

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES
NATURALES DE MACRO Y MICRO ELEMENTOS
EN EL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*,
Koch) EN LA REGION DE GRAL. TERAN, N. L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

JUAN CARLOS ARRIAGA CASILLAS

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1985

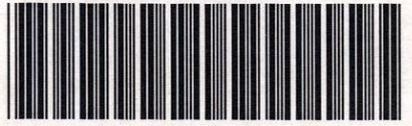
1

T

SB400

A7

c.1



1080060866

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES
NATURALES DE MACRO Y MICRO ELEMENTOS
EN EL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*,
Koch) EN LA REGION DE GRAL. TERAN, N. L.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

JUAN CARLOS ARRIAGA CASILLAS

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1985

5207

T
SB 401
A7


Biblioteca Central
Maena Solidaridad
F. Tesis

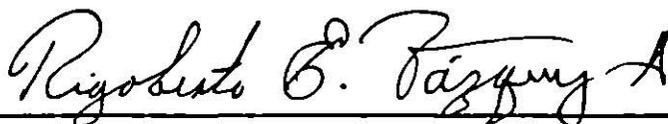

BURAU RAN I FIAS
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.634
FAB
1985
c.5

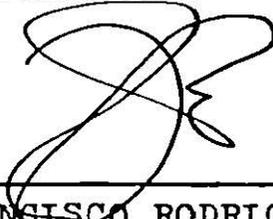
ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES NATURALES DE
MACRO Y MICRO ELEMENTOS EN EL NOGAL PECANERO
(Carya illinoensis, Koch) EN LA REGION DE -
GRAL. TERAN, N. L.

TESIS QUE PRESENTA JUAN CARLOS ARRIAGA CASILLAS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO -
DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA



DR. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO
ASESOR PRINCIPAL



ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL
ASESOR AUXILIAR



ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO
ASESOR ESTADISTICO

A mis padres

Profr. Adalberto Arriaga Salas

Profra. Estela Casillas Herrera

Con respeto y cariño.

A mis asesores

Dr. Rigoberto E. Vazquez Alvarado

Ing. M.C. Francisco Rodriguez E.

Ing. M.C. Nahum Espinoza Moreno

Por su valiosa orientación.

A mis compañeros y amigos, en
especial a Francisco López M.
Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto "Propagación e Introducción de Especies - Frutículas Introducidas Adaptadas y Adaptables en el Estado de Nuevo León" dependiente del C.I.A.-F.A.U.A.N.L.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) - por el financiamiento de dicho proyecto.

Al personal del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Gral. Terán, N. L. por su invaluable ayuda.

A todos aquellos que de alguna u otra manera hicieron posible la realización del presente trabajo.

INDICE GENERAL

Página

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Importancia	4
2.2. Cultivo del nogal	
2.2.1. Origen y distribución	5
2.2.2. Clasificación y descripción botánica	6
2.2.3. Ecología del cultivo	9
2.2.4. Variedades	10
2.2.5. Alternancia	10
2.2.6. Plantación de la huerta	12
2.2.7. Riegos	14
2.2.8. Fertilización	16
2.2.8.1. Nitrógeno	16
2.2.8.2. Fósforo	17
2.2.8.3. Zinc	18
2.2.8.4. Hierro	18
2.2.8.5. Manganeso	19
2.3. Análisis de suelos	
2.3.1. Introducción	20
2.3.2. Calibración de las pruebas del suelo	20
2.4. Análisis foliar	
2.4.1. Introducción	21
2.4.2. Principios del análisis foliar	22
2.4.3. Análisis de suelos y plantas por Absorción Atómica	25
2.4.4. Investigación actual	27

3. MATERIALES Y METODOS	29
3.1. Descripción de la zona de estudio	29
3.2. Recolección de material	32
3.3. Métodos de análisis de hojas y suelos	34
3.3.1. Análisis de la concentración de elementos en las hojas	37
3.3.1.1. Determinación de fósforo	37
3.3.1.2. Determinación de K, Mg, Ca, Fe, Zn, Cu y Mn	37
3.3.2. Análisis de la concentración de elementos en el suelo	38
3.3.2.1. Procedimiento de extracción	38
3.3.2.2. Determinación de fósforo	38
3.3.2.3. Determinación de potasio	39
3.3.2.4. Determinación de Cu, Fe, Mn, Zn, Ca y Mg	39
3.4. Análisis estadístico	39
4. RESULTADOS Y DISCUSION	43
4.1. Comparación entre partes del árbol muestreadas.	43
4.2. Comparación entre huertas de nogal	43
4.3. Comparación entre variedades	49
4.4. Interacción entre los elementos	51
4.5. Obtención de los rangos de concentración recomendables	58
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6. BIBLIOGRAFIA	63

INDICE DE TABLAS

Tabla		<u>Página</u>
1	Principales variedades de nogal pecanero, época de plantación y cosecha en el estado de Nuevo León	14
2	Riegos recomendados para el cultivo del - nogal pecanero en el estado de Nuevo León . . .	16
3	Fertilización recomendada para el cultivo del nogal pecanero en el estado de Nuevo - León	19
4	Temperatura y precipitación media mensual en la zona nogalera de la región de Gral. Terán, N.L.	29
5	Asociación de suelos distribuidos en la - región de Gral. Terán, N.L. por orden de importancia	30
6	Propietario, nivel de producción y variedades bajo estudio en las huertas seleccionadas	31
7	Presentación de los resultados del ANVA - para las concentraciones donde se muestra la significancia de los factores bajo estudio y sus interacciones, así como los - coeficientes de variación	44
8	Presentación de las medias de todas las - variables estudiadas para cada uno de los niveles de los factores bajo consideración	

Tabla	<u>Página</u>
así como las interacciones, y resumen de los resultados de la prueba de Tukey para las variables que resultaron significativas	46
9 Variedad, diámetro, edad y altura de los árboles muestreados	50
10 Coeficientes de Correlación (r) por huerta y general entre los elementos nutrientes de las hojas y el suelo	56
11 Coeficiente de Correlación (r) entre el contenido de elementos en las hojas y el suelo, así como la ecuación de regresión lineal que representa dicha relación, y (R^2)	57

INDICE DE FIGURAS

Figura	<u>Página</u>
1 Distribución del nogal pecanero en la República Mexicana	7
2 Principales áreas productoras de nuez pecanera en el estado de Nuevo León	8
3 Mapa de Gral. Terán que muestra la localización de las huertas en que se establecieron los experimentos	42
4 Porcentaje de calcio y magnesio acumulado a diferentes alturas del árbol	45

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en huertas de nogal pecanero localizadas en el municipio de General Terán, N.L. utilizando las variedades Western Schley y Wichita bajo riego.

Los objetivos fueron encontrar rangos recomendables de concentración en las hojas para cada elemento nutriente, y por medio de ecuaciones de regresión lineal, relacionar cada nutriente de las hojas y el suelo. Así mismo, comparar la concentración de los mismos elementos entre variedades, entre huertas, y entre diferentes alturas del árbol.

Para el análisis estadístico, se utilizó el Diseño de Tres Vías de Clasificación con Interacción, estableciéndose también Correlaciones y Regresiones Lineales entre los elementos.

Los rangos de concentración en las hojas fueron obtenidos a partir de la huerta más sobresaliente respecto a manejo y producción. Con los análisis de Correlación se determinaron gran cantidad de interacciones entre los elementos nutrientes.

Las variedades Western y Wichita sólo presentaron diferencia de fósforo y magnesio en cuanto a sus concentraciones en las hojas. La concentración de los otros elementos evaluados fué similar para ambas variedades.

Se encontró que el calcio, magnesio y zinc se acumulan en las partes bajas del árbol estableciendo una diferencia estadística con respecto a la parte media y alta del árbol. Para los restantes elementos evaluados, la distribución fué uniforme a través de la altura del árbol.

