nogales, así como para encontrar las fechas óptimas de muestreo.

Worley citado por Brison (1976), indicó que la corrección de una deficiencia puede durar años, antes de que sea detectada y la utilización del análisis foliar como herramienta, ayuda a que de inmediato se tome la decisión que lleve a aplicar un tratamiento corrector antes que cause daño a la planta.

Hay que tomar en cuenta que bajo diferentes métodos de cultivo y tipo de suelo, los niveles de elementos nutrimentales requeridos, hacen que el tipo de fertilización que se emplee para una huerta, sea único, pues los nogaleros hacen

2.4 Elementos esenciales para el nogal

Herrera (1983) considera a los siguientes elementos como esenciales para el crecimiento, nutrición y producción de nogal: 1) elementos mayores : nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg); 2) elementos menores : zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl) y molibdeno (Mo).

Rangos normales de la concentración de diferentes nutrimentos en la materia seca de nogal pecanero*.

Elemento	Concentración en base a materia seca.
N	2.5-4.00 %
P	0.15-0.30 %
K	0.75-1.25 %
Ca	0.70-3.00 %
Mg	0.30-0.60 %
S	0.20-2.50 %
Fe	50-300 ppm
Mn	40-300 ppm
Zn	80-500 ppm

*Texas pecan Handbook. June 1993.

El mismo autor indica que los rangos utilizados para detectar la condición nutricional del árbol y que además por medio de síntomas visuales y análisis foliares se indicará el estado de éste:

El mismo autor indica que los rangos utilizados para detectar la condición nutricional del árbol y que además por medio de síntomas visuales y análisis foliares se indicará el estado de éste:

- 1) Deficiencia severa: Es aquella en que los síntomas son claros y visibles, donde el crecimiento y desarrollo del árbol es anormal y paulatinamente va decreciendo hasta llegar a su muerte.
- 2) Subnormal. En apariencia los árboles son normales pero al hacer una fertilización hay una respuesta a ésta y los rendimientos que eran subóptimos pueden elevarse. A este estado se le llama también "hambre oculta".
- 3) Óptimo. No hay síntomas de deficiencia ni toxicidad y los rangos de concentración se encuentran dentro de los reportados como normales.
- 4) Exceso. Los árboles presentan síntomas claros y visibles de toxicidad, los rendimientos se reducen y puede ocurrir la muerte del árbol.

Sin embargo, aún cuando se conoce que existen estos rangos del estado nutricional del árbol, la mayoría de las veces en que se detecta la deficiencia de algún elemento nutrimental, los muestreos foliares normalmente se toman de los lugares del follaje que presenta la deficiencia, o bien hasta donde el investigador alcanza a tomar las hojas. Normalmente lo hace en la parte inferior del árbol, pero es bien sabido que estas deficiencias se presentan principalmente en diferentes partes del follaje (Sparks, 1993).

Sparrel (1993) mencionó que en huertas de nogal, los elementos que se encuentran frecuentemente deficientes son el N, Zn, el Mn y el Fe, además mencionó que algunos elementos nutrientes, como el P interactúa para incrementar o disminuir la concentración de otros, como es el caso del K, Zn, B y Fe.

Por otro lado, las deficiencias de micro nutrientes se encuentran más frecuentemente en plantas que se desarrollan en suelos de tipo calcáreo y que además se corrigen usualmente al hacer aplicaciones foliares. Esta es una práctica común en el caso del nogal (Herrera,1983).

2.4.1 Nitrógeno

Cortés (1989), estableció que para el crecimiento óptimo del nogal, es necesario que haya un buen suelo, agua, zinc y nitrógeno; si alguno de estos factores se encuentra limitado, los nogales no crecerán satisfactoriamente. Asimismo, señaló que el nitrógeno es el elemento que con mayor frecuencia provoca variados matices en el color de las hojas, que van desde el amarillo hasta el café rojizo en casos muy extremos; por otra parte, el follaje ralo es indicativo de escasa fertilidad de nitrógeno, así como el tamaño que alcancen los brotes nuevos.

Funciones en las plantas.

El nitrógeno se encuentra en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica, y al combinarse con carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) y algunas veces con azufre (S), forma aminoácidos, amino enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases púricas .

El nitrógeno inorgánico se acumula primeramente en tallos y en el tejido conductivo en forma de nitrato (NO_3) en las plantas, el N orgánico se encuentra como proteínas de alto peso molecular (Jones, 1998). Este mismo autor señala que un rango óptimo de N en nogal como porcentaje de materia seca, se encuentra entre 2.7- 3.5 % aunque este porcentaje varía dependiendo de la especie, del estado de crecimiento y de la parte de la planta que se haya muestreado.

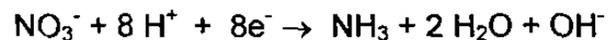
Jones (1998) también mencionó que los síntomas de deficiencia de N en las plantas, son crecimiento lento y débil de las plantas, presentando de manera característica, un color verde claro a amarillo en su follaje; los síntomas mas severos se ven en las hojas viejas pues hay remoción de N de éstas a las partes nuevas o en crecimiento, las cuales madurarán prematuramente obteniéndose rendimientos bajos y frutos de significativa baja calidad.

Marschner (1998) mencionó que las formas de nitrato (NO_3) y amonio (NH_3) son las fuentes de nitrógeno inorgánico que toman las raíces de las plantas

superiores. La mayor parte del amonio es incorporado a los componentes orgánicos de las raíces, mientras que el nitrato, en forma móvil, se le encuentra en el xilema y también es almacenado en las vacuolas de raíces, brotes y organelos de almacenamiento de la célula de las raíces, brotes y organelos e almacenamiento.

Ahora bien, la acumulación de NO_3 en las vacuolas es de considerable importancia para el balance catión–anión para la osmoregulación, particularmente en especies llamadas “nitrofilicas” como el *Chenopodium album*, entre otras, así como algunas plantas forrajeras. Para ser incorporado dentro de las estructuras orgánicas y completar sus funciones esenciales como nutriente, el NO_3 tiene que ser reducido a amonio. La importancia de la reducción y asimilación de NO_3 por las plantas es igual a la de la reducción y asimilación de CO_2 en la fotosíntesis.

El mecanismo de reducción tanto para plantas superiores como inferiores presenta la siguiente reacción:



Algunas bacterias usan nitrato como un electrón aceptor bajo condiciones anaeróbicas produciendo gases nitrogenados (N_2 , N_2O y NO_x) que es un proceso que causa una pérdida considerable de N del suelo por desnitrificación.

La reducción de nitrato a amoniaco (NH_4) es mediante dos enzimas , la *nitrato reductasa* (NR) la cual involucra la reducción de dos electrones de

nitrato (NO_3) a nitrito (NO_2); y la enzima *nitrito reductasa* (NiR) la cual transforma NO_2 a NH_3 con reducción de seis electrones.

Epstein (1972) señaló que los nitratos son proporcionados por el agua de lluvia o de riego, los cuales, al mezclarse con suelo de las capas más profundas, no están disponibles para la planta y además donde las raíces no los alcanzan. Por su parte, los iones de amonio están fuertemente adheridos al suelo por atracción electrostática debido a su carga positiva, pero son rápidamente convertidos a nitrato, los cuales, en la mayoría de los suelos están sujetos a pérdida por lixiviación. Por lo tanto, el nitrógeno del suelo en forma disponible para las plantas, debe ser constantemente repuesto a partir del gran reservorio de nitrógeno gaseoso de la atmósfera.

2.4.2 Fósforo

Este elemento es un componente de ciertas enzimas y proteínas, como el adenosin trifosfato (ATP), el ácido ribonucleico (ARN), ácido desoxiribonucleico (ADN) y la fitina. El ATP se involucra en varias de las reacciones de transferencia de energía y los ARN y ADN son los componentes de la información genética. Las concentraciones más altas de fósforo se encuentran en las hojas nuevas y en los pecíolos; el fósforo forma el 0.15 al 1.0 % del peso seco de las plantas, considerando que los valores críticos en el contenido de fósforo en la planta se encuentran en menos del 0.20% cuando hay deficiencia y mas arriba del 1.0 %

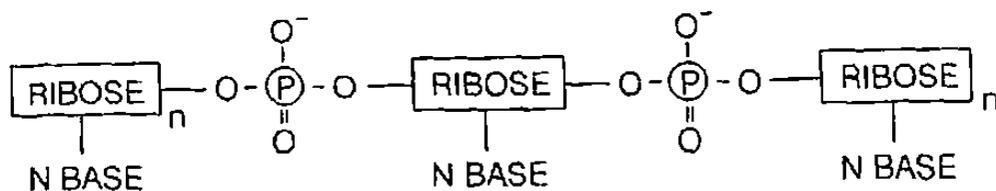
cuando hay un exceso. El contenido de P irá disminuyendo en la planta al presentarse la senescencia (Jones, 1998).

Los síntomas más claros de deficiencia de fósforo se evidencian en un crecimiento lento y débil de la planta, observándose un color verde oscuro con pigmentaciones púrpura en las hojas. Además, sabiendo que el fósforo es un elemento altamente móvil en la planta, los síntomas aparecerán primero en las hojas viejas (Jones, 1998).

Funciones en la planta.

El fósforo es un constituyente de las estructuras macromoleculares de los ácidos nucleicos, los cuales forman parte de las unidades de la molécula de ADN, así también forma parte como acarreador de la información genética en el ARN, el cual es el responsable de la traslación de esta información (Marschner, 1998).

El mismo autor sugiere que tanto en el ADN como en el ARN, el fosfato $(PO_4)^{3-}$ forma un puente entre las unidades ribonucleosidas para formar macromoléculas, representadas en la forma siguiente:



(Section of RNA molecule)

La proporción de P en los ácidos nucleicos difiere dependiendo del tejido y de las células de que se trate, pues en las del tejido meristemático la concentración es alta mientras que en los tejidos de almacenamiento es baja.

El requerimiento de fósforo para un crecimiento óptimo, se encuentra en el rango de 0.3-0.5 % de materia seca de la planta durante el estado de crecimiento vegetativo. La probabilidad de toxicidad por fósforo se incrementa cuando sobrepasa más del 1% de materia seca; sin embargo, muchas leguminosas tropicales son mucho más susceptibles, por ejemplo, cuando el contenido de fósforo en la materia seca de especies como *Cajanus cajan*, se encuentra en 0.3-0.4% ya se habla de toxicidad a la planta (Marschner, 1998).

Por otra parte, cuando se presenta una deficiencia de fósforo, la manifestación es una reducción en la expansión de la hoja y superficie de área foliar, así como en el número de hojas (Fredeen y Lynch mencionados por Marschner, 1998).

La expansión de la hoja, se correlaciona positivamente con la extensión de las células de la epidermis. Este proceso se ve afectado al haber deficiencia de fósforo en el contenido de estas células de la epidermis decreciendo así la conductividad hidráulica (Radin y Treeby mencionados por Marschner, 1998)

Igualmente, al presentarse una severa inhibición en la expansión foliar, el contenido de proteínas y clorofila por unidad de área foliar no se ve muy afectado. Frecuentemente el contenido de clorofila se incrementa bajo condiciones de deficiencia de fósforo y las hojas tienen un color verde oscuro, ya que la expansión de las células y de las hojas se retrasa mucho más que la formación de cloroplastos y clorofila. En contraste con el fenómeno mencionado, la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho más baja al presentarse deficiencia de fósforo (Marschner, 1998).

2.4.3 Potasio

Tisdale y Nelson (1987) señalaron que el potasio (K^+) es el elemento que es absorbido en mayor cantidad por las plantas, exceptuando el N y el Ca^{2+} . Es un elemento que se le encuentra abundantemente en la corteza de la Tierra, en ciertas ocasiones, como depósitos a varios centenares de metros de profundidad, o bien como depósitos salados procedentes del mar o lagos.

El porcentaje normal de K^+ en nogal se encuentra entre un rango de 1.25 a 2.5% de materia seca (Jones, 1998).

Funciones en las plantas.

El K^+ es el encargado de mantener el estatus de agua en la planta, la turgencia de las células y de la apertura y cierre de los estomas. Además, el K^+ ; es

requerido para la acumulación y traslocación de carbohidratos de nueva formación (Jones, 1998).

El K^+ se caracteriza por su gran movilidad en la planta a todos los niveles, desde la célula de manera individual, en los tejidos y a través del xilema y floema.

Otra actividad que cumple el K^+ es la de activar el bombeo de protones de la membrana celular, aspecto que facilita el transporte de K^+ de la solución externa a través de la membrana plasmática hacia las células de la raíz (Marschner, 1998).