1. INTRODUCCION

Nuevo León es uno de los tres estados productores de nogal pecanero más importantes en México. No obstante, uno de los factores limitantes de la producción es la baja fertilidad de los suelos de esta región.

Por esta razón, la fertilización adecuada es un punto muy importante para el buen manejo de las huertas, tanto para aumentar la calidad como la cantidad de nueces producidas.

Para ésto, es importante contar con recomendaciones adecuadas de fertilización de macro y micro nutrientes pues no solo se tiene el problema de deficiencia, sino también de toxicidad causada por el exceso de algunos elementos nutrientes.

Tradicionalmente los análisis de suelo se han utilizado como base para dar las recomendaciones de fertilización; pero se ha encontrado, de acuerdo a investigaciones realizadas, que dichos análisis no son una guía confiable para hacer recomendaciones de fertilización en los árboles frutales en general.

De esta manera, el análisis de las hojas se ha constituido como una alternativa confiable por lo que ha recibido un gran impulso, principalmente en el sur de los Estados Unidos.

Conociendo el rango de concentración óptima de cada elemento nutriente en las hojas y estableciendo una relación respecto al contenido de nutrientes en el suelo, podemos establecer criterios de fertilización más adecuados.

En base a ésto se han planteado los objetivos para el presente trabajo:

1. Obtener rangos de concentración recomendables de elementos nutrientes en hojas de nogal pecanero.
2. Establecer correlaciones y ecaciones de regresión lineal entre la concentración de nutrientes en el suelo y hojas del -nogal, como medio para proyectar predicciones de fertilización.
3. Comparar la concentración de elementos nutrientes en las hojas a diferentes alturas del árbol del nogal pecanero.
4. Comparar la concentración de elementos nutrientes en las hojas entre las variedades Western Schley y Wichita de nogal -pecanero.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia

El CIAN (Centro de Inyestigaciones Agrícolas del Norte) re conoce en la fertilidad del suelo uno de los factores importantes que intervienen en el desarrollo y producción del nogal. La fertilización adecuada es parte de un programa completo de maneje de una huerta de nogales a planear anualmente (5,26).

Los análisis de suelo y planta son los medios a utilizar - para confirmar la observación de una deficiencia; el análisis - de suelos no es un medio muy adecuado por dos desventajas:

1. Es casi imposible muestrear el suelo donde lo encuentra la - raíz. La disponibilidad de nutrientes es diferente de donde está la raíz y a una corta distancia de ésta.
2. Ningún proceso de laboratorio de determinación de nutrientes puede duplicar lo que las raíces del nogal pueden hacer en - un período de seis meses de desarrollo.

Mediante el muestreo de hojas, los dos problemas anteriores son sobrepasados. Las raíces toman los nutrientes y se mide la cantidad que realmente se encuentra en el árbol (26).

Los análisis de suelo y de hojas utilizados en forma contí nua y correcta, son un buen indicador del estado nutrimental - del cultivo. El análisis foliar se basa en que cada nutrimento tiene una concentración en las hojas dentro de la cual el cultivo obtiene su óptimo desarrollo; proporciona una guía confiable para conocer una posible deficiencia de elementos esenciales - para el satisfactorio crecimiento y fructificación de los noga-

les, para encontrar las fechas de muestreo óptimo (3,5,7,26,29).

Worley, citado por Brison, indica que la corrección de una deficiencia después de que ha sido vista en el árbol puede durar varios años, y que mediante el análisis foliar estas deficiencias se detectan a tiempo para iniciar los tratamientos antes de que cause algún daño.

También menciona que los análisis foliares reportan economías a los agricultores al evitar la aplicación innecesaria de fertilizantes, particularmente en el caso de zinc y fósforo - (3).

Tomando en cuenta además de que bajo diferentes métodos de cultivo y tipo de suelo se requieren diferentes niveles de fertilizantes para obtener la concentración deseable de elementos en las hojas, se hace necesario el análisis de suelos así como establecer una correlación con el análisis foliar.

Finalmente, considerando que la concentración de elementos tiende a variar en las hojas, se debe trabajar a nivel regional para obtener rangos de concentración óptima de nutrientes (9).

2.2. Cultivo del nogal

2.2.1. Origen y distribución

El origen del nogal es muy incierto. Algunos autores creen que es originario del Cáucaso y de las montañas del norte de Persia (Irán); otros opinan, basándose en hallazgos recientes, que es originario de América, principalmente del norte de México y sudeste de Estados Unidos (7,26).

En nuestro país, se encuentra en los siguientes estados: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, San Luis Potosí, Jalisco, Hidalgo, Puebla y Oaxaca (7).

El desarrollo inicial de la industria nogalera en México - empezó con el aclareo de los árboles, eliminando los árboles en competencia e injertando las copas de los árboles en las nogaleras nativas con variedades seleccionadas. Los tres estados más importantes productores del nogal pecanero en México son Nuevo León, Coahuila y Chihuahua en la frontera norte (Fig. 1). Los centros más importantes de producción en Nuevo León se pueden observar en la figura 2.

Las variedades Western Schley, Wichita y Mahan son actualmente las variedades más importantes y populares en las áreas nogaleras de Nuevo León según Flores S. (3).

2.2.2. Clasificación y descripción botánica

Reino	---	Vegetal
División	---	Embriofitas
Sub-división	---	Angiospermas
Clase	---	Dicotiledóneas
Orden	---	Juglandales
Familia	---	Juglandaceae
Género	---	<u>Carya</u>
Especie	---	<u>C. illinoensis</u> , Koch

De todos los géneros que pertenecen a la familia de las juglandáceas, dos son las de interés: Juglans e Hicoria o Carya. Al género Juglans pertenecen el nogal negro (J. nigra) y el nogal de castilla o nogal persa (J. regia).

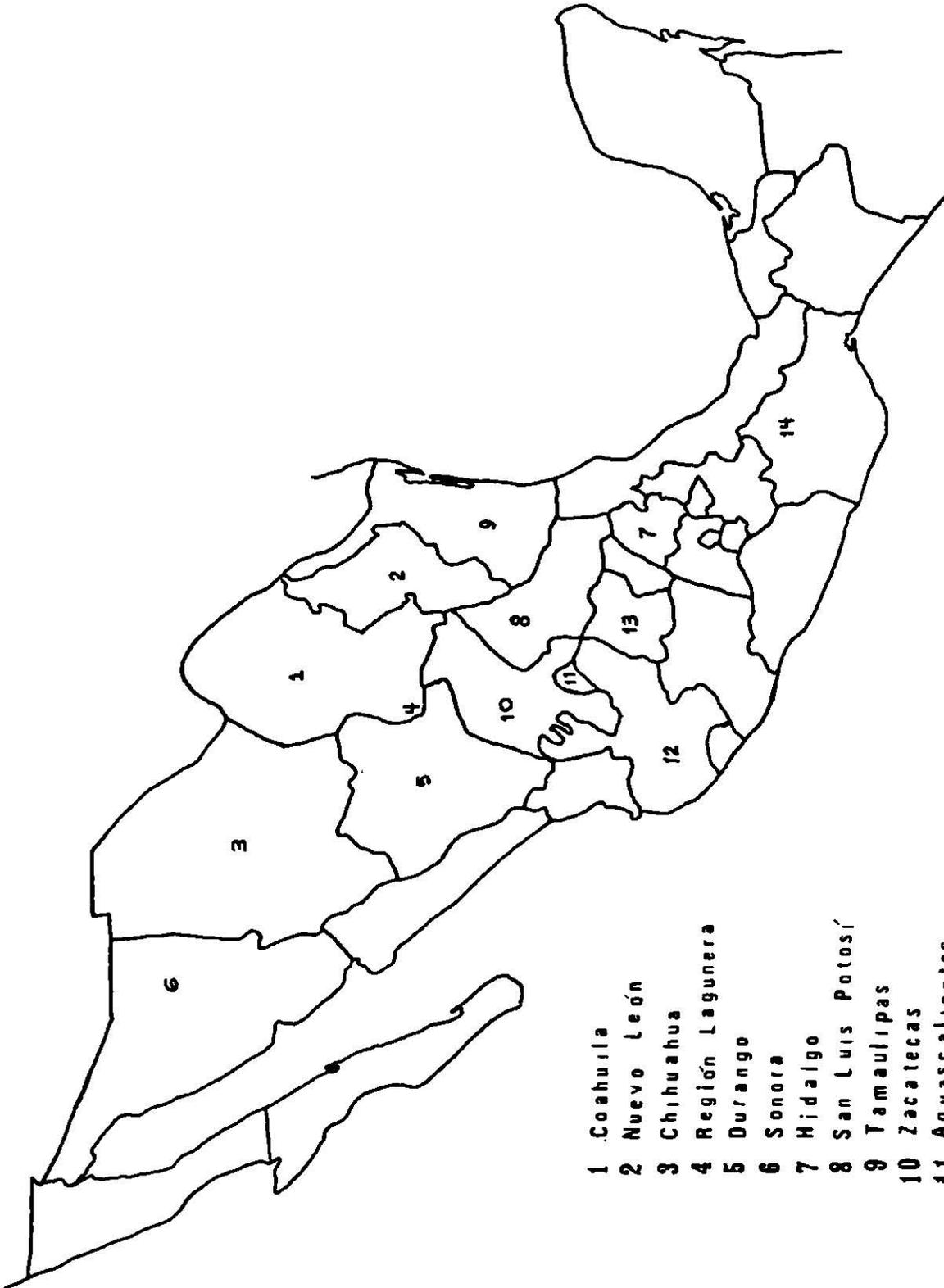


FIG. 1. DISTRIBUCION DEL NOGAL PECANERO EN LA REPUBLICA MEXICANA.

- 1 Coahuila
- 2 Nuevo León
- 3 Chihuahua
- 4 Región Lagunera
- 5 Durango
- 6 Sonora
- 7 Hidalgo
- 8 San Luis Potosí
- 9 Tamaulipas
- 10 Zacatecas
- 11 Aguascalientes
- 12 Jalisco
- 13 Guanajuato
- 14 Oaxaca

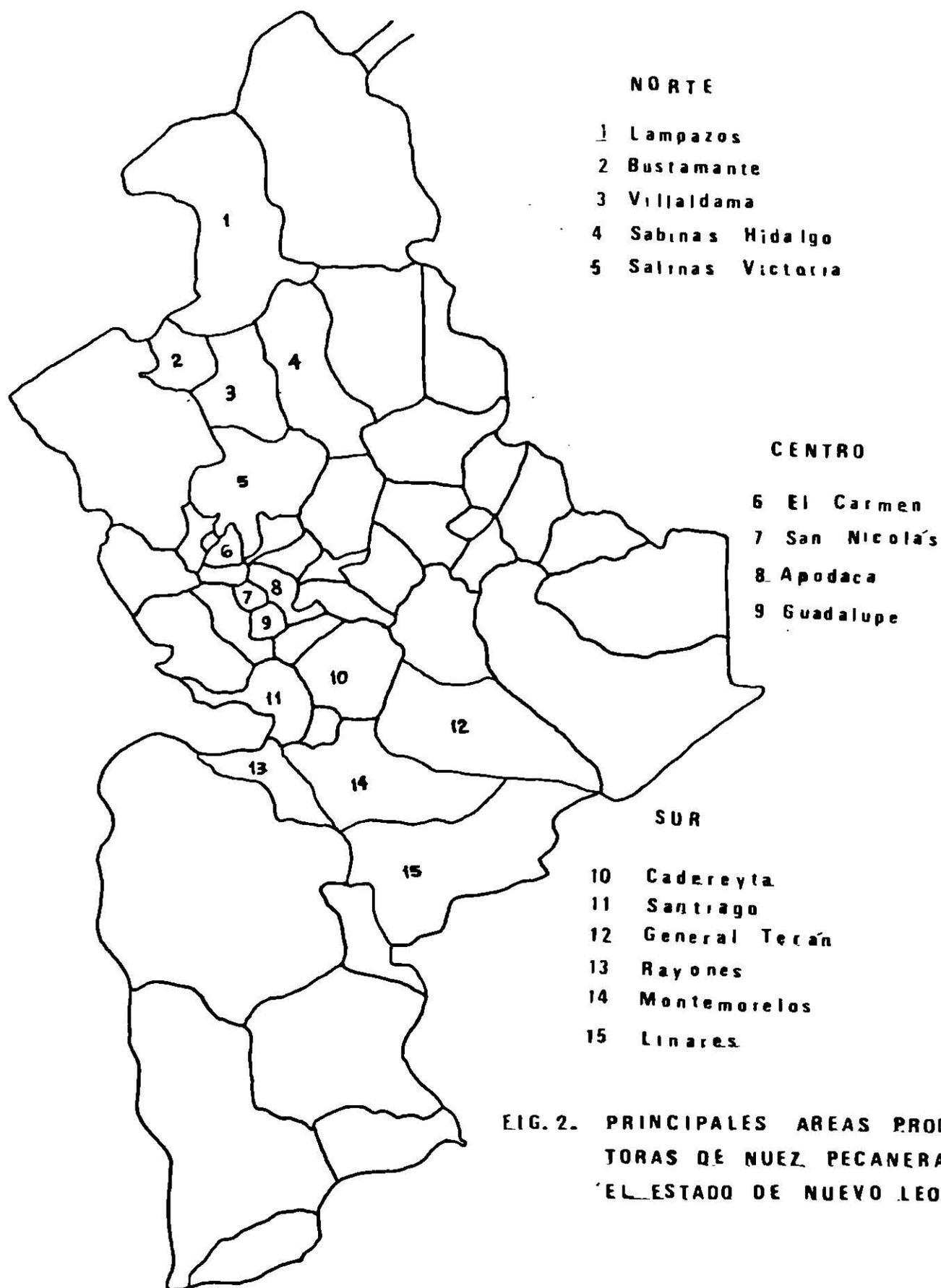


FIG. 2. PRINCIPALES AREAS PRODUCTORAS DE NUEZ PECANERA EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN.

Al género Hicoria o Carya pertenecen 10 especies, de las cuales la más importante es C. illinoensis, Koch, siendo ésta a la cual se dedica el presente trabajo.

El nogal es una planta dicotiledonea de hasta 30 m de altura. La raíz pivotante semifibrosa que se extiende horizontalmente cubriendo una área mayor a la cubierta por el follaje (26). Las hojas son caducas, alternas, imparipinadas, compuestas de 11 a 17 folíolos cortamente peciolados de forma lanceolada y bordes semicerrados, con una longitud de 10 a 17 cm (3,7).

Es una planta monoica que presenta dicogamia protogínica o protándrica. Flores unisexuales, apétalas; las masculinas con amentos colgantes axilares, que nacen en la madera de un año de edad. Las flores femeninas se presentan en inflorescencias de espiga en el ápice de la misma rama floral.

Los frutos son drupas dehiscentes agrupadas de una a cuatro sobre un pedúnculo corto. La semilla o almendra está reducida a un embrión y dos cotiledones que son comestibles (7).

2.2.3. Ecología del cultivo

Los suelos deben tener una profundidad efectiva de dos metros o más, puesto que el nogal penetra el suelo a gran profundidad (3,8,24). Deben estar bien nivelados y con buena fertilidad (7,8,24), con una textura intermedia (los extremos deben descartarse) y un valor máximo de 2 mmhos/cm, pues el nogal tiene baja tolerancia a las sales (8,24).

El buen rendimiento y producción de los nogales en suelos con una reacción ácida tan baja como pH 6, igual que en los suelos alcalinos, muestran la adaptabilidad del nogal al pH (3).