Algunos cultivos absorben más K^+ del que realmente necesitan. Jones (1998) catalogó este hecho como consumo de lujo, pues al cosechar estos cultivos remueven grandes cantidades de K^+ del suelo. Un ejemplo de esta situación lo hallamos en el plátano, que contiene aproximadamente 1 680 kg/ha de K^+ en la planta, que finalmente serán removidos del suelo.

Por otra parte, las concentraciones de Mg^{2+} y Ca^{2+} se ven altamente afectadas por un exceso de K^+ causando deficiencias en la planta por ambos elementos.

Esta relación entre el K^+ , el Mg^{2+} y Ca^{2+} se utiliza como norma DRIS para interpretación de los resultados de los análisis de planta (Jones, 1998).

Las deficiencias de K^+ hacen que las plantas se vuelvan sensibles al ataque de algunas enfermedades. Por ejemplo, en tabaco tres de las enfermedades más importantes que atacan este cultivo son: *Pseudomonas tobaci*, *Pseudomonas angulata* y la enfermedad causada por la combinación de ambas especies de pseudomonas, incrementa su ataque por la baja fertilidad del suelo, especialmente en los niveles de P^+ y K^+ (Goss, 1981). Lo mismo sucede con el ataque de algunos hongos a cultivos como el maíz y el algodón siendo a este último al que ataca *Fusarium oxisporium*.

Por otra parte, la calidad del fruto en cultivos hortícolas y perennes disminuye considerablemente, así como la cantidad de fruto amarrado (Jones, 1998; Marschner, 1998 y Goss, 1981). Estos autores señalan también que una deficiencia de K^+ produce manchas de color café que dan la apariencia de quemadura en los bordes de las hojas.

Jones (1998) estableció que una deficiencia de K^+ en la planta hace que esta se vuelva susceptible a la presencia de amonio (NH_4) provocando toxicidad a este ión. Normalmente la deficiencia de K origina una necrosis en los bordes de las hojas viejas y cuando la deficiencia es muy severa los síntomas se manifiestan también en las hojas jóvenes. Por otra parte, el fruto es pequeño aun habiendo llegado al tiempo usual de la cosecha (Sprague, 1964).

2.4.4 Calcio

El calcio (Ca^{2+}) es un macro elemento que en concentraciones normales, en el cultivo del nogal, se encuentra entre 1-1.75% del peso total de materia seca de la planta (Jones, 1998).

Funciones en la planta

La importancia del Ca^{2+} radica en mantener la integridad de la célula y la permeabilidad de la membrana celular. Esto favorecerá la germinación y crecimiento de polen y activando un gran número de enzimas para que se lleve a cabo en la mitosis, la división y elongación celular.

La relación entre Ca^{2+} y K^+ así como entre Ca^{2+} y Mg^{2+} es utilizada como norma DRIS.

Los porcentajes de la relación $\text{Ca}^{2+} - \text{N}$ en cultivos frutales así como de $\text{Ca}^{2+} - \text{B}$ se relaciona con la calidad del fruto. Asimismo el NH_4^+ puede crear una deficiencia de Ca^{2+} al reducir la absorción de este. Sprague (1964) mencionó que en nogal no se han observado deficiencias de este elemento bajo condiciones de cultivo en huerta. Sin embargo, en nogales sembrados en suelos arenosos profundos de los planos de la costa sureste de los Estados Unidos, cuando se fertilizó con Ca^{2+} hubo respuesta positiva a la fertilización.

El mismo autor, mencionó que los síntomas más comunes de deficiencia de Ca^{2+} se presentan de manera muy similar a los de Mg^{2+} . Los síntomas más comunes se evidencian en los bordes de las hojas color café quemado. Sin embargo, algo muy interesante de observar es que no hubo incremento en el rendimiento como resultado de la aplicación de Mg^{2+} sin Ca^{2+} .

2.4.5 Magnesio

El magnesio (Mg^{2+}) se absorbe como ión divalente. En su ausencia, la hojas viejas presentan clorosis como primer síntoma de deficiencia. Tal deficiencia suele ser intervenal, ya que las células del mesófilo próximas a los haces vasculares, retienen la clorofila por periodos mayores que las células del parénquima que se halla entre ellas (Salisbury y Ross.1994). Además, el Mg casi nunca es un factor limitante del suelo para el crecimiento vegetal. Su presencia en la molécula de clorofila, lo convierte en elemento esencial, ya que al combinarse con el ATP participa en diversas reacciones activando también muchas enzimas necesarias en la fotosíntesis, respiración y formación de ADN y ARN.

El magnesio no se presenta en la naturaleza en su forma elemental, solamente se le encuentra en combinación con otros elementos principalmente como silicatos y carbonatos.

Los minerales que contienen magnesio son los silicatos, biotita, clorita, talco y serpentina. Las grandes cantidades de sulfatos y cloruros de magnesio se

encuentran asociados con los correspondientes de sodio, potasio y calcio en depósitos naturales de donde las sales de potasio son extraídas para usos agrícolas y químicos.

Los limos siempre contienen algo de Mn^{2+} y son la fuente mas común del elemento para uso agrícola (Bear, 1953). El mismo autor menciona que la cantidad de Mg^{2+} requerido por las plantas es considerablemente menor que la de K, pero la absorción de Mg^{2+} por la planta está determinada en gran parte por la cantidad de K disponible para su uso. De esta manera, si la planta tiene abundancia de K a su disposición, el contenido de Mg^{2+} será relativamente bajo. En el cultivo de alfalfa -sembrado en sucesión de cultivos- se observó que el contenido de K de cada cultivo siempre era más bajo que en el cultivo previo. A su vez, el contenido de Mg^{2+} de los cultivos sucesivos, se incrementó aún cuando la alfalfa estaba creciendo en suelos que eran muy deficientes en Mg^{2+} disponible.

Los síntomas visuales de deficiencia de Mg^{2+} en nogal se caracterizan por quemaduras marginales en las hojas. Los primeros síntomas son hojas color verde claro a lo largo de los márgenes y entre las venas secundarias de las hojas compuestas del nogal. De hecho, todo el árbol presenta un color verde claro y las partes mas afectadas de las hojas se tornan color gris verdoso.

Se presenta también una defoliación temprana. Una deficiencia de Mg^{2+} es difícil de distinguir de una deficiencia de K^+ utilizando solamente los síntomas

visuales. Si la deficiencia de Mg^{2+} es mediana, los síntomas pueden no aparecer hasta muy avanzado el ciclo y permanece solamente el estado clorótico (Cain y Shear, 1964)

Funciones en la planta

El magnesio es un catión divalente cuya tasa de absorción es deprimida drásticamente por otros cationes como el K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} y Mn^{2+} , así como por el H^+ en condiciones de pH bajos. Las funciones del Mg^{2+} en las plantas están principalmente relacionadas con su capacidad de interactuar fuertemente en los enlaces nucleofílicos (grupos fosforilo), a través de enlaces iónicos complejos de diferente estabilidad, (Merschner, 1998). En las hojas verdes, la función sobresaliente del Mg^{2+} y obviamente la más familiar de todas, es su papel como átomo central de la molécula de clorofila.

La síntesis de clorofila y homoclorofila comparte una senda para alcanzar el nivel de protoclorofila y la inserción de Mg^{2+} en la estructura de la enzima porfirina, como primer paso de la biosíntesis de clorofila catalizada por la quelatasa-magnesio.

Merschner (1998) señaló que el Mg^{2+} tiene una función esencial como elemento-puente, necesario para la síntesis de proteínas. Cuando el nivel de Mg^{2+} es deficiente o cuando el nivel de K es excesivo, las subunidades se disocian y la

síntesis de proteínas cesa. El Mg también es requerido por el ARN polimerasa y por lo tanto para la formación de RNA en el núcleo.

Como puede observarse, la síntesis neta de RNA inmediatamente se detiene en respuesta a una deficiencia de Mg^{2+} .

2.4.6 Azufre

El S es absorbido principalmente como iones sulfato que son reducidos en la planta e incorporados a los compuestos orgánicos (Bandurski, mencionado por Epstein, 1972)

El S está involucrado en la síntesis de proteínas y es parte de los aminoácidos cistina y tiamina, así como en el péptido glutatión, coenzima A y vitamina B₁. También en glucósidos como el aceite de mostaza y en los tioles que contribuyen al olor y sabor característico de algunas plantas (Jones 1998).

Funciones en las plantas

El azufre es un componente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina y por lo tanto de las proteínas que contienen estos amino ácidos. Asimismo, la tiamina, biotina y la coenzima A son compuestos que contienen S.

Los compuestos orgánicos que contienen S, son altamente volátiles y contribuyen al olor y sabor característico de la familias de las *Cruciferae* y

Liliaceae, (Jones 1998) como las cebollas, la mostaza o a partes de la planta que son aromáticas (Epstein, 1972)

Pais y Jones (1998) mencionaron que el contenido de S en el tejido foliar se encuentra en un rango de 0.15-0.50 % del peso seco, éste varia dependiendo de la especie y de la etapa de crecimiento en que se realice el muestreo. En el nogal, la proporción es de 0.20-0.50 % después del crecimiento terminal.

La relación N/S es tan importante como lo es el S solo, así como la relación sulfato-azufre (SO_4/S) del total del S como indicador de suficiencia. El S es sinérgico con N y P; mientras que es antagónico al arsénico (As), molibdeno (Mo), plomo (Pb), selenio (Se) y fierro (Fe).

Las plantas deficientes en S presentan un color amarillo-verdoso claro en toda la planta, los frutos son flácidos y faltos de succulencia. Igualmente, las raíces se elongan más de lo normal y los troncos se vuelven leñosos; en especies de grano, la madurez se retrasa. Cabe mencionar que en tabaco, una deficiencia de S es deseable para obtener el color característico de sus hojas.

Por otra parte, un síntoma de toxicidad es la senescencia prematura de las hojas (Jones,1998).

2.4.7 Zinc

La deficiencia de este elemento es la más conocida y la que ocurre con mayor frecuencia en el cultivo de nogal. Sin embargo, Sparrel (1976) indicó que en huertas bien manejadas, esta deficiencia no se extiende tanto, pero aún así muchos agricultores continúan haciendo aplicaciones cuando no es necesario implicando esto un gasto extra.

El mismo autor mencionó que en experimentos de campo y de invernadero, los síntomas de deficiencia de Zn se hacen más evidentes cuando la concentración es menor de 20 ppm. Sin embargo, Jones (1998) marcó un rango de 15-50 ppm en la materia seca como suficiente, diciendo que los síntomas visuales de deficiencia no aparecerán hasta que el nivel de Zn haya bajado a 12 ppm.

Jones (1998), por otra parte, afirma que hay otros factores que limitan la disponibilidad de Zn en los árboles de nogal. Uno de esos factores es el pH del suelo, que estando a un nivel mayor de 7, disminuye la disponibilidad del Zn para la planta.

Cortés (1989) señaló que en los suelos de origen calcáreo, o en suelos con pH alto, como los del estado de Nuevo León, el Zn no es asimilable por la raíz, por lo que es necesario hacer aplicaciones foliares, a todo el árbol pues el Zn solo es absorbido por las hojas donde cayó el producto.

Herrera (1983) mencionó que de todos los nutrientes, el Zn es el elemento que mas frecuentemente se encuentra deficiente en huertas de nogal, principalmente aquellas sembradas con la variedad Wichita. Asimismo, continuó diciendo que los síntomas de deficiencia de Zn son claros e inconfundibles, ya que ésta se manifiestan con la presencia de hojas pequeñas y cloróticas, como se muestra en la Fotografía 5, que forman la llamada “roseta” -que toma este nombre porque los entrenudos son muy cortos entre las hojas que también son pequeñas por lo que da la impresión de una pequeña rosa.



Fotografía 5. Síntoma clásico de deficiencia de Zn presentando la hoja de roseta o roseteado.

El mismo autor mencionó que la relación entre P y Zn es muy importante, ya que cuando el P se encuentra en niveles altos interfiere con el metabolismo del Zn. A su vez, el Zn puede inducir deficiencia de Fe cuando el se encuentra en niveles altos.

Funciones en las plantas

Loué (1988) indicó que la absorción de Zn se realiza bajo control metabólico y que la disminución en la absorción de Zn es debida a diversos inhibidores metabólicos así como por los cationes Mg y Ca. El mismo autor mencionó que la primera manifestación de deficiencia de Zn en las plantas es una reducción importante del ARN y la cantidad de ribosomas de las células. Esto provoca una inhibición de la síntesis de proteínas; mientras que la glucosa, el nitrógeno no protéico y el ADN no sufren cambios.