El nogal es una planta de temporada cálida, cuyas temperaturas óptimas van de 18 a 22°C. Se desarrolla adecuadamente con una precipitación anual de 400 a 600 mm y una humedad relativa del 65 a 70% (3,14).

El nogal se clasifica como sensible al frío cuando está en crecimiento (3). Empieza a brotar a principios de primavera y suspende sus actividades a fines de otoño, por lo que le perjudican las heladas tardías en primavera y tempranas del otoño (7). El nogal no es exigente en cuanto a las horas frío, pues se adapta muy bien, siempre que existan inviernos definidos.

El aire es el principal agente polinizador en los nogales, por lo que es necesario tomar en cuenta la dirección, frecuencia e intensidad de los vientos. Una buena orientación de los árboles dará como resultado una buena polinización (7).

2.2.4. Variedades

La primera consideración en la selección de una variedad es su capacidad de adaptación a una región determinada, esto es, su tolerancia al clima, suelo, plagas y enfermedades y sobre todo al período vegetativo.

Es importante también para la selección de las variedades el destino de la producción, como es la elaboración de dulces, extracción de aceite, consumo directo, etc. (7).

2.2.5. Alternancia

Los nogales tienen la tendencia a producir cosechas abundantes y escasas en años sucesivos, comportamiento conocido como "producción alterna" o "vecería" que origina pérdidas para los productores de nuez (3).

Cuando los árboles tienen una cosecha abundante, los carbohidratos disponibles son utilizados en el proceso del crecimiento normal y en la formación y maduración de las nueces de este año. Esto ocasiona un descenso en la provisión del alimento vital en la siguiente primavera, durante el período crítico en que normalmente se diferencian las flores pistiladas o en muy pocas de ellas y en una cosecha escasa de ese año. Al no haber cosecha, o que ésta sea escasa, los árboles están en condiciones de producir alimentos de reserva para la planta, los que estimularán la formación de flores pistiladas y una buena cosecha el año siguiente, continuando así un ciclo alterno de cosechas abundantes y escasas (3). Aunque las reservas alimenticias son utilizadas en el crecimiento de nuevos brotes y raíces, en la producción de amentos y polen, en la iniciación de flores pistiladas y en el desarrollo inicial de la nuez, es la iniciación y diferenciación de flores pistiladas las más influenciadas por los niveles de carbohidratos (3,9). Por eso se puede decir que la producción alterna está mayormente influenciada por la presencia o ausencia de flores pistiladas (9).

Los dos hechos fundamentales relacionados con la producción alterna, son las grandes cosechas con una calidad subnormal y precios bajos, y las cosechas pequeñas con las subsecuentes bajas retribuciones. Además, los costos de producción y las prácticas rutinarias de manejo de la huerta son más o menos las mismas cuando la cosecha es reducida y cuando es abundante (3,9).

Tomando en cuenta que la cosecha de un año tiene relación con la de los años anteriores y siguientes, se ofrece a los productores la posibilidad de regular las cosechas durante un período de varios años. Las reglas básicas para realizar lo ante-

rior se basan en reducir las cosechas abundantes y estimular - las escasas (3).

Para ésto se plantea el raleo de los frutos químicamente y manualmente para reducir las nueces durante el año de mayor producción (3,14,29), no obstante, algunos investigadores han sostenido que el aclareo no proporciona al fruticultor la seguridad de una cosecha anual (18). No obstante, es el raleo una recomendación general, incluso se propone el control parcial del gusano barrenador de la nuez que tiene un efecto raleador en el nogal. Otra alternativa es el abonado tardío de nitrógeno, en los años de gran producción para conseguir un buen cuajado en la primavera siguiente (9,29) y, en años de débil producción, a bonados nitrogenados precoces para favorecer el cuajado de ese año (29).

Aunque la alternancia se reconoce siempre como algo indeseable, Rawitscher, citado por Coutanceau (1971) encontró que la alternancia aumenta los rendimientos si se considera un período de tiempo lo suficientemente largo. No obstante, aclara que estos resultados no tienen un valor concluyente (9).

2.2.6. Plantación de la huerta

La mayoría de las huertas se establecen plantando árboles de vivero ya injertados con las variedades deseadas; éstos han estado de tres a cuatro años en el vivero. Se debe preparar el terreno con anterioridad, requiriéndose labores de subsuelo y - cruza, barbecho profundo y rastreo. La nivelación del terreno - para trazar el riego es indispensable (5).

Los sistemas más usados para la plantación de nogales, son

el "marco real" y el "exagonal" o "tresbolillo". La distancia entre los nogales en la plantación es muy variable teniéndose reportes de espaciamiento de 12, 15 y 21 m (22); no obstante los espacios se han ido reduciendo, junto con la altura del árbol, hasta lograr que un árbol se mantenga y produzca normalmente separados unos de otros de 8 a 15 m (7). En las agendas técnicas de la SARH se recomienda el método del marco real a una distancia de 12 X 12 a 15 X 15 m con 64 y 36 árboles por hectárea respectivamente (25).

Los pozos para la plantación deberán ser en forma de cubo de un metro de lado (22), aunque se recomienda que la profundidad sea del tamaño de las raíces del arbolito (6). Deberán hacerse en el mes de octubre o noviembre (22) o mínimo un mes antes de la plantación (25).

La plantación (transplante) deberá hacerse en los meses de diciembre a marzo (6), siendo la mejor época, según el CIAN, el período entre los meses de enero y febrero (5). En el momento de la plantación se recomienda agregar el agua y el suelo al mismo tiempo con el objeto de evitar bolsas de aire interiores que pueden provocar la muerte de los árboles, y para asegurar el contacto íntimo del suelo con las raíces (6,14).

Se recomienda podar los árboles al momento del transplante para compensar el balance por las pérdidas de raíces al sacar el árbol del vivero (5). El corte debe ser de $1/3$ ó $1/2$ del tamaño original (6). En la tabla 1 se resumen algunas recomendaciones para la plantación.

En la siguiente tabla se enumeran las principales variedades en Nuevo León, así como su época de plantación (25).

Tabla 1. Principales variedades de nogal pecanero, época de -
plantación y cosecha en el estado de Nuevo León.

VARIEDAD	EPOCA DE PLANTACION	COSECHA	OBSERVACIONES
Western Schley	1o. Feb - 15 Mar	Sep-Nov	Se recomienda un 70% del total de árboles
Wichita	1o. Feb - 15 Mar	Sep-Nov	Se recomienda un 20% del total de árboles
Mahan	1o. Feb - 15 Mar	Sep-Nov	10% de la población como polinizador de las anteriores
Criollos	1o. Feb - 15 Mar Dic - Feb	Sep-Nov	
Bustamante 1 y 2	Dic - Feb	Sep-Nov	Se recomiendan los - sobresalientes espe- cíficos para cada - zona

2.2.7. Riegos

De los factores que determinan el éxito de una huerta, el riego es el factor más importante, más bien es el factor que - más influye sobre un número considerable de factores que contro- lan el crecimiento de la planta. Ninguna otra práctica efectua- da en la huerta puede modificar tanto el medio ambiente en las plantas (26).

El agua es un factor clave en los mecanismos de asimila- - ción de nutrientes. Las raíces interceptan más iones nutrientes

cuando crecen en un suelo húmedo que cuando lo hacen en uno seco, a causa de que su desarrollo es más extenso. De esto se deriva la importancia del riego en las plantas (28).

El nogal es un árbol con raíces profundas y requiere de riegos periódicos para mantenerlas en un medio suficientemente húmedo, sobre todo cuando los árboles están en período de crecimiento (22). La cantidad de agua que requiere el nogal varía por muchos factores, pero aproximadamente, y dependiendo de ellos, sería del orden de 1.6 a 2.3 m de lámina total (7).