Marschner (1998) mencionó que en años recientes se ha ligado el papel del Zn en el metabolismo del ADN y ARN en la división celular y en la síntesis de proteínas. Mencionó también que recientemente se descubrió una nueva clase de moléculas proteicas (zinc metaloproteínas) que están involucradas en la duplicación del ADN y con la transcripción y regulación de la expresión genética. Este hecho da lugar a la formación de complejos tetrahedrales, con residuos de aminoácidos de la cadena polipéptida. Sparks (1993) mencionó que en árboles de nogal maduros, el contenido de clorofila de las hojas, así como la conductancia estomatal y la fotosíntesis neta, fueron afectados al encontrarse deficiencia de Zn en las hojas. Mencionó que cuando hay niveles bajos de Zn, los brotes de nogal produjeron inflorescencias no pistiladas o estaminadas, Fotografía 6. Cuando las deficiencias eran menos severas, la longitud y el peso de los brotes disminuyeron. Sucedió lo mismo con la cantidad de frutos producidos por brote, así como su desarrollo, dando como resultado un retraso en la dehiscencia.

La deficiencia de Zn, en determinados momentos del ciclo productivo del nogal, se puede convertir en un factor limitante de la formación de frutos (Cortés *et al*, 1989). Las plantas sensibles a Fe se pondrán cloróticas cuando los niveles de Zn sean anormalmente altos (> de 100 ppm); sin embargo, hay algunas especies de plantas que son tolerantes a altos contenidos de Zn (100-250 ppm) sin que se vean afectadas en el crecimiento o el rendimiento (Pais y Jones 1998).



Fotografía 6. Deficiencia de Zn mostrando los brotes secos.

2.4.8 Fierro

El Fe es el microelemento más abundante en los suelos, ya sea como constituyente de diferentes minerales o en la forma de óxidos o hidróxidos como la hematita (Fe_2O_3) o la geotita (FeOOH), respectivamente. La descomposición de los minerales en el suelo es el resultado de reacciones de hidrólisis y oxidación. Los llamados suelos ferrosos contienen dosis elevadas de Fe que dan al suelo el color rojizo característico (Loué, 1988).

Funciones en las plantas

En las plantas el Fe es un importante componente del sistema enzimático de muchas de ellas, como la citocromo oxidasa (transportadora de electrones) y el citocromo (paso terminal de la respiración). El Fe es un componente de la proteína ferridoxina, que es requerida para la reducción de nitratos (NO_3) y sulfatos (SO_4), asimilación de nitrógeno (N_2) y producción de energía (NADP). Funciona como catalítico o como parte del sistema enzimático asociado con la producción de clorofila; como se puede ver en la Fotografía 7, hay una importante clorosis intervenal en los brotes nuevos. Además, el Fe está involucrado en la síntesis de proteínas y en el crecimiento meristemático de la raíz Jones (1998)

El contenido de Fe soluble no representa más que una parte extremadamente inestable del Fe total, ya que las formas solubles en solución son Fe^{2+} , Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ + $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_3^0$ y $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ están sujetas a las condiciones del pH del suelo. Lo anterior debido a que los óxidos e hidróxidos de Fe juegan un papel primordial para la solubilidad y la disponibilidad de Fe para la planta decreciendo esta disponibilidad a pH mayores de 6. (Loué, 1988)

Por otra parte, Herrera (1983) señaló que los síntomas de deficiencia de Fe se presentan comúnmente en árboles que crecen bajo condiciones de riego frecuente, o en suelos mal drenados, reduciéndose la disponibilidad de Fe a pH mayores que 7 y no porque verdaderamente haya falta del elemento.

Sprague (1964) señaló que los síntomas de deficiencia de Fe se presentan como una clorosis intervenal en las hojas jóvenes, donde las venaciones permanecen color verde oscuro. El mismo autor, consideró que la deficiencia de Fe es un desorden menor, pero se incrementa a causa de que los agricultores hacen aplicaciones de Zn al suelo de forma indiscriminada año tras año, causando un antagonismo ente estos dos elementos.



Fotografía 7. Deficiencia de Fe^{2+} con el síntoma clásico de clorosis intervenal.

La mayor parte del Fe de las plantas esta en forma férrica (Fe^{3+}) como fosofoproteín férrico; sin embargo, el ión ferroso (Fe^{2+}) es el que se presume que es la forma metabólica activa del Fe. Jones (1998). El mismo autor mencionó que a altas concentraciones de P decrece la solubilidad del Fe en la planta. Así por ejemplo, una proporción de P:Fe de 29:1 es la relación más común en las plantas.

El K incrementa la solubilidad y movilidad del Fe; mientras que, el N acentúa la deficiencia de Fe debido al crecimiento de la planta. Por su parte, se cree que el anión bicarbonato (HCO_3^-) interfiere en la absorción y traslocación de

Fe dentro de la planta; de igual forma, altas concentraciones de Zn pueden interferir el metabolismo del Fe dando como resultado síntomas visibles de deficiencia. (Vázquez, 1986)

2.4.9 Manganese

El contenido de Mn en la corteza terrestre es del orden de 950 ppm y en el suelo el contenido de Mn presenta variaciones considerables que van desde 20 a 6000 ppm. Siendo de los elementos traza más abundantes. Los suelos que contienen entre 200 y 3000 ppm son los más frecuentes, con una media de 600 ppm; las formas oxidadas son los principales estados de Mn en el suelo, encontrándosele bajo forma trivalente o tetravalente, siendo las formas más oxidadas las menos asimilables para las plantas (Loué, 1988)

El Mn^{2+} existe en el suelo en un amplio rango de estados de oxidación dependiendo de las condiciones fisico-químicas del suelo, de la solubilidad que es dada por el pH y el potencial de reducción que posea (Pais y Jones 1998).

La forma más importante del Mn para las plantas es el Mn^{2+} en condiciones ácidas del suelo, y bajo esta forma puede ser adsorbido por las partículas de arcilla que, en condiciones reductoras el Mn^{2+} aumenta su solubilidad y así puede ser adsorbido como ión intercambiable (Loué 1988)

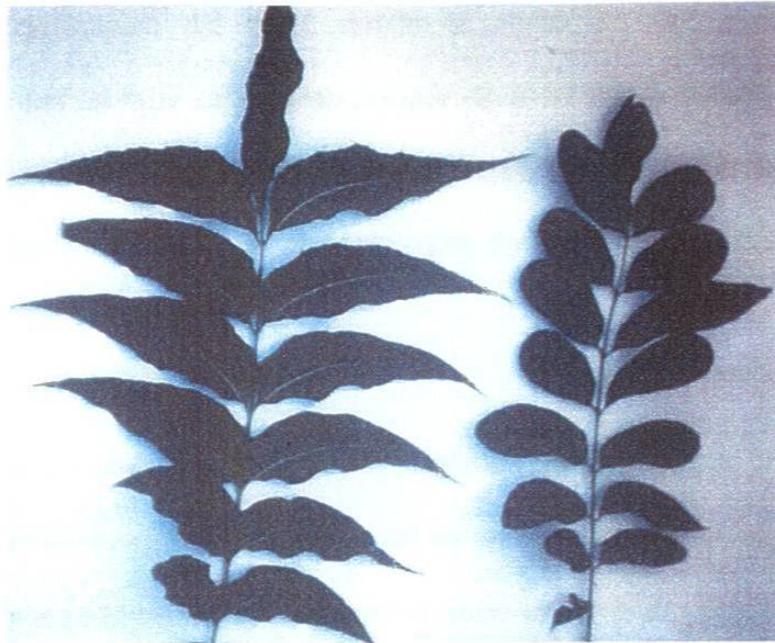
Funciones en las plantas

El Mn^{2+} actúa en los procesos de oxidación-reducción en el sistema de transporte de electrones en la fotosíntesis -esencialmente en el fotosistema II por fotólisis- funcionando como un puente para el ATP y el complejo de enzimas fosfoquinasa y fosfotransferasa, activando también el ácido indolacético (AIA) oxidasa (Jones, 1998)

Se menciona que un contenido suficiente de Mn^{2+} en nogal es de 200-500 ppm y no se conoce que el Mn^{2+} interfiera con el metabolismo o la absorción de otro elemento esencial.

El pH es un factor definitivo para la absorción de Mn de la solución del suelo sobre todo en la forma Mn^{2+} ya que se le encuentra en el suelo en forma de Mn^{2+} , Mn^{3+} y Mn^{4+} y al incrementarse el pH arriba de 6 disminuye drásticamente la absorción. Asimismo, la baja temperatura del suelo es un factor limitante de absorción de Mn^{2+} , así como el contenido de materia orgánica, pues al aumentar ésta, la disponibilidad de Mn^{2+} disminuye (Jones, 1998).

Herrera(1983) indica que la deficiencia de Mn^{2+} se presenta ocasionalmente en árboles de nogal que se cultivan bajo condiciones de riego, -principalmente para las variedades Wichita y Western Schely- que presentan una deformación en las hojas llamada "oreja de ratón". Aunque el mismo autor menciona que algunas



Fotografía 8. Deficiencia de Mn mostrando las hojas redondeadas "hoja de oreja de ratón."

Por su parte, Sprague (1964) señala que las deficiencias de Mn^{2+} son frecuentemente observadas en suelos arenosos y la causa probable radica más en la baja disponibilidad del elemento más que en la falta de éste en el suelo.

2.5 pH del suelo

El pH es quizá la característica del suelo más comúnmente medida. Ciertamente es el criterio más ampliamente utilizado para conocer la condición y proporción de acidez o basicidad del suelo, de manera que se ha simplificado la manera de obtener una lectura rápida, desde el papel tornasol hasta mediciones hechas en el laboratorio, simplemente mezclando una parte de suelo con dos de agua y sumergiendo el papel tornasol o los electrodos en la mezcla (Pearson y Adams, 1967).

Para la caracterización del suelo desde el punto de vista químico, la determinación de su pH es muy importante porque de él se puede inferir qué tipo de sales contiene, también si es un suelo ácido y qué tipo de mejorador debe emplearse en el caso de tratarse de recuperación de suelo con problemas de sales (del Valle, 1992)

Por otra parte, Pearson y Adams (1967) señalan que aunque el pH es uno de los parámetros del suelo más utilizados, quizá es uno de los menos entendidos y probablemente hasta se le ha llegado a considerar de una manera empírica.

Considerando los factores que afectan el pH del suelo, generalmente la relación agua-suelo y el contenido de sales en la solución son los factores que estarán modificando el tipo de suelo de que se trate.

Pearson y Adams (1967) mencionan que el efecto de la variable agua-suelo es disminuir los valores de pH; y el principal efecto de la concentración de sales sobre el pH es el intercambio catiónico (CIC).

Lo anterior lo ratifica Bohn *et al.* (1979) afirmando que las mediciones del pH del suelo pueden ser muy ambiguas debido a la solución del suelo y a la concentración de sales ya que al aumentar cualquiera de estos factores, normalmente el pH decrece.

2.6 Temperatura del suelo

La temperatura del suelo es una propiedad que tiene un marcado efecto sobre los seres vivos que habitan en él afectando además directamente procesos como el intemperismo y transporte de materia y energía en el suelo; de esta manera, la temperatura es una medida de la energía cinética que en promedio contiene cada molécula del cuerpo considerado y que puede medirse por los cambios de volumen de un cuerpo que ha sido previamente calibrado (Narro, 1994). Los factores que afectan la temperatura del suelo en condiciones de campo son: la radiación neta recibida, el balance de energía en la superficie del suelo, el flujo de calor y agua en el suelo.

Narro (1994) indica que desde el punto de vista agrícola la temperatura del suelo desempeña un papel de vital importancia para las plantas pues afecta directa e indirectamente el crecimiento y desarrollo de las raíces y partes vegetativas subterráneas y subsecuentemente el desarrollo del follaje.

Entre los efectos directos de la temperatura del suelo sobre el desarrollo radical, se pueden citar los que se relacionan con el crecimiento de las raíces, la absorción de agua y nutrimentos, la germinación de las semillas, los brotes de las yemas vegetativas y la velocidad de respiración.

Los efectos indirectos de la temperatura del suelo sobre las plantas son la participación de la temperatura del suelo sobre el movimiento del agua en el suelo, la difusión de gases (principalmente oxígeno y CO₂) y solutos, en la actividad microbiana y enzimática, en la descomposición de la materia orgánica y en los procesos químicos como solubilidad e interperismo.

Las bajas temperaturas inhiben la nitrificación, disminuyen la absorción de agua y nutrientes y el crecimiento de las raíces.

En general la mayoría de las plantas cultivadas presentan procesos fisiológicos muy lentos en la raíz cuando la temperatura del suelo es de 5°C, aumentando conforme lo hace la temperatura del suelo hasta llegar a un óptimo alrededor de los 20°C, el cual se mantiene hasta los 30°C y luego la velocidad disminuye al ir aumentando la temperatura del suelo hasta llegar a los 40 °C cuando las actividades cesan completamente (Narro, 1994)

2.7 El agua en el suelo

El agua es esencial para todas las formas de vida; en el crecimiento de la planta el agua no solo constituye una parte importante de la propia planta sino que también es esencial para el proceso de la fotosíntesis, actúa como un solvente y portador de los nutrientes desde el suelo hasta la planta y dentro de ella asimismo manteniendo la turgencia de la misma (Tamhane y Motiramani, 1970).

Funciones en las plantas

El agua es el principal constituyente del protoplasma ya que aproximadamente el 85 y 95% del peso vivo de la mayoría de las plantas es agua.

Al ser el llamado solvente universal, disuelve los minerales del suelo y es el medio por el cual se mueven los nutrientes y las materias primas así como las elaboradas dentro de la planta.

Obviamente es el medio donde se llevan a cabo las reacciones químicas esenciales en el metabolismo de las plantas y forma por si misma parte de las reacciones químicas.

A través de la fotólisis provee electrones para la fijación de CO₂; actúa como parte del soporte mecánico de las plantas y junto con las sales que lleva disueltas es esencial para la turgencia y elongación de las células. Asimismo es el producto final de la respiración y es el principal regulador de la temperatura de la planta. (Montes, 2000).

Worthen y Aldrich (1967) mencionan que las plantas consumen entre 200 y 600 kg de agua por cada kilogramo de materia seca producida en la parte aérea, pero estos datos se refieren a regiones húmedas, pues en zonas calurosas y secas la cantidad de agua consumida es mucho mayor.

Para el estado de Texas en Estados Unidos el requerimiento de agua para un nogal adulto es de aproximadamente es de 718 L/árbol/día (Worthinton y Stein, 1993).

2.8 Plagas, enfermedades y otros factores adversos del nogal

Los insectos que atacan el nogal, se pueden clasificar de acuerdo con la parte de la planta que es atacada. Aunque son muchos los insectos que atacan el nogal, no todos se presentan todos los años. (Brisson, 1976)

2.8.1 Insectos que atacan las hojas

Abeja cortadora (*Periclista sp*).

Daña las hojas cuando empiezan a formarse a principios de la primavera. Las larvas son de color verde pálido activas y voraces que horadan las hojas en desarrollo.

Perforador de la hoja de nogal (*Acrobasis nebutella*).

La larva se alimenta de las hojas y yemas en desarrollo al principio de la primavera y con esto retarda el desarrollo de las hojas durante semanas; las larvas viven en pequeñas vainas enrolladas que son características y fáciles de reconocer e identificar.

Gusano telarañero (*Hyphantria cunea*).

Es una de las plagas más comunes del nogal; las larvas viven en telarañas blanco rojizas. Puede haber muchas colonias en un árbol y a veces son tantas que pueden desfoliarlo completamente esto destruye la cosecha presente e interrumpe la fotosíntesis.

Larvas de color oliva del gusano de la yema (*Gretchena bolliana*) es un problema en las plantas de vivero, las larvas se alimentan de las yemas de la porción terminal de árboles jóvenes de vivero produciendo ramificaciones indeseables. (Brison, 1976)

2.8.2 Insectos que atacan las nueces

Gusano barrenador de la nuez (*Acrobasis caryae*)

Es una plaga muy importante de los nogales, pasa el invierno en forma de larva encerrada en un capullo sedoso. En la primavera deja su invernáculo y orada un túnel en las yemas y vástagos en desarrollo causando su muerte. La larva se transforma en pupa en su túnel o cerca de este, en las grietas de la corteza. La pupa se convierte en una palomilla gris pálido completando el ciclo de vida invernante. Se alimenta de las nuececillas y es clara la evidencia de daño porque quedan briznitas de la nuez verde que se torna café y luego negra siendo destruida posteriormente.

Gusano barrenador del ruezno (*Laspeyresia caryana*)

Atacan las nueces desde el principio de la primavera hasta el otoño. El daño es producido por las perforaciones que la larva hace al ruezno, provocando que la nuez no llene debidamente y que tenga mal aspecto por las manchas oscuras que aparecen en la cáscara.

Picudo del nogal (*Curculio caryae*)

Este insecto hace pequeños agujeros redondos en la cáscara de las nueces, causados al emerger la larva. Presenta su mayor actividad a mediados o fines del verano antes de que la cáscara empiece a endurecer. El control de esta plaga es difícil y es dado por la oportunidad de aplicación del producto, pues una vez que la larva se encuentra dentro de la nuez, es imposible su eliminación pues se encuentra resguardada, por lo tanto fuera del alcance del insecticida.

2.8.3 Hongos bacterias y virus.

Roña del nogal (*Fusicladium effusum*)

Es la enfermedad más difundida y destructiva de los nogales. Prevalece bajo condiciones de elevada humedad atmosférica y más dañina en unas variedades que otras. Su presencia se señala por pequeñas manchas negras hundidas en el envés de las hojas y con mayor frecuencia en las hojas jóvenes.

Mancha de la vena (*Gnomonia nerviseda*)

Es una enfermedad que se desarrolla en las nervaduras de los folíolos y las hojas. las lesiones son similares a las de la roña pero se presentan solo en las hojas, incluyendo el pecíolo, la nervadura central y los folíolos. Su color varía de café rojizo a negro.

Mancha de la hoja (*Mycosphaerella dendroide*)

Afecta principalmente a los árboles débiles. Es fácil de observar en árboles desatendidos, en suelos infértiles, o árboles amontonados o los que tienen deficiencia de Zn. Los síntomas clásicos son unas manchas aterciopeladas verde olivo en el envés de las hojas maduras a principios del verano.

Mancha vellosa (*Mycosphaerella carygena*)

Es una enfermedad de las hojas donde las esporas del hongo se desarrollan en las hojas viejas y los puntos de infección tienen aspecto vellosa en el envés de las hojas y cuando alcanzan de 3-6 mm se tornan de color café.

Agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*)

Esta enfermedad es muy común en muchas especies además del nogal, principalmente en árboles de vivero injertados donde el callo en la unión del injerto es particularmente favorable para ser afectado por esta enfermedad; se desarrolla

como unas grandes agallas cancerosas que ciñen total o parcialmente los tallos y las raíces ocasionando crecimiento restringido o la muerte.

Cuervos (*Corvus bachyrhynchos*)

El cuervo común es una de las mayores plagas nogaleras los cuervos buscan las nueces cuando los rueznos empiezan a abrir. Tienen preferencia por las nueces de cáscara delgada, esto permite a los cuervos romperlas y dejan la almendra expuesta. Esta plaga representa grandes pérdidas en los rendimientos y su control es muy cuestionado debido a los métodos que se utilizan para ello.

Los mapaches, los pájaros azules y las ratas de campo son también destructores de nueces en la huerta antes de la cosecha (Brison, 1976).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en huertas de nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Koch), localizadas dentro del municipio de Bustamante, N.L. donde aproximadamente 500 hectáreas están dedicadas a la producción de nogal pecanero tanto criollos como mejorados.

El municipio de Bustamante, N.L. se encuentra localizado a 100 km al noroeste de la ciudad de Monterrey a los 26°45' latitud norte y a los 100°20' longitud oeste, con una altura de 457 msnm. Según la clasificación de García (1973), el municipio de Bustamante está en una zona de clima seco o semiárido con régimen de lluvias de verano siendo el más seco de los BS. Así la clasificación del clima tendría la siguiente nomenclatura: BS; $[BS_1(h')hxe]$. Las temperaturas medias mensuales son mayores de 14°C considerado muy extremo con lluvias de verano.

El suelo de Bustamante es del tipo xerosol cálcico, regosol calcárico, con suelos de textura media, con buen drenaje, pH alcalino (8-8.1) con un porcentaje de materia orgánica de 0.5 a 2.0 %.

Para el presente estudio se utilizaron huertas con diferentes niveles de rendimiento, alto, medio y bajo con una edad promedio de los árboles de 15 años.

Se consideró que las huertas con niveles de rendimiento alto, medio y bajo serían tomadas como tales por el manejo que se les daba; así las huertas con árboles con niveles altos serían aquellas altamente tecnificadas y con rendimientos altos; las de nivel medio a aquellas en que las huertas sí tenían riego pero las labores culturales y de manejo eran inadecuadas o bien dadas por la tradición para

su explotación; y las huertas con niveles bajos fueron las que no tenían riego y las labores culturales muy incipientes.

Los niveles de rendimiento fueron dados por los rendimientos promedio de los árboles, así, para nivel alto fue de 50 Kg. o más; el nivel medio estuvo considerado entre 31-49 Kg. y los niveles bajos menos de 30 Kg (ver Cuadro 12 del apéndice).

Las variedades que se estudiaron fueron la Bustamante 1 y Western Schley; algunas características sobresalientes de estas variedades son que la Bustamante 1 es de tipo criollo seleccionada y conservada por los nogaleros de Bustamante y presentando altos rendimientos. La variedad Western Schley es protoginica, esto es que las flores femeninas se encuentran receptivas antes que las flores masculinas suelten el polen, es una variedad en que los árboles son vigorosos, buenos productores y comienzan a cargar fruta a temprana edad (5-6 años).

Recolección de material y observaciones.

En cada huerta se seleccionaron 5 árboles de cada variedad y una muestra de suelo por árbol muestreado. El muestreo de las hojas se hizo de la siguiente manera: se tomaron los folíolos centrales a ambos lados de la hoja compuesta en cada uno de los estratos del dosel, alto, medio y bajo colectando al menos 50 folíolos que se colocaron en bolsas de papel debidamente rotuladas. Las hojas se lavaron con agua destilada y se pusieron a secar a 70° C durante dos días.

Los folíolos se molieron en un molino eléctrico con tamaño de partícula de 2 mm posteriormente se guardaron en bolsas de polietileno para su análisis.

A la par que las muestras foliares, el suelo se muestreo a 45 cm de profundidad en la zona de goteo del árbol , utilizando para ello una barrena de caja para obtener una muestra de aproximadamente de 1 kg. Estas muestras se

guardaron en bolsas de polietileno debidamente rotuladas. Las muestras se tomaron en el sitio de cada árbol muestreado a una profundidad de 45 cm en cada fecha preestablecida las cuales fueron hechas en el estado fenológico que se consideró para este estudio : brotación (marzo), después de floración (abril), llenado del fruto (julio), madurez fisiológica (septiembre). Se puso a secar el suelo a la sombra pasándose luego por un tamiz #20 y posteriormente el suelo se guardó en bolsas de polietileno para su posterior análisis.

3.1 Métodos de análisis de hojas

Se realizaron las determinaciones de los elementos Fe, Mn y Zn mediante los siguientes métodos de análisis. El contenido foliar se obtuvo mediante el proceso de incineración o digestión en seco, donde se pesó 1 g de la muestra de tejido vegetal y se colocó dentro de un crisol Gooch y se incineró durante 6 hr en una mufla a 475 °C. Se humedeció la muestra con agua destilada y se agregó 2 ml de HCl concentrado. Después se colocó en una campana de flujo laminar dejando evaporar lentamente el ácido; se agregó después 25 ml de una solución 1N HCl y luego se procedió a filtrar la muestra (Chapman y Pratt 1979).

Una vez obtenido el concentrado foliar se procedió a pasar la muestra por el espectrofotómetro de absorción atómica utilizando una lámpara de cátodo hueco para cada elemento; los parámetros del aparato se dan en el manual del mismo.

3.2 Métodos de análisis para suelo

Procedimiento de extracción de nutrientes. Se colocó 2.5 g de suelo y 25 ml de la solución extractora y un poco de carbón activado en un frasco de reactivo y se

agitó a 400 rpm durante 10 min. Se Filtró la solución usando papel poroso (Watman #1); este filtrado es el que se usó en las determinaciones directamente al aparato de absorción atómica.

Se determinó la concentración de estos elementos a partir de una curva de calibración preparada para cada elemento con los estándares recomendados. Los resultados de los análisis se expresaron en ppm de suelo seco.

Para la determinación del pH del suelo se utilizó un peachimetro de electrodos.

3.3 Variables.

Las variables que se midieron fueron la concentración de los elementos Fe, Mn y Zn hechas al suelo y follaje de los árboles de nogal y el pH del suelo

Muestreo y toma de datos

Las muestras se tomaron de tres estratos del dosel vegetal nivel alto, medio y bajo, trazando una línea imaginaria que divida el dosel en tres tercios respectivamente.

Para la determinación de los elementos Fe, Mn y Zn se utilizó el equipo Espectrofotómetro de absorción atómica FMD4 marca Zeiss;

3.4 Modelo estadístico

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, siguiendo el procedimiento del paquete computacional estadístico SAS.