No es posible determinar la periodicidad de riego con exactitud, pues siempre intervienen factores que lo hacen variable. No obstante, es importante considerar que nunca se debe agotar la totalidad del agua disponible en el perfil; generalmente un buen criterio de riego es aplicarlo cuando se haya agotado solamente el 50% del agua disponible. Hay una serie de aparatos y métodos para determinar cuando se llega a éste punto (26).

El huerto deberá ser regado una o dos veces durante el invierno y es especialmente importante que un riego sea aplicado a principios del mes de marzo, justo antes de que empiece la brotación (7).

Para que los árboles puedan aprovechar mejor el agua es necesario hacerles unos cajetes y alimentarlos de un canal; dichos cajetes se irán ampliando a medida que los árboles se vayan desarrollando (22).

En la tabla 2 se encuentran los riegos recomendados por la SARH en Nuevo León (25).

Tabla 2. Riegos recomendados para el cultivo del nogal pecanero en el estado de Nuevo León.

Riego	1o. y 2o. año		3o. y siguientes años	
	Intervalo de riego	Lámina (cm)	Intervalo de riego	Lámina (cm)
1o.	Plantación	12	15 a 28 de Febrero	15
2o.	25 días después del 1o.	12	45 días después del 1o.	12
3o.	30 " "	2o. 12	30 " "	2o. 10
4o.	30 " "	3o. 12	30 " "	3o. 10
5o.	60 " "	4o. 12	45 " "	4o. 12
6o.	45 " "	5o. 12	60 " "	5o. 12
7o.	30 " "	6o. 10	45 " "	6o. 12

2.2.8. Fertilización

Al establecer la plantación, lo primero que se debe hacer es un análisis del suelo para conocer los nutrientes que hacen falta, ya que el nogal necesita aplicación de fertilizantes desde su crecimiento hasta la producción comercial (9). La aplicación adecuada es parte integral de un programa completo de manejo de una huerta de nogales y esta práctica debe planearse anualmente (26).

En seguida se discuten cada uno de los nutrientes que pueden ser problema bajo las condiciones del suelo de México.

2.2.8.1 Nitrógeno. Es la fuente con la cual se forman las proteínas y carbohidratos, además intervienen en la formación de clo

rofila. Su deficiencia ocasiona clorosis en las hojas por lo - que se ven de color verde pálido y pueden llegar a ser completamente amarillas. En casos de deficiencia aguda, el árbol puede llegar a tirar las hojas.

Un problema importante es causado por el abuso de la fertilización nitrogenada pudiéndose observar por esta causa quemaduras en los folíolos maduros en junio, cuando se inicia la fase de desarrollo del fruto (5).

De acuerdo a la experiencia se recomienda la siguiente fertilización, usando como fuente, preferentemente, el sulfato de amonio (8):

<u>Edad del árbol</u>	<u>gr de N/árbol</u>
2 - 3 años	100
3 - 5 años	200
6 - 7 años	300
8 - 9 años	450
10 - 11 años	600
11 - 25 años	1500
mayores de 25 años	1500 + 40 Kg/ha

2.2.8.2. Fósforo. El cultivo del nogal no es muy exigente en - cuanto a este nutrimento. Una pequeña aplicación de tres a cuatro unidades de fósforo cada dos o tres años será suficiente para mantener el suelo en un buen nivel de fertilidad respecto a este elemento (5,26).

Las recomendaciones de fertilización son las siguientes -
(8):

<u>Edad del árbol</u>	<u>gr de P₂O₅/árbol</u>
4 - 5 años	150
5 - 7 años	125
8 - 9 años	300
10 - 11 años	400
11 - 25 años	800
mayores de 25 años	800 + 25 Kg/ha de P ₂ O ₅

2.2.8.3. Zinc. La deficiencia de zinc origina un trastorno fisiológico conocido como rozeteado por la forma que toman las hojas alrededor de las llemas terminales (26).'

Para corregir la deficiencia de zinc se pueden hacer aplicaciones al suelo o al follaje, siendo preferible la segunda opción. Se deben hacer mínimo tres aplicaciones de 350 gr de sulfato de zinc en 100 lt de agua en huertas con síntomas de rozeteado. La primera aplicación aproximadamente 30 días después de iniciada la brotación, y las restantes con 15 días de intervalo (5).

2.2.8.4. Fierro. Su carencia produce clorosis severa porque el fierro forma parte del pigmento de la clorofila. En el nogal, - la deficiencia se empieza a notar porque el área entre las venas toma un color amarillento y si se vuelve extrema, la hoja - puede volverse casi blanca, pudiéndose corregir mediante aspersiones de Sulfato de Fierro a las hojas o con la aplicación de quelatos en el suelo. La aplicación de 0.25 a 0.5 Kg de Sulfato

de Fierro en 100 lt de agua puede corregir la deficiencia provisionalmente (26).

2.2.8.5. Manganeso. La deficiencia de manganeso se conoce también como "oreja de ratón" u "hoja pequeña". Las nervaduras centrales se acortan de modo que el ápice de los folíolos aparece redondeado en lugar de terminar en punta. Los folíolos también tienden a tomar la forma de copa y a arrugarse ligeramente. En casos severos el tamaño de la hoja se reduce considerablemente (3,24).

El control o desaparición de los síntomas de esta enfermedad es muy retardado ya que son muy persistentes. Se recomiendan aspersiones al follaje en una solución de 1 a 2% de Sulfato de Manganeso en árboles mayores de ocho años de edad (24).

Tabla 3. Fertilización recomendada para el cultivo del nogal - pecanero en el estado de Nuevo León.

Edad de la planta en años	Epoca de aplicación y tratamiento en gr/árbol								
	Marzo			Junio			Agosto		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2	20	15	10	20	10	10	10	0	0
3	30	20	20	30	20	20	20	0	0
4	60	30	30	60	30	30	60	0	0
5	100	60	40	100	60	40	100	0	0
6	150	150	50	150	150	50	150	0	0
7	160	200	60	160	160	60	160	0	0

2.3. Análisis de suelos

2.3.1. Introducción

Podemos distinguir en el análisis del suelo dos finalidades primordiales. Primero existe la finalidad práctica de descubrir las deficiencias de nutrientes para hacer recomendaciones. El otro propósito es la especificación exacta y cuantitativa de un suelo a fin de conocer su constitución y de compararlo con otros suelos. Este propósito es fundamentalmente científico(21).

Respecto al primer propósito, los análisis pueden permitir la separación de los suelos con fertilidad baja, media y alta; pero no pueden determinar de modo preciso la cantidad de fertilizante a aplicar, aunque puede servir de base para decidir si no se aplicará nada, o aplicar 200 Kg/ha por ejemplo. (31).

Se han empleado muchas clases de soluciones extractoras en un esfuerzo por relacionar los resultados de los test de suelos con el crecimiento de las plantas. Pero si se considera que la solución extractora está en contacto con el suelo por unos minutos solamente, la tarea se complica muchísimo. (28).

2.3.2. Calibración de las pruebas de suelo

La relación entre resultados de análisis de suelos con experimentos de campo sobre fertilizantes es necesaria para evaluar las aplicaciones de fertilizantes en los cultivos. Esto porque los niveles de muchos factores no pueden controlarse en el campo, ni tampoco los análisis de suelo dan una idea de la cantidad de nutrientes utilizados por las plantas por lo que la calibración del análisis de suelos debe ser hecha con las aportaciones de experimentos de campo (30).

Los estudios de campo deben ser especialmente diseñados - con el propósito de evaluar los efectos de una interacción entre las variables no controladas y las continuas controladas - (30).

Es esencial que los resultados de los test del suelo sean calibrados frente a respuestas de los cultivos por la aplicación de los nutrientes en cuestión. Esta información es obtenida de experimentos sobre fertilidad en campo e invernadero realizados en un amplio rango de suelos. Las respuestas de la producción por las proporciones de los nutrientes aplicados pueden entonces ser relacionados a la cantidad de nutrientes disponibles y encontrados en el suelo (28).

2.4. Análisis foliar

2.4.1. Introducción

Generalmente es reconocido por los expertos en nutrición - en frutales que el solo análisis del suelo no siempre es una - guía satisfactoria en la fertilización en frutales. Recomendaciones basadas en estos análisis asumen que las raíces extraen los nutrientes del suelo de una manera comparable con los extractores químicos, y que hay una relación directa entre nutriente extraíble del suelo y su asimilación por la planta. Aunque esto fuera cierto para algunos nutrientes en cultivos y suelos particulares, no lo es universalmente.

Los análisis de suelo no estiman la relativa fuerza de unión de las diferentes clases de iones mono y divalentes, efectos de iones complementarios, antagonismos de iones, difusión -

de iones, el flujo de masas ante la capacidad diferencial de alimentación de las raíces. Además, en el presente no es posible determinar con exactitud el volúmen del suelo que se encuentra entre las raíces de la planta. Aunque es posible que la determinación de la concentración de nutrientes de una muestra de suelo de una profundidad particular, no es posible la determinación con exactitud de la cantidad total de nutrientes aprovechablés del suelo a lo largo de la profundidad de las raíces durante toda la época del cultivo (2).

La experiencia ha demostrado que el análisis foliar puede arrojar mucha luz sobre el estado de la planta en lo que respecta a los nutrientes que interesan (9). De esta manera los análisis foliares se muestran como una técnica bastante seductora; se comprende que la composición mineral de las hojas haya de reflejar e integrar las condiciones generales de nutrición de los árboles, permitiendo así establecer un diagnóstico foliar. Esta técnica se ha estudiado detalladamente realizando constantes progresos hasta entrar en el cuadro de las aplicaciones prácticas (29).

Lundegårdh atrajo la atención de los químicos en las ventajas en la excitación por flama para análisis cuantitativos. De esta manera la Fotometría de Flama se ha convertido, ultimamente, en uno de los métodos analíticos más extensamente usados en el análisis cuantitativos y cualitativo de suelos y hojas (20).

2.4.2. Principios del análisis foliar

El análisis de hojas basado en un método de muestreo apropiado, así como una correcta interpretación de los datos analíticos, es útil para confirmar el diagnóstico foliar por sínto-

mas, y para determinar el estado nutricional de las plantas perennes y su respuesta a fertilizantes. Estos valores de cualquier manera van a depender de un entendimiento de los principios básicos envueltos.

El análisis foliar está basado en los siguientes argumentos: a) Las hojas son el principal lugar del metabolismo de las plantas; b) Los cambios en el abastecimiento de nutrientes se reflejan en la composición de las hojas; c) La concentración de nutrientes en las hojas en estados específicos de desarrollo se refleja en la producción; y d) Las fluctuaciones de los niveles de los nutrientes se acusan menos en las hojas. Por ello son las hojas el elemento ideal para practicar el análisis de los tejidos (2,10).

Lagatu y Maume fueron los primeros en adaptar este método, dándole el nombre de "diagnóstico foliar". Marci introdujo el concepto de "porcentaje crítico de nutrientes" en materia seca de hojas. Indica que en cada planta existe un "porcentaje crítico" para cada nutriente; cantidades en exceso a este porcentaje representan un consumo de lujo, cantidades abajo representan un "rango de adaptación de carencias" para finalmente alcanzar un "porcentaje mínimo". El porcentaje crítico puede considerarse como ideal, aunque puede estar sujeto a una ligera variación dependiendo de otros factores de crecimiento (2).

Ulrich introdujo, en 1948, el concepto de "nivel crítico de nutrientes" definiéndolo como "el rango de concentración en el que el crecimiento de la planta es restringido en comparación con las plantas con un alto nivel de nutrientes". Considera que la concentración de nutrientes en una planta es función de las variables que influyen sobre ella. Esta función puede represen-

tarse como:

$$X = f (S, Cl, T, P, C, . . .)$$

donde S = suelo, Cl = clima, P = planta, C = cultivo, etc. Esta ecuación Ulrich la denominó "plant nutrient equation", es decir ecuación de los nutrientes de la planta. Sólo cuando estas variables sean controladas de manera que sean constantes, el análisis de suelos nos permitirá conocer el estado de la planta - con bastante aproximación. En contraste con el análisis de suelo, el análisis de la planta representa el valor integral de to dos los factores que influyen en la concentración de nutrientes en la misma hasta el momento en que se hace la toma de la muestra (2,10).

Para Shear et al, el crecimiento de la planta es función - de dos variables de nutrición, intensidad y balance, reflejadas en la composición de las hojas. Máximo crecimiento y producción ocurren solamente con la coincidencia de óptima intensidad y ba lance. Cuando la concentración de algún elemento es sustancialmente diferente a la óptima intensidad (porcentaje crítico de - nutrientes), el máximo crecimiento posible dentro del nuevo lí- mite de abastecimiento de este elemento puede resultar solo con la concentración de todos los otros elementos en balance, condu ciendo a el nuevo nivel de intensidad.

De ahí se derivan las bases del análisis foliar estableci- das por los conceptos "porcentaje crítico de nutrientes" y "ba- lance de nutrientes". El primero establece que para el mejor de sarrollo de cualquier especie vegetal se necesita de una concen- tración determinada de cada elemento nutritivo; cantidades supe riores ocasionan un consumo exesivo sin que se traduzca a mayor

desarrollo y producción y sí un efecto tóxico; en cambio, valores por debajo del nivel crítico significan un estado deficitario.

El funcionamiento o aprovechamiento del análisis de hojas se encuentra en la "Ley del mínimo" establecida por Liebig y - su versión posterior de la "Ley de respuestas decrecientes" de Mitscherlich et al. Según este principio, sólo cuando el nivel de un nutriente en las hojas está por debajo del subóptimo se - podrá esperar una respuesta que valga la pena para la aplica- - ción del elemento deficitario. El mayor efecto se logrará incre- - mentando el factor mínimo. Una vez corregido, uno de los otros factores severos puede convertirse a su vez en mínimo y seguirá la misma ley (2,10).

Existe una fuerte correlación entre la concentración de - los elementos en las hojas y el crecimiento, por lo que la in- - terpretación del estado nutricional en base a la composición de las hojas, es comparable sólo con el efecto en el crecimiento y no con el medio del cual esa composición fué obtenida (2).

2.4.3. Análisis de suelos y plantas por Absorción Atómica

En los últimos 30 años el avance en métodos instrumentales de análisis ha sido enorme. Las técnicas de análisis de precipi- - tación y colorimetría comunes en los laboratorios agrícolas se han visto desplazadas por las técnicas espectroscópicas de Emi- - sión de Flama y Absorción Atómica, cuya introducción en la in- - vestigación agrícola ha traído un mayor conocimiento de la quí- - mica de diversos elementos en el suelo y las plantas.

Así mismo, la Absorción Atómica presenta algunas ventajas para

análisis de ciertos elementos sobre la Emisión de Flama y viceversa. El equipo de Absorción Atómica está diseñado para obtener la concentración de elementos considerados actualmente como esenciales para el buen desarrollo de los cultivos como son el Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Fierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Sodio (Na).

El principio de la Espectrometría de Absorción Atómica -- (EAA), Es igual al de Espectrofotometría de Emisión de Flama -- (EEF), excepto que se mide la energía que absorben los átomos -- en lugar de medir la energía que éstos emiten. En las técnicas de EEF la muestra se eleva a un estado de excitación y se determina la intensidad de la radiación que emiten los átomos cuando éstos regresan al estado de mínima energía. En EAA se lleva a -- cabo el proceso inverso; el elemento de interés en la muestra -- no se excita, sino que se disocia en sus enlaces químicos y se -- coloca en un estado no excitado, no ionizado y de mínima energía bajo estas condiciones, el átomo del elemento es capaz de absorver radiación externa de la misma longitud de onda proveniente de una fuente de luz que es la que se determina. Las energías -- de emisión y absorción no tienen siempre la misma longitud de -- onda y cada elemento tiene su propio espectro de emisión y absorción. La radiación en la longitud de onda donde ocurre la emisión y absorción, son útiles en EAA y se conocen como "líneas de resonancia".