Para suelo

$$Y = \mu + V_i + F_j + (V * F)_{ij} + NR_k + R_l + (NR * R)_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

V= variedades

F= Etapas fenológicas

NR= Nivel de Rendimiento

R= Repeticiones

Para analizar los datos de suelo, la parcela chica fue la variable Variedades, dado que se esperaba que la concentración de nutrientes en la planta estaría influenciada por la capacidad de ésta para la absorción de nutrientes del suelo ya que el origen de las variedades bajo estudio son diferentes se esperaba que la variedad regional, la Busamante 1 tuviera un comportamiento superior a la variedad adaptada, Western Schley.

Para planta se propuso el siguiente modelo:

$$Y = \mu + NR_i + E_j + (NR * E)_{ij} + F_k + R_l + (F * R)_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

NR= Nivel de rendimiento

E= Estratos de la copa del árbol

F= Etapas fenológicas

R= Repeticiones

Por lo que la parcela chica fue la variable Estratos ya que uno de los objetivos es conocer si el estrato de donde se tome la muestra para el análisis foliar en el laboratorio, es necesario tomarla como lo reporta la literatura, esto es en el estrato medio de la copa del árbol.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variedades

Los análisis de varianza donde se comparan los suelos en donde estuvieron establecidas las dos variedades respecto a la concentración a Fe, Mn y Zn se presentan en el Cuadro 1 del Apéndice. Estos análisis indican que no hubo diferencia estadística entre los suelos donde están establecidas las dos variedades. La Figura 1 presenta las medias de concentración de Fe, Mn y Zn del suelo en ppm donde se puede observar que los suelo en donde están establecidas las variedades Western Schley y Bustamante 1, son muy similares en los niveles de estos elementos. Las concentraciones promedio de Fe, Mn y Zn considerando todos los suelos muestreados fueron 34.27, 14.57 y 4.76, respectivamente, los cuales están en el rango de concentraciones adecuadas para el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, en ambas variedades se observaron deficiencias claras y típicas para cada uno de estos elementos.

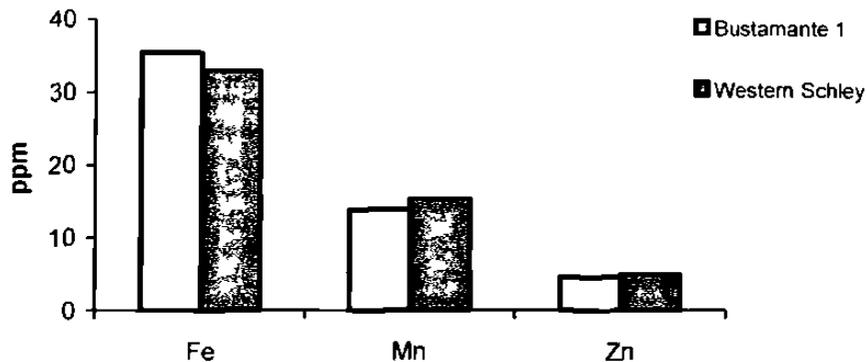


Figura 1 Concentración de Fe, Mn y Zn en el suelo para las variedades Bustamante 1 y Western Schley.

Los análisis de varianza para Fe, Mn y Zn en planta mostraron diferencias significativas entre las variedades con niveles de significancia observados de 0.043 para Fe, 0.0001 para Mn y 0.0071 para Zn (Cuadro 2 del Apéndice).

La comparación de medias para las variedades bajo estudio en cuanto a la concentración de Fe, Mn y Zn se muestran en el Cuadro 4 del Apéndice, en donde se observa que estos elementos se encuentran en mayor concentración en el tejido vegetal de la variedad Bustamante 1.

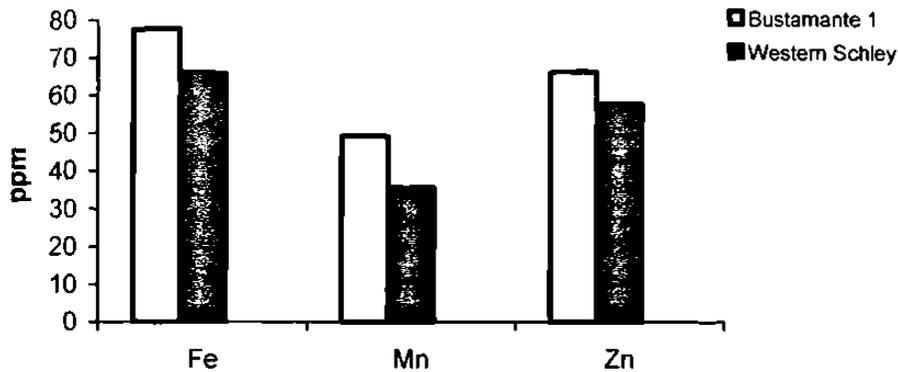


Figura 2 Concentración de Fe, Mn y Zn en planta para las variedades Bustamante 1 y Western Schley.

En la Figura 2 se presentan las gráficas para todos los elementos bajo estudio en las variedades Bustamante 1 y Western Schley, en donde se observa que la variedad Bustamante 1 fue más eficiente para absorber Fe, Mn y Zn, esto debido muy probablemente a que esta es una variedad regional adaptada a las condiciones edáficas de la región con un mejor desempeño de los procesos fisiológicos de la planta o con mecanismos en la rizosfera que permiten solubilizar estos elementos y ponerlos en forma disponible.

Los rangos normales de concentración de Fe, Mn y Zn para nogal se presentan en el Cuadro 9 (Jones, 1989), los cuales, al compararse con los obtenidos en el presente estudio evidencian lo siguiente:

- a) Las concentraciones promedio de Fe en las variedades Bustamante y Western Schley fueron de 77.69 y 66.09 ppm, respectivamente, niveles que se encuentran dentro del rango normal de concentración (50 - 300 ppm), para que la planta desempeñe un buen proceso fisiológico.

- b) Las concentraciones promedio de Mn en las variedades Bustamante y Western Schley fueron de 49.42 y 35.82 ppm, respectivamente. Para la variedad Bustamante la concentración de Mn es adecuada, sin embargo para Western Schley el nivel promedio de Mn en el tejido vegetal está por debajo del rango normal de concentración (40 - 300 ppm).

- c) Las concentraciones promedio de Zn en las variedades Bustamante y Western Schley fueron de 66.58 y 57.98 ppm, respectivamente, niveles que se encuentran por abajo del rango normal de concentración (80 y 500 ppm), para que la planta desempeñe un buen proceso fisiológico.

Los síntomas visuales de deficiencia de Fe fueron evidentes en las dos variedades en la mayoría de los lotes muestreados, incluyendo las huertas con un manejo altamente tecnificado, sin embargo, los análisis foliares mostraron que para Fe los niveles están en el límite inferior del rango de suficiencia, lo que sugiere revisar el rango de suficiencia para las recomendaciones de Fe en la región de Bustamante, N. L.

En el caso de Mn también se encontraron síntomas de deficiencia en las dos variedades. Sin embargo, se encontró que la variedad Bustamante está en el límite inferior del rango de suficiencia y para el caso de la variedad Western Schley está por debajo, lo que indica, como en el caso de Fe, es conveniente revisar los rangos de suficiencia para el caso de la variedad Bustamante.

Las concentraciones de Zn en la planta estuvieron abajo del rango de suficiencia, coincidiendo con las observaciones visuales de síntomas de deficiencia de este elemento y con observaciones de productores que mencionaron incrementos en rendimiento al aplicar Zn foliar.

4.2 Nivel de rendimiento

Los análisis de varianza para las concentraciones de Fe, Mn y Zn de suelo para el factor Nivel de Rendimiento del muestreo indican que no son significativos los valores de F para ninguno de los elementos bajo estudio como lo muestra el Cuadro 1 del Apéndice, lo cual indica que las diferencias en rendimiento en las huertas estudiadas no están relacionadas con los niveles de Fe, Mn y Zn en el suelo. Para Fe las concentraciones en las huertas con nivel de rendimiento bajo, intermedio y alto fueron 34.7, 35.8 y 31.8 ppm, respectivamente; para Mn fueron 14.40, 16.48 y 12.84 y para Zn fueron 5.09, 4.49 y 4.71. En la Figura 3 se presenta la gráfica de las concentraciones de Fe, Mn y Zn en los tres niveles de rendimiento.

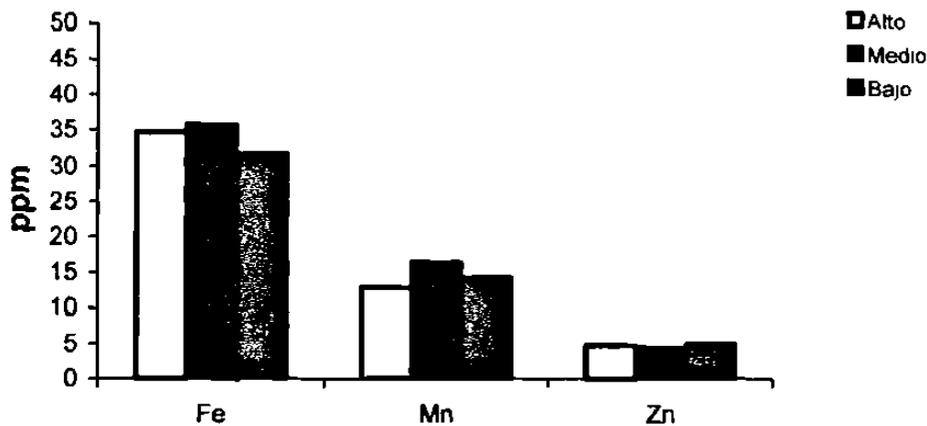


Figura 3. Medias para Fe, Mn y Zn de suelo en huertas con diferentes categorías de nivel de rendimiento.

Estos resultados quizá pueden ser de esta manera debido a que el Fe es un elemento muy inestable y que es tomado por la planta en forma de los iones Fe^{3+} o Fe^{2+} y muy probablemente pueda estar en el suelo en otras formas químicas que estén impidiendo su absorción por la planta, además que el pH es un factor que influye altamente para la disponibilidad del elemento para la planta.

Además el Cu, Mn, Ca y P son antagónicos del Fe que pueden inhibir la absorción del Fe por la planta.

Para el caso de este estudio, el nogal es un cultivo altamente sensible a la deficiencia de Fe como lo indica Jones (1998) dada la función que desempeña como transportador de electrones en muchos sistemas enzimáticos de la planta como la citocromo oxidasa (transportador de electrones) y citocromo que interviene en el paso terminal de la respiración.

Según Jones (1998) el pH alcalino del suelo, esta impidiendo la absorción de Fe por la planta. Asimismo, indica que suelos poco aireados añadidos al efecto del pH alcalino, hacen que el Fe presente en el suelo, o el Fe disponible en el suelo, sea reportado como de bajos valores por lo que sería necesario otro tipo de análisis químicos de suelo, para poder detectar la forma en que se encuentran y si está ligado a algún radical que lo mantenga no disponible, o bien que haya algún compuesto químico donde esté formando parte y que no se halle disponible para la planta.

El Mn de suelo para la variable nivel de rendimiento, se presentan en el Cuadro 5. Según Jones (1998) la disponibilidad de Mn se afecta adversamente a pH arriba de 6.2 y los suelos muestreados durante este estudio mostraron un rango superior siendo catalogados como suelos calcáreos.

De manera que para todas las huertas muestreadas en sus diferentes niveles de rendimiento, presentaron valores de pH altos por lo que es de esperarse, que aunque los valores en ppm de Mn de suelo sean altos, muy probablemente no estén disponibles para la planta.

Sin embargo el Mn presenta una concentración mas alta en la huerta de manejo intermedio, seguida por la de poco o ningún manejo y al final la de mayor tecnificación aunque estadísticamente no haya diferencias, la tendencia es clara en el orden mencionado aunque estadísticamente sean iguales.

El Zn se encuentra en el suelo como catión Zn^{2+} y formando parte del complejo orgánico que se ve afectado fuertemente por el pH del suelo, así que el Zn muy probablemente no se encuentre disponible para la planta. Sin embargo, el mismo autor menciona que el Cu^{2+} y otros cationes como el NH_4^+ inhiben la absorción de Zn por la raíz a diferencia del P que inhibe su traslocación mas que la absorción del elemento, por lo que es necesario estudiar la condición de otros elementos a fin de determinar el posible antagonismo para la absorción y la disponibilidad del Zn.

Por otra parte, los valores bajos obtenidos en este estudio para el Zn del suelo hacen pensar que se encuentra adherido a otros sistemas químicos por lo que será necesario hacer otros análisis químicos del suelo de esa zona, buscando otras alternativas de saber en qué forma se encuentra el Zn o si el antagonismo con otros elementos es el que no deja que el elemento este a disposición de la raíz de la planta.