La técnica de análisis por EAA utiliza la energía de emisión y absorción. Generalmente se usan lámparas de cátodo al vacío y de descarga como fuentes de luz o energía en las cuales -- el cátodo está fabricado o revestido por el elemento en que se va a analizar. La luz proveniente de la lámpara de cátodo al va

cío pasa a través de una flama, en la cual se aspira la muestra en solución que se va a analizar. Los átomos que están químicamente disociados y en su estado mínimo de energía, absorbe la radiación emitida en líneas discretas.

El grado de absorción es proporcional a la concentración del elemento en la muestra aspirada (Ley de Beer) y detectores electrónicos miden el cambio en la cantidad de luz o energía que ha pasado a través de la flama. Las señales que se obtienen de los detectores se incrementan y aparecen, según el tipo de instrumentación, como porcentaje de absorción, unidades de absorvancia, directamente en concentración o en gráficas, si se utiliza un registrador.

La EAA se ha considerado libre de interferencias; sin embargo ciertas características físicas de las soluciones aspiradas han producido señales de absorvancia atómica para el elemento que difieren de aquellas para cantidades conocidas en soluciones acuosas "simples". Las soluciones de muestras biológicas son más complejas que las soluciones de muestras inorgánicas y su variabilidad es impredecible (13,16).

2.4.4. Investigación actual

La presente dirección es el uso del análisis de hojas para guiar sobre el estado nutricional de la planta (2). Es verdad que la concentración de nutrientes en las hojas de diferentes variedades en diferentes países no varían mucho, pero generalmente son estas pequeñas variaciones las que se buscan por medio del análisis foliar porque determinan las necesidades de abonos minerales de la planta examinada. Es por eso que no se pueden evitar las investigaciones particulares a causa de las

condiciones locales (10).

Es posible ahora, con experimentación, determinar: (a) La mejor posición de las hojas y el estado de desarrollo de la planta para reflejar el estado de nutrientes; (b) La concentración óptima de nutrientes asociada con el óptimo crecimiento y rendimiento de las cosechas; y (c) Los niveles de nutrientes de las hojas asociados con la deficiencia y toxicidad. Con esto se rá posible, en ausencia de factores limitentes no nutricionales, un diagnóstico exacto del estado nutricional de una cosecha y, en base a esto, ajustar el programa de fertilización en caso de exeso o deficiencia nutricional (2). Así, en California (E.U.) se han establecido los niveles seguros y las órdenes de deficiencias en el fósforo, nitrógeno y potasio en una larga lista de cultivos, para el uso de los agricultores (28).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

El presente trabajo se desarrolló en huertas de nogal pe canero localizadas dentro del municipio de General Terán, - - N.L. La zona en la cual se localiza este municipio pertenece a la región fisiográfica llamada Provincia de la Llanura Cos- tera del Golfo Norte, Subprovincia de Llanuras y Lomeríos.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modi- ficada por E. García, los climas predominantes en la región - de Gral. Terán son:

(A) C (Wo)

(A) C x'

La temperatura y la precipitación pluvial medias mensua- les obtenidas a través de 21 y 27 años respectivamente se re- gistran en la tabla 4.

Tabla 4. Temperatura y precipitación media mensual en la zona nogalera de la región de Gral. Terán, N.L.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T^o	14.8	20.6	26.8	29.8	26.9	18.3						
(°C)	16.7	24.0	28.8	29.5	23.1	15.1						
pp	19.7	23.5	75.7	46.7	145.7	31.9						
(mm)	25.7	50.5	90.5	103.6	107.2	21.4						

Los suelos predominantes se encuentran por orden de importancia en la tabla 5.

Tabla 5. Asociación de suelos distribuidos en la región de - Gral. Terán, N.L. por orden de importancia.

ASOCIACION	TEXTURA	FASE
1. Vertisol pelico + Vertisol cronico	Fina	
2. Vertisol cronico + Castañozem luvico	Fina	
3. Vertisol pelico + Castañozem luvico + Feozem calcarico	Fina	Pedregosa
4. Rendzina + Litosol	Media	Lítica
5. Regosol Calcarico	Media	Pedregosa

La vegetación está dominada por la agricultura de riego y de temporal en menor grado. Marginalmente se encuentran comunidades de matorral submontano. Dentro de las zonas de agricultura de riego se encuentran la mayoría de las huertas de nogal.

Las huertas en que se establecieron los experimentos, así como las variedades bajo estudio se encuentran en la tabla 6. Las huertas pueden localizarse en el mapa de la figura 3. En las huertas uno, dos y cuatro de dicha figura se encuentra la asociación de suelos Vertisol cromico + Castañozem luvico, mientras que en la huerta número tres se presenta la asociación Vertisol pélico + Vertisol cromico.

Tabla 6. Propietario, nivel de producción y variedades bajo estudio de las huertas seleccionadas.

HUERTA	NIVEL DE PRODUCCION	VARIETADES	PROPIETARIO(S)
Hnos. San Eduardo	Alto	Western y Wichita	Hnos. Camino
El Encinal	Medio	Western y Wichita	Hilda Fdz.
Hda. San Pedro	Bajo	Western	Eugenio Garza
Los Cuatro Romanos	Bajo	Wichita	René Martínez

La ubicación geográfica de dichas huertas es la siguiente:

HUERTA	C O O R D E N A D A S	
	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
Hnos. San Eduardo	25° 17' 41"	99° 35' 43"
El Encinal	25° 16' 4"	99° 44' 47"
Hda. San Pedro	25° 16' 12"	99° 37' 26"
Los Cuatro Romanos	25° 12' 23"	99° 38' 25"

Las variedades bajo estudio fueron la Western Schley y la Wichita.

La Western Schley es una variedad nativa de Texas cuyos árboles son muy vigorosos y precoces en la maduración. En número de nueces por kilogramo es de 99 a 143, con un rendimiento alto de almendra que varía de 55 a 59%. La floración es de tipo protándrica, es decir, el polen es liberado antes de que las flores femeninas sean receptivas. El color del follaje es de un verde más intenso que la variedad Wichita. El árbol es

muy resistente y necesita de pocos cuidados antes de empezar a producir; sus nueces son de tamaño mediano a grande, cáscara delgada y almendra de alta calidad. El fruto es alargado, puntiagudo y más robusto en un extremo y redondeado de la base. Esta variedad tiene gran potencial de explotación en México.

La variedad Wichita resultó de la cruce de las variedades Halbert y Mahan y está formada por árboles muy precoces. Tiene buen follaje, alta y buena producción de nueces de gran calidad, las cuales contienen aproximadamente 57 a 63% de almendra y 99 a 143 de ellas hacen un kilogramo. La nuez es alargada, puntiaguda en un extremo y redondeada de la base, semejando una gota de agua. La floración es protogínica, es decir, el pistilo está receptivo antes de liberarse el polen.

Las principales plagas que se han presentado en la región son: Barrenador del fruto (Acrobasis caryae), Gusano Telarañero (Hyphantria cunea), Salivazo o Espuma del Nogal (Clastoptera texana) y los Pulgones del Nogal (Melanocalis sp y Manoellia spp).