Los bajos niveles de Zn en el suelo pueden explicarse debido a que en los suelos de Bustamante, Nuevo León, todas las muestras tomadas de las huertas bajo estudio, presentan niveles ligeramente alcalinos con un nivel de pH que va de 7.7 a 8.2 como lo indica el Cuadro 12 del Apéndice y para todos los elementos estudiados aquí, el pH del suelo es un factor limitante para ser tomados por la planta, ya que son altamente susceptibles de quedar en un estado químico en el suelo, en que no están disponibles (Jones, 1998), lo cual se verá mas adelante cuando se presenten los resultados de los análisis de planta donde para alguno de los elementos

estudiados, los niveles de concentración aceptables se encuentran en el límite inferior.

Jones (1998), concuerda por lo dicho por Marshner (1995) quien menciona que la concentración de micronutrientes como el Mn, Fe, Zn y Cu en la solución del suelo dependen del pH del suelo, del potencial de reducción y del contenido de materia orgánica del suelo, así como de la temperatura sobre todo en climas donde ésta fluctúa mucho a través de la estación de producción del cultivo, la cual se lleva a cabo en primavera y verano que es cuando se presenta este fenómeno climático y que se cumple enfáticamente en la zona donde se localiza Bustamante, N.L.

Cabe mencionar, que las huertas con mayor tecnificación, eran las que practicaban la explotación de otros cultivos anuales además del nogal, por lo que la menor concentración de Fe, Mn y Zn, muy probablemente se debió a que éstos fueron utilizados por el cultivo anual habiendo un empobrecimiento del suelo en cuanto a los nutrientes, por lo que los resultados de este estudio concuerdan con lo observado en el sitio de muestreo.

El análisis de varianza para la concentración de Fe en el tejido vegetal mostró que no hubo diferencia significativa entre los niveles de rendimiento (Cuadro 2 del Apéndice), sin embargo se observó una tendencia lineal, encontrando que las concentraciones de Fe se incrementaron en la planta a medida que se incrementó el rendimiento (Cuadro 6 del Apéndice).

El análisis de varianza para la concentración de Mn en la planta mostró diferencias significativas entre los niveles de rendimiento de las huertas (Cuadro 3 del Apéndice), encontrando la misma tendencia que en el caso del Fe, los mayores valores se encontraron en las huertas de altos rendimientos. Las medias para los rendimientos altos, medios y bajos fueron 52.14, 39.96 y 35.75, respectivamente.

El análisis de varianza para la concentración de Zn en la planta no mostró diferencias significativas entre los niveles de rendimiento (Cuadro 3 del Apéndice), sin embargo, también se encontró el mayor promedio de concentración de Zn en las huertas de alto rendimiento.

4.3 Etapas fenológicas

Para la variable Etapas fenológicas, el análisis de varianza indicó que hubo diferencia estadística significativa ($p < 0.01$) para la concentración Fe en el suelo (Cuadro 1 del Apéndice).

En la comparación de medias de las etapas fenológicas para Fe en el suelo se encontró el valor mas alto correspondió al periodo de llenado de fruto (Cuadro 4 del Apéndice), seguido de brotación y floración, los cuales no mostraron diferencia y por último madurez fisiológica, en donde se observaron los niveles más bajos de Fe en el suelo (Figura 4)

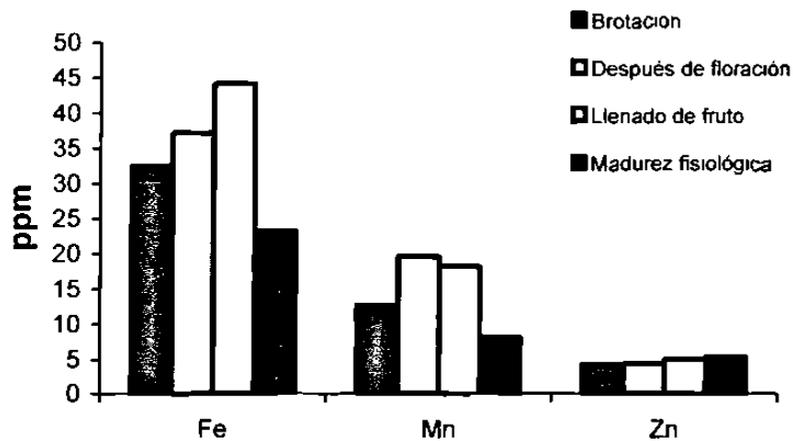


Figura 4. Comparación de medias para Fe, Mn y Zn de suelo en Etapas fenológicas.

Marshner (1995) menciona que una deficiencia de Fe provoca un menor crecimiento foliar así como un decremento en el número de células por unidad de área así como en el número y tamaño de los cloroplastos y que dado que el Fe en la solución del suelo se encuentra en sus formas Fe^{3+} y Fe^{2+} (cationes) y que el antagonismo que hay entre el Cu, Mn y Ca con el P reduce la tasa de absorción del elemento, resulta concordante la mayor concentración del elemento, durante la etapa de llenado de fruto, con la demanda de Fe por la planta ya que la función fotosintética aumentaría considerablemente y puesto que el Fe forma parte de un sistema enzimático asociado con la clorofila, era de esperarse que los valores de concentración fueran altos en la planta, sin embargo, la química del suelo para Fe es altamente compleja según Jones (1998) por lo que es necesario realizar estudios más especializados y profundos tanto en el Fe para la planta, como del suelo.

El Mn del suelo para la variable etapas fenológicas.

El análisis estadístico para esta variable mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) (Cuadro 1 del Apéndice). La comparación de medias (Cuadro 7 del Apéndice), muestra que durante la etapa después de floración y llenado de fruto, los valores de Mn fueron altos. Le sigue en valor alto de concentración de Mn, la etapa de brotación y el valor mas bajo para la etapa de madurez fisiológica. sin embargo, la planta presentó síntomas de deficiencia lo cual indica que pudo ser causada ya sea por el pH del suelo o bien por la combinación de factores de manejo del cultivo ya que no solamente el pH provoca la falta de disponibilidad del elemento, sino también la falta de aireación o bien el que se encuentre presente otro elemento y haya antagonismo y que según sea el nivel en que se encuentre el elemento en el suelo, menor será el de Mn disponible para el nogal.

Otro factor que pudo haber influido en la presencia de Mn disponible, es la temperatura del suelo que para estas fechas ya ha cambiado y la actividad bacteriana, tan importante para la transformación del elemento en la forma iónica disponible, ha sufrido modificaciones dadas las condiciones del ambiente que rodea la zona de la raíz del nogal.

Como se puede ver en el Cuadro 7 del Apéndice, aunque el Mn se encuentra en el suelo, éste es altamente susceptible de ser retenido formando radicales que no permiten a la planta tomar el elemento del suelo y esto seguramente debido al pH que como se mencionó anteriormente, es alcalino para todas las huertas muestreadas.

De esta manera aunque los niveles de concentración de Mn en las diferentes etapas fenológicas es alto, no puede ser tomado por la planta y esto resulta explicable ya que los árboles en todas las huertas muestreadas presentaron el síntoma clásico de deficiencia de este elemento que es la llamada hoja “oreja de ratón”

Para el elemento Mn de suelo en las diferentes etapas fenológicas, la prueba de medias indica que durante la etapa de floración la concentración de Mn en el suelo así como en la etapa de llenado de fruto, no presenta diferencias estadísticas entre ellos dos; pero, sí lo es en la de brotación y por último en la de madurez fisiológica.

Esto indica que la menor concentración se presenta en la etapa de madurez fisiológica lo cual quiere decir que el elemento ha sido requerido durante el desarrollo del ciclo de producción del nogal presentando el valor menor con 8.1 ppm de Mn en el suelo y esto concuerda con lo que dice Jones (1998) quien menciona que el rango óptimo se encuentra entre 10 –50 ppm para algunos cultivos como cebolla, papas, etc. Siendo el nogal un cultivo de altos requerimientos de Mn con un rango de entre 200-500 ppm en el tejido vegetal, de ahí que haya sido altamente frecuente la presencia del síntoma llamado “oreja de ratón” en todas las huertas muestreadas, donde nuevamente el pH del suelo está limitando la absorción del Mn^{2+} que es la forma en que puede ser asimilado por la planta.

Para el elemento Zn no hubo diferencia estadística para las diferentes etapas fenológicas ya que los valores registrados no muestran diferencias (Cuadro 2 del Apéndice).

El Zn del suelo para la variable etapas fenológicas, la prueba de medias indica que no hay diferencia estadística en la concentración de Zn en el suelo durante las cuatro etapas fenológicas (Cuadro 7).

Cabe aclarar que todas las huertas visitadas durante el ciclo de producción cuando se hizo este estudio, presentaban el síntoma clásico de deficiencia de Zn, que es la llamada hoja de roseta, además al final del ciclo de producción, también se observó el clásico síntoma de deficiencia de Zn, en el cual, el ruzno se queda pegado al pedúnculo del racimo cuando ya ha soltado el fruto, por lo que los resultados concuerdan con lo observado en el campo.

Etapas fenológicas con el análisis foliar. El análisis de varianza para la concentración de Fe mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las etapas fenológicas (Cuadro 3 del Apéndice). La comparación de medias (Cuadro 8 del Apéndice) indicó que no hubo diferencia significativa entre las etapas después de floración y madurez fisiológica, encontrando valores más bajos en las etapas de brotación y llenado de fruto.

Para Mn, el análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p < 0.052$) (Cuadro 2 del Apéndice), encontrando que la etapa de brotación tuvo los mayores niveles de este elemento (Cuadro 8 del Apéndice).

El análisis de varianza para la concentración de Zn en las diferentes etapas fenológicas mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). La comparación de medias mostró los mayores valores de concentración en la brotación y llenado de fruto seguidas de la floración y con valores muy bajos para la madurez fisiológica (Cuadro 8 del Apéndice).

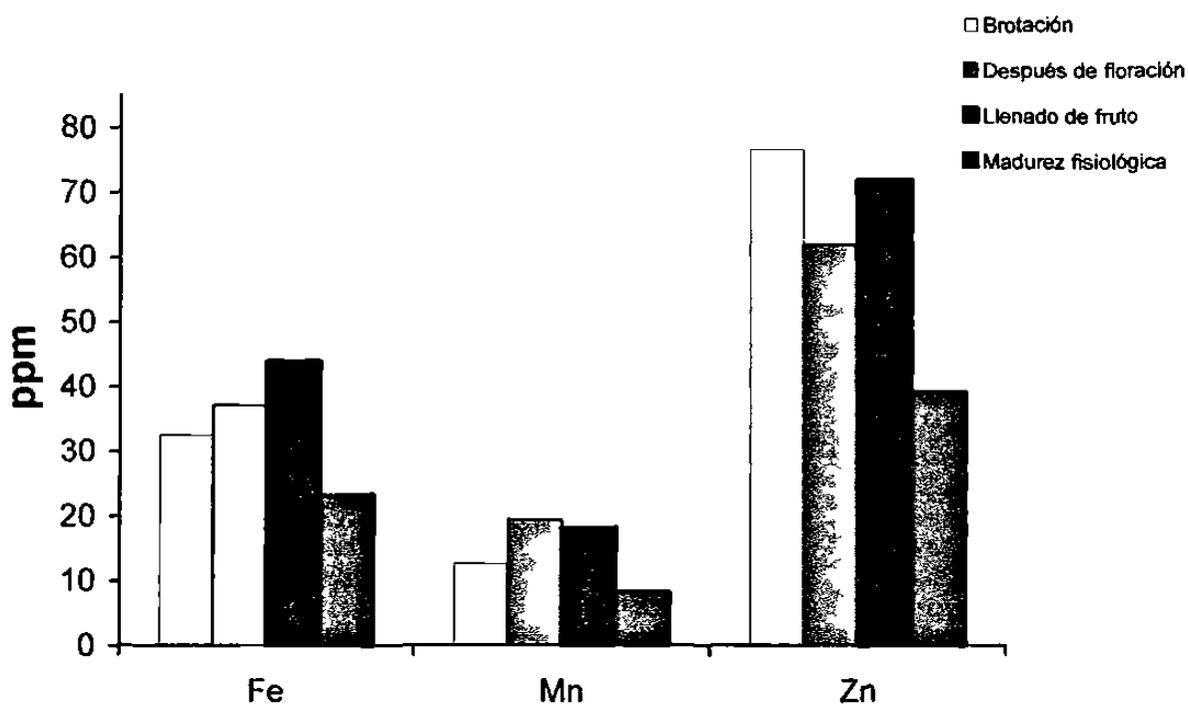


Figura 5. Comparación de medias de Fe, Mn y Zn en planta en las diferentes etapas fenológicas de las variedades estudiadas .

En la Figura 5 se observan los valores obtenidos de medias de la concentración de los elementos bajo estudio a través de las etapas fisiológicas donde se hicieron los muestreos a las dos variedades.

Como puede verse en la Figura 5, la concentración de los elementos Fe, Mn y Zn se presentó como se esperaba ya que la planta, para ambas variedades, tuvo patrones de concentración similares a través de las etapas fisiológicas de muestreo.

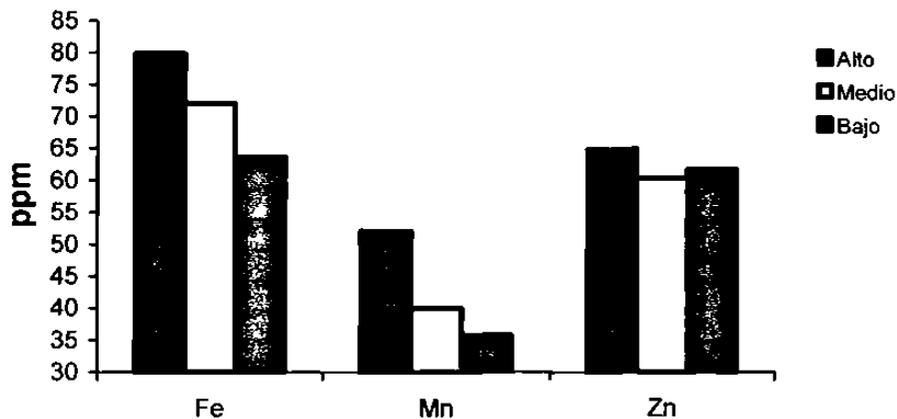


Figura 6. Comparación de medias para Fe, Mn y Zn de planta de acuerdo a los Niveles de Rendimiento alto, medio y bajo de las huertas evaluadas.

4.4 Estratos

El Cuadro 10 del Apéndice muestra los resultados del análisis de varianza para la variable Estratos, en el cual la variedad Bustamante 1 no presenta diferencia

estadística entre los estratos alto, medio y bajo de donde se tomó la muestra foliar para los elementos Fe y Mn, a diferencia del elemento Zn, del cual el análisis muestra alta significancia. En la variedad Western Schley, el elemento Fe resultó ser significativo, no siendo así para Mn y Zn.

En el Cuadro 11 del Apéndice se presentan las comparaciones de medias de los estratos del árbol donde se tomaron las muestras foliares para cada uno de los elementos estudiados y a continuación se da una explicación detallada de los resultados obtenidos.

La Figura 7 muestra la grafica de concentración de Fe en los estratos donde se tomaron las muestras foliares para ambas variedades estudiadas. Como puede observarse, para la variedad Bustamante 1 no representa problema el lugar de donde se tome la muestra foliar, siempre que se quiera saber la condición en que se encuentra el Fe en la planta; diferente para la variedad Western Schley en la cual hay que tomar la muestra foliar del estrato medio, como ha sido tradicionalmente hecho.

Esto puede ser explicado dadas las condiciones de variedad local de la Bustamante 1 de la cual se esperaría fuera mas eficiente a la hora de tomar los elementos del suelo, a diferencia de la variedad introducida, como lo es la Western Schley.

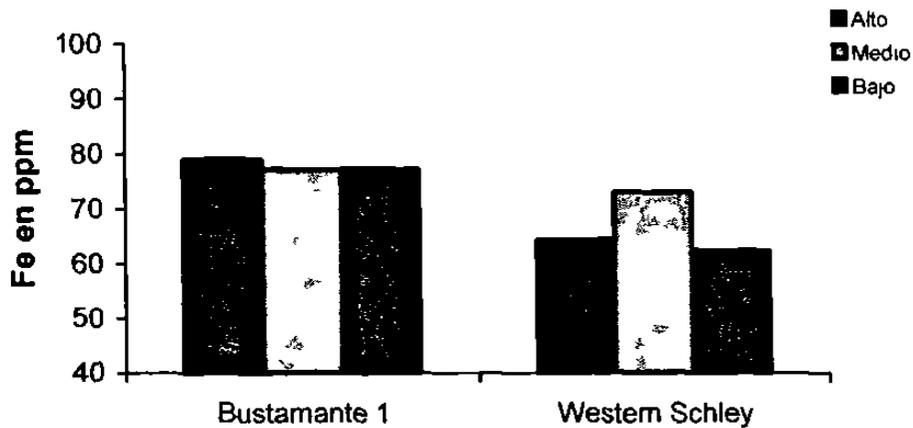


Figura 7. Concentración de Fe en los estratos alto, medio y bajo de la copa del árbol de las variedades Bustamante 1 y Western Schley .

Para el Mn no hay diferencia si se toma la muestra foliar en cualquiera de los estratos alto, medio o bajo para ambas variedades ya que, como se ve en la Figura 8, donde se grafican los valores de concentración del Mn, el muestreo se puede hacer en cualquiera de los estratos con la seguridad de que se podrá conocer la concentración del elemento.

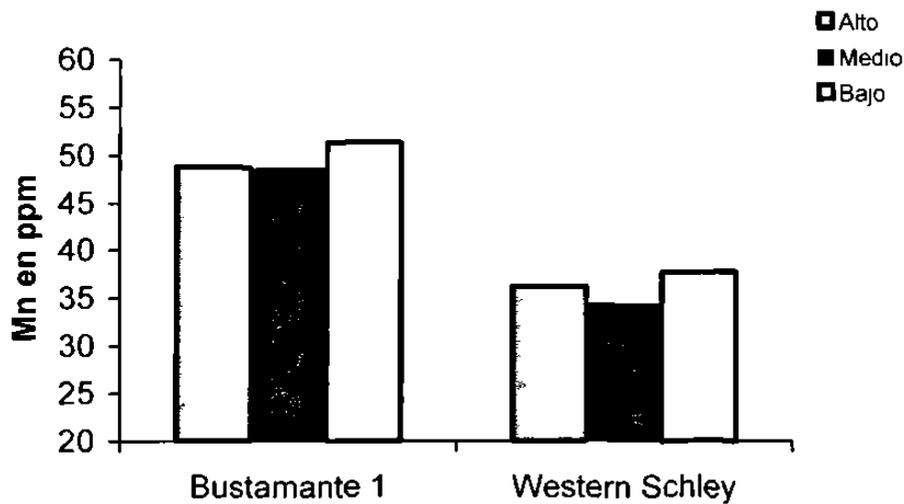


Figura 8. Comparación de medias de la concentración de Mn en los estratos alto, medio y bajo de la copa del árbol de las variedades Bustamante 1 Western Schley.

En el Cuadro 11 del Apéndice se presentan los valores de las medias de concentración de Zn en ambas variedades estudiadas. La Bustamante 1 tuvo diferencia significativa para el elemento en el estrato medio. En la variedad Western Schley, no hubo diferencia para ninguno de los elementos y se puede tomar la muestra foliar de cualquiera de los estratos, (Figura 9).

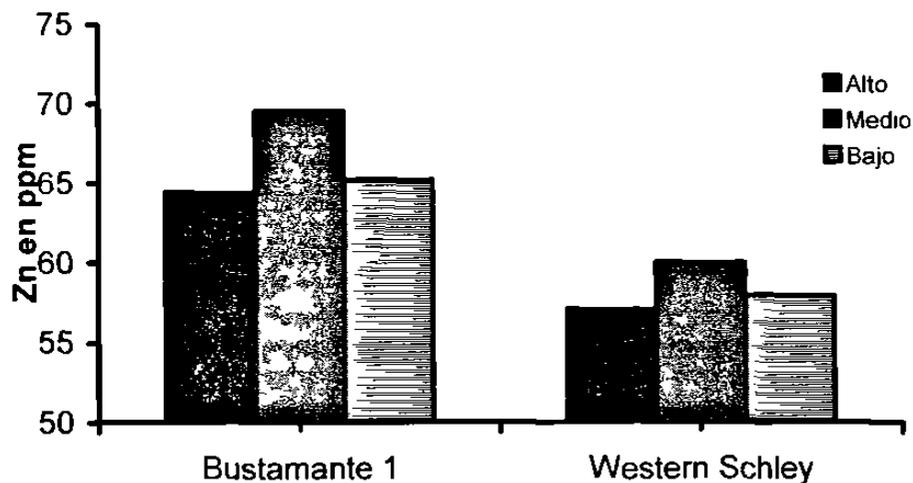


Figura 9. Concentración de Zn en los estratos alto, medio y bajo de la copa del árbol de las variedades Western Schley y Bustamante 1.

En el Cuadro 12 del Apéndice, se muestran los valores promedio de pH del suelo de las huertas que fueron muestreadas, mostrando niveles que van desde 7.77 a 8.02, dada la sensibilidad del cultivo a altos valores de pH, puede explicarse por qué hubo problemas en la absorción de los elementos, asimismo de los síntomas de deficiencia.

El Cuadro 13 del Apéndice contiene los valores de temperaturas (máxima y mínima) para la zona de Bustamante, N.L. del año en que se llevó a cabo el estudio. Por otra parte la precipitación que se presentó durante el desarrollo del experimento fue de 170.1 mm para la zona Bustamante, N.L.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se tienen después de realizar los análisis de varianza y las comparaciones de medias para cada una de las variables son:

5.1 Concentración foliar de Fe, Mn y Zn.

Las concentraciones de Fe, Mn y Zn estuvieron por debajo de los niveles recomendados como mínimos aceptables o en los niveles bajos del rango para un buen desarrollo de los procesos fisiológicos del nogal por lo que las observaciones hechas en campo, confirman los resultados de laboratorio, mostrando síntomas visibles de deficiencia, por lo que se recomienda que se haga un programa de fertilización de acuerdo a las condiciones de pH alcalino de los suelos de Bustamante, N.L, para que los elementos puedan ser asimilados por la planta.

5.2 Categorías de Nivel de Rendimiento.

La variable nivel de rendimiento representó el nivel de tecnificación de las huertas donde se hicieron los muestreos con el fin de saber si las labores culturales afectaban la absorción de Fe, Mn y Zn .

Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencia estadística entre las huertas muestreadas por lo que se puede concluir que las labores culturales ni el riego programado para la huerta con mayor tecnificación, estarán influyendo en la absorción y asimilación de Fe, Mn y Zn .

5.3 Variedades.

Los análisis foliares mostraron que las concentraciones de Fe, Mn y Zn fueron mayores en la variedad nativa Bustamante 1, lo que indica que los

procesos de adaptación y selección natural de esta variedad en la zona, la hicieron eficiente en los mecanismos de absorción de los nutrientes estudiados.

5.4 Etapas fenológicas.

Las concentraciones foliares de Fe fueron mayores en las etapas fenológicas de después de floración y madurez fisiológica. El Mn tuvo los mayores valores foliares en la etapa de brotación. El Zn tuvo los mayores valores en brotación y llenado de fruto, por lo que se recomienda especificar la etapa fenológica cuando se realice un análisis foliar.

5.5 Estratos.

En los muestreos hechos en los diferentes estratos, se encontró que para la variedad Bustamante 1 el Fe y el Mn se pueden analizar de muestras tomadas de cualquier estrato de la planta, no siendo así para el Zn que para esta variedad se deberá analizar de muestras tomadas del estrato medio.

Para la variedad Western Schley, el Fe resultó ser significativo respecto al Mn y Zn que no mostraron significancia, de manera que si se quiere saber la concentración de Fe, habrá que analizar muestras foliares del estrato alto.

Para el Mn y Zn, no hay diferencia en el estrato de donde se tomen las muestras para analizarlas y en la comparación de medias indica que no hay diferencia en la concentración por lo que si se quiere conocer la concentración de estos elementos, podrá hacerse de cualquier estrato de la copa del árbol.

Por lo tanto la hipótesis de trabajo número uno no se rechaza dados los resultados de los análisis para Fe, Mn y Zn, los cuales demostraron que la concentración varía de acuerdo a las etapas fenológicas del nogal.

La prueba de la hipótesis número dos, se acepta por cuanto hubo diferencias en la concentración de Fe, Mn y Zn en los diferentes estratos del dosel de la copa de nogal.

5.6 Recomendaciones.

Como recomendación, se dirá que es necesario hacer un programa de rehabilitación de suelos a fin de modificar el pH del suelo, al menos de la zona de goteo del árbol a fin de que los elementos de la solución del suelo que absorba la raíz, estén en forma disponible para a planta.

Asimismo, se recomienda hacer un programa de monitoreo de las condiciones de la huerta tanto del suelo como de la planta para poder saber las concentraciones de estos elementos y suplir él o los que hagan falta.

Es necesario también proponer otro tipo de análisis químicos que aporten mas información de la manera en que están retenidos los elementos en el suelo con la finalidad de aplicar algún tratamiento correctivo para dejar los elementos disponibles para la planta.

Esto es muy importante y digno de ser objeto de otro tipo de estudio que no comprendió el presente trabajo ya que actualmente la contaminación del ambiente

es muy fuerte y los reportes de la literatura clásica acerca del antagonismo con algunos otros elementos del Fe, Mn y Zn o la influencia del pH sobre la disponibilidad del elemento ha cambiado mucho y lo que se puede encontrar en el suelo no se conoce, de manera que sería muy importante conducir uno o una serie de trabajos que pueda explicar qué es lo que está pasando con los elementos nutrientes para el nogal dados los actuales niveles de contaminación , tanto del suelo como del agua, y del ambiente en general.

VI. APÉNDICE

Cuadro1 Análisis de varianza con sus valores de f calculados para Fe, Mn y Zn de suelo

Fuente de variación	gl	CM Fe	Fe Valores de f	CM Mn	Mn Valores de f	CM Zn	Zn Valores de f
Variedad	1	159.9	1.62 NS	48.4	0.80 NS	2.0	0.66 NS
Nivel de rendimiento	2	72.5	0.74 NS	87.6	1.45 NS	1.9	0.63 NS
Etapas fenológicas	3	1821.8	18.48 **	713.6	11.78 **	8.7	2.85 *
Var * Etapas fenológicas	3	18.8	0.19 NS	171.2	2.83 *	4.6	1.50 NS
Etapas * N R	2	643.9	6.53 **	213.4	3.52 *	0.9	0.28 NS

NS no significativo

cv=29.06

cv=53.4

cv=36.7

* significativo

** altamente significativo

Cuadro2. Análisis de varianza con sus valores de f calculados para Fe, Mn y Zn de planta.

Fuente de variación	Gl	CM Fe	Fe	CM	Mn	CM Zn	Zn
Variedad	1	3229.6	4.22 *	4437.8	0.34 **	1774.8	7.63 **
Nivel de rendimiento	2	523.6	0.68 NS	356.3	2.75 *	801.5	3.45 *
Etapas fenológicas	3	14890.9	19.47 **	346.0	2.67 *	5812.7	24.99 **
Var * Etapas fenológicas	2	853.9	1.12 NS	117.5	0.91 NS	2622.2	11.28 **
Etapas * N R	2	382.4	0.50 NS	796.7	6.15 **	1360.9	5.85 **

NS no significativo

cv=38.4

cv=26.69

cv=24.48

* significativo

** altamente significativo

CM cuadrados medios

Cuadro 3. Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de suelo en las variedades Western Schley y Bustamante 1

Variedades	Fe Valores	Mn valores	Zn Valores
Bustamante 1	35.46 a	13.86 a	4.62 a
Western Schley	32.87 a	15.28 a	4.91 a+ 4.92

Cuadro 4 Comparación de medias en ppm, para Fe, Mn y Zn de planta en las variedades Bustamante 1 y Western Schley

Variedades	Fe Valores	Mn valores	Zn Valores
Bustamante 1	77.69 a	49.42 a	66.58 a
Western Schley	66.098 b	35.82 b	57.98 b

Cuadro 5 Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de **suelo** para huertas con Niveles de Rendimiento bajo, medio y alto

Niveles de Rendimiento	Fe Valores	Mn valores	Zn valores
Alto	34.72 a	12.84 a	4.71 a
Medio	35.88 a	16.48 a	4.49 a
Bajo	31.89 a	14.40 a	5.09 a

Cuadro 6 Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de **planta** en los Niveles de Rendimiento

Niveles de Rendimiento	Fe	Mn	Zn
Alto	79.94 a	52.14 a	64.86 a
Medio	72.07 a	39.96 b	60.28 a
Bajo	63.67 a	35.75 b	61.69 a

Cuadro 7 Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de **suelo** en las Etapas Fenológicas

Etapas Fenológicas	Fe	Mn	Zn
Brotación	32.50 b	12.66 b	4.28 a
Después de Floración	37.11 b	19.42 a	4.38 a
Llenado de fruto	43.93 a	18.09 a	5.02 a
Madurez fisiológica	23.12 c	8.11 c	5.38 a

Cuadro 8 Comparación de medias en ppm para Fe, Mn y Zn de **planta** en las Etapas Fenológicas

Etapas Fenológicas	Fe	Mn	Zn
Brotación	50.71 b	48.39 a	76.55 a
Después de Floración	99.11 a	39.12 b	61.79 b
Llenado de fruto	50.87 b	41.55 b	71.78 a
Madurez fisiológica	86.88 a	41.41 b	38.99 c

Cuadro 9 Análisis de contenido de nutrientes en hoja de nogal (Jones, 1998).

Elemento	Rangos de concentración aceptable en materia seca
N	2.5 - 4.0 %
P	0.15 - 0.30 %
K	0.75 - 1.25 %
Ca	0.70 - 3.0 %
Mg	0.30 - 0.6 %
S	0.20 - 2.5 %
Fe	50 - 300 ppm
Mn	40- 300 ppm
Zn	80 -500 ppm
B	20 - 45 ppm
Cu	10 -30 ppm

Cuadro 10 Comparación de medias en ppm de los Estratos en el árbol de dos variedades de nogal con respecto a Fe, Mn y Zn

Estrato	Fe		Mn		Zn	
	Bustamante 1	Western Schley	Bustamante 1	Western Schley	Bustamante 1	Western Schley
Alto	79.09 a	64.37ab	48.71 a	36.21 a	64.49 b	57.11 a
Medio	77.10 a	72.92 a	48.50 a	34.36 a	69.61 a	60.04 a
Bajo	77.27 a	62.33 b	51.22 a	37.64 a	65.26 b	57.97 a

Cuadro 11 Valores de f calculada del análisis de varianza y su nivel de significancia los estratos de muestreo en la copa del árbol para las variables Fe, Mn y Zn en las variedades Western Schley y Bustamante 1.

Elementos	Bustamante 1	Western Schley
Fe	1.31 NS	3.32 *
Mn	0.82 NS	1.31 NS
Zn	4.40 **	0.33 NS

NS- no significativo
 *- significativo
 **- altamente significativo

Cuadro 12. pH promedio del suelo de las diferentes huertas muestreadas.

Huerta	Variedad	Nivel de rendimiento	pH
Huerta Orozco 1	Western Schley	Alto(>50kg)	7.90
Huerta Orozco 2	Western Schley	Medio(31-49kg)	8.02
Huerta Santos	Western Schley	Bajo(<30kg)	8.0
Huerta Montemayor	Bustamante 1	Alto(>50kg)	7.93
Huerta Villamaria	Bustamante 1	Medio(31-49kg)	7.77
Huerta Alejandro Rdz.	Bustamante 1	Bajo(<30kg)	7.90

Cuadro 13. Temperaturas máxima y mínima durante el periodo de producción en Bustamante, N. L. el año de 1986.

Mes	Máxima	Minima
Marzo	27.5	9.8
Abril	32.4	16.7
Mayo	34	18.8
Junio	32.5	19.9
Julio	35.6	21
Agosto	36.3	21.5

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alben, O.; E. Hammar. 1962. Effect of season and treatment and crop load on the increase in cross-sectional area of trunk and on the composition of Stuart pecan leaves. Am.Soc. for horticultural science. v.82. pp 237-242.
- ASERCA. En Claridades agropecuarias. 1995.Diciembre. SAGAR.México No.28, pp 3-13
- Bear, F.E. 1953. Soils and fertilizers. J. Wiley & sons. Pp 282-295.
- Beaver, L.;W. Gardner and W.Gardner. 1972. Soil physics. 4thed. Ed. John Wiley and sons, Inc. New York. London. Sydney. Toronto.
- Bohn,H. B. McNeal & G. O'Connor. 1979. Soil chemistry. Ed. John Wiley & sons.
- Brisson, F. R. 1976.Cultivo del nogal pecanero. SAG CONAFRUT. México.pp 227-255.
- Bryant, D. 1984. Fertilizer recommendations for pecan trees. In: Plant Science Guide. New Mexico State University.400 h- 602.
- Cain, J.C. and C.B Shear. 1964. Nutrient deficiencies in deciduous tree fruits and nuts. Pp 292-295. In: H.B. Sprague (ed) Hunger signs in crops. The national fertilizer association and the American soc. Of agronomy. New York, N.Y.

Cortés Ortega D., J. D. González G., H. Villarreal E., M. A. Rocha P., J. L. Alanís M., G. R. Treviño de la Cruz. 1989. Guía para el cultivo del nogal en el Estado de Nuevo León. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en el Estado de Nuevo León-SARH. Folleto para productores, No. 1.

Chapman, H.D y P.F. Pratt. 1979. Métodos de análisis para suelos y plantas. Ed. Trillas. México. p 195.

Del Valle, H. 1992. prácticas de relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. UACH. México. P 41.

Epstein, E.1972. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. Ed. Wiley and sons, Inc.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. Cd. Universitaria. México 20, D.F.

Glover, R.Ch. 1983. Selection of fertilizers. Cooperative extension service. Guide A-113. New Mexico State University.

Goss, R.L. 1981. The effects of potassium on disease resistance. Pp 222-224. In: Killmer, V.J. et al (eds). The role of potassium in agriculture. Ann. Soc. of agronomy, Crop sci. Soc. Of América. Soil Sci Society of América. Madison, Wisconsin.

Hernández, X.E. 1981. Agrosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. C.P. 2ª Ed. Chapingo, México.

- Herrera, E. 1983. Training young pecan trees. Guide H- 605, New México State University. Cooperative Extension service.
- INEGI. 1998. Censos agropecuarios. México. pp. 225-229
- Jones, J. Benton Jr. 1998. Plant Nutrition Manual. New York : C.R.C. Press.
- Kramer, P. J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Editorial Edutex. México, D.F.
- Lucas, R.O. y B.D. Knezek. 1983. Condiciones climáticas y de suelos que promueven la deficiencia de micronutrientes en plantas. En: Micronutrientes en Agricultura. AGT Editor, S.A. pp 291-315.
- Loué A. 1988. Los microelementos en agricultura. Ed. Mundo-Hispano. Madrid.
- Magnavaca, R. A.F.C. Bahia Filho. 1993. Success in maize acid soil tolerance. In: Proceedings of the Worpshop on Adaptation of plant to soil stresses. Ausust l-4, 1993. University of Nebraska Lincoln, Nebraska. INTSORMIL Publication No. 94-2. pp 209-221.
- Márquez, S.F. 1976. Clasificación tecnológica de producción agrícola (Agrosistemas) según los ejes espacio y tiempo. En Agroecosistemas de México: Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. p.255-275.
- Marshner, Horst. 1998. Mineral nutrition of higher plants. Academic press inc.p321
- Mengel, K .and E.A. Kirkby. 1978.Principles of plant nutrition. Editors International Potash Institute. Berne, Switzerland.
p.57-61.

- Montes C. F. 2000. Notas sobre el agua en las plantas. FAUANL. Publicación del curso de producción de hortalizas.
- Narro J. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Ed. Trillas. UAAAN. México.
- Pais, I; Jones, J.B. 1998. The handbook of trace elements. St. Lucie press. Boca Raton, Fl. USA.
- Pearson, R.; Adams,F. 1967. Soil acidity and liming . Amm. Soci. of agronomy. No.12. In the series Agronomy.pp 25-26.
- Rusell,E.W.1978. Soil conditions and plant growth. Longman Ed.10th edition. London, Great Britain.
- Salisbury, F.B.; C.W. Ross. 1994. Plant physiology. Woodsworth publishing co. Ca. pp79-88.
- Sparks, D. 1976. Soil pH and the pecan. A review. Pecan south p.16-21.
- Sparks , D. 1993. Threshold leaf levels of zinc that influence nut yield and vegetative growth in pecan. HortScience 28:11, 1100-1102.
- Sprague, H.B. 1964. hunger signs in crops. By David M_c Kay comp., Inc. pp 292-293
- Tamhane, R.V.; Motiramani, D.P. 1970. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana México.p 56-60
- Tarango R., S. H. 1992 Fertilización del nogal. Nutrición y productividad. Universidad Autónoma de Chihuahua pp.30-38.

Tisdale y Nelson. 1987. fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. UTEHA.

Trocme, C. y R Gras. 1972. Suelo y fertilización en fruticultura. Ed. Mundi-prensa.
Madrid.

Trocme, S.; R. Gras. 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. Ediciones Mundi-
Prensa. Madrid, España.

Vázquez A. R. 1986. Apuntes de Relación agua, suelo y planta. F.A.U.A.N.L.

Worthen, E L; Aldrich, S.R. 1967. Suelos agrícolas su conservación y fertilización.
Ed. Hispano-americana. México. 223-224.

Worthinton, J.W.; Stein, L.A. 1993. Water management. In: Texas pecan
handbook.. Texas agricultural extension service. Texas A&M University.
pp 9-20.