3.2. Recolección de material

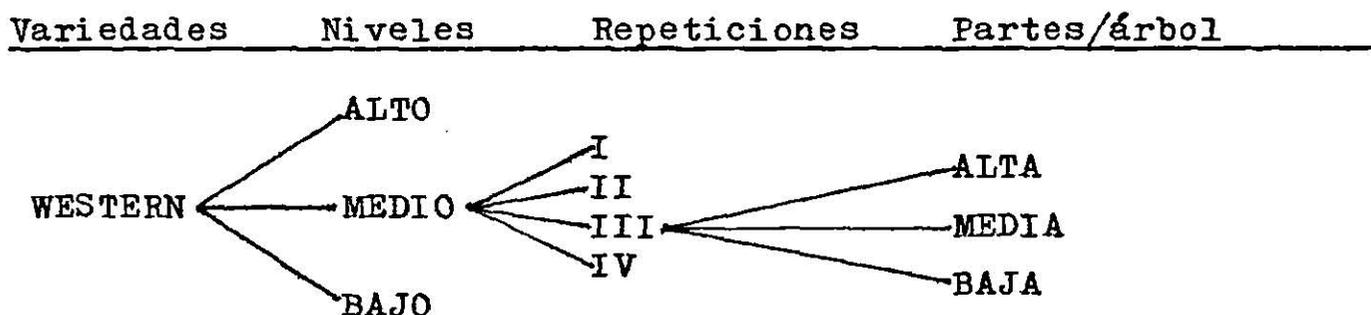
Se muestrearon las variedades Western Schley y Wichita. Para cada variedad se localizaron huertas con tres niveles de producción: alto, medio y bajo, contando con la asesoría de un especialista en nogal del INIA de Gral. Terán, N.L. Las de nivel bajo fueron aquellas con bajo rendimiento y síntomas de deficiencia muy evidentes, las huertas con niveles medios fueron aquellas con síntomas de deficiencia no muy claros, o --

que por causas de manejo la producción sea intermedia. En este caso está la huerta "El Encinal" para ambas variedades.

Las huertas con rendimientos altos fueron las que no presentan síntomas de deficiencia de ninguno de los elementos esenciales considerándose además las prácticas de manejo, preferentemente la fertilización. En este nivel se encuentra la huerta "Hermanos San Eduardo" también para las dos variedades.

En cada huerta se seleccionaron cuatro árboles de cada variedad representativos del nivel en que se encuentra la huerta. En cada árbol seleccionado se tomaron hojas de tres partes diferentes: parte alta, parte media y parte baja; esto para tomar en cuenta la movilidad de los elementos.

En el diagrama siguiente se representan los puntos anteriores:



WICHITA

El muestreo se realizó de la siguiente manera: Se tomaron hojas compuestas de la parte media de los brotes del año a todo el alrededor del árbol en las partes exteriores, y posteriormente se cortaron los folíolos de la parte media de la hoja compuesta buscando tener un mínimo de 50 folíolos. Final-

mente se colocaron en una bolsa de papel en que se anotaron - todos los datos requeridos del árbol (variedad, repetición, - huerta a la que pertenece y la parte del árbol de que se toma ron). Esto se realizó en todos los árboles muestreados y en - las tres partes de cada árbol.

Una vez obtenidas las hojas, se lavaron con jabón neutro y se enjuagaron en agua destilada, poniéndose a secar poste- riormente en el cuarto de secado a 70°C por dos días. Final- mente se molieron y se tamizaron los folíolos en un crisol a mano buscando obtener partículas lo más finas posibles, las - cuales se guardaron en bolsas de papel debidamente identifica- das para su posterior análisis.

En cuanto al muestreo de suelos, se utilizó una barrena de caja para extraer una muestra de aproximadamente dos kilos a una profundidad de 20 a 50 cm dentro del área de goteo de - cada uno de los árboles seleccionados. Estas muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno anotándose la variedad, re- petición y huerta a la que pertenecía el árbol muestreado. - Posteriormente se puso a secar el suelo a la sombra pasándose luego por un tamíz del número 20; el suelo obtenido se volvió a guardar en bolsas de polietileno para su análisis.

3.3. Métodos de análisis de hojas y suelos

Se realizaron las determinaciones de los elementos Fós- foro (P), Potasio (K), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Fierro - (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Manganeso (Mn) mediante los si- guientes métodos de análisis:

Primeramente se describe la preparación de las soluciones que fueron utilizadas en el análisis.

MOLIBDATO DE AMONIO - VANADATO DE AMONIO

Disolver 22.5 gr de $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Molibdato de amonio) en 400 ml de agua destilada. Por otra parte, disolver 1.25 gr de $\text{NH}_4 \text{VO}_3$ (Meta - Vanadato de Amonio) en 300 ml de agua hirviendo, y entonces agregarle la solución anterior. Dejar enfriar a la temperatura ambiente, agregar 250 ml de HNO_3 (Acido Nítrico) concentrado y diluír a 1 lt con agua destilada.

SOLUCION EXTRACTORA MODIFICADA DE NaHCO_3

0.5 N NaHCO_3 , 0.01 M EDTA con 0.5 gr de Superfloc 127 por 10 litros.

Preparación:

- a) Disolver 420 gr de NaHCO_3 en agua destilada.
- b) Disolver 37.2 gr de EDTA, sal disódica ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en agua destilada.
- c) Disolver 0.5 gr de Superfloc 127 en 200 a 400 ml de agua destilada.

Mezclar las tres soluciones con agua destilada y llevar a volúmen de 10 lt. Ajustar el pH a 8.5 con NaOH y luego guardar la solución en un frasco de polietileno.

Esta preparación, llamada "Solución de Olsen Modificada", no requiere de refrigeración.

Además de esta solución, en la determinación del fósforo

del suelo se requieren de las siguientes preparaciones:

SOLUCION CONCENTRADA DE CLORURO ESTANOSO

Disolver 3 gr de Cloruro Estanoso en 10 ml de ácido clorhídrico concentrado. Calentar levemente si fuera necesario. Diluir con agua destilada a un volumen de 100 ml y mantenerla en un frasco ámbar, herméticamente cerrado y en el refrigerador.

Solución diluída de Cloruro Estanoso

El día que se va a usar, diluir 5 ml de la solución concentrada a un volumen de 1 lt con una solución conteniendo 1 gr de gelatina, libre de fósforo, por litro.

SOLUCION CONCENTRADA DE MOLIBDATO DE AMONIO

1. Disolver 25 gr de Molibdato de Amonio en aproximadamente 200 ml de agua destilada.
2. Agregar 275 ml de Acido Sulfúrico concentrado a aproximadamente 400 ml de agua destilada.
3. Cuando las soluciones 1 y 2 se han preparado, mezclarlas y diluir a un volumen de 1 lt. Colocar en un frasco herméticamente cerrado y en el refrigerador.

Solución diluída de Molibdato de Amonio

El día que se va a usar, diluir 100 ml de la solución concentrada a un volumen de 1 lt.

En seguida se describen los métodos de análisis.

3.3.1. Análisis de la concentración de elementos en hojas.

3.3.1.1. Determinación de fósforo. Método del Amarillo de Vanadato-Molibdato.

Pesar 0.5 gr de muestra seca y posteriormente se quema a una temperatura de 400°C hasta obtener ceniza gris. Enfriar la muestra y agregar 5 ml de ácido nítrico 1 N y evaporar hasta sequedad en una plancha caliente y bajo ventilación. Colocar de nuevo la muestra a 400°C durante 15 minutos hasta obtener ceniza blancas o grises; enfriar la muestra y adicionar 10 ml de ácido clorhídrico 1 N y filtrar en un matraz de 50 ml, agregar otros 10 ml de ácido clorhídrico 1 N y aforar al volúmen. Transferir una alícuota que contenga de 0.1 a 1.0 mg de fósforo a un matraz volumétrico de 50 ml. Añadir 10 ml del reactivo de molibdato de amonio-vanadato de amonio (pte.3.3), y aforar al volúmen agitando. Al cabo de 30 minutos leer la densidad de color en una longitud de onda de 450 mm en el Fotocolorímetro.

Determinese el fósforo, con una curva preparada a partir de estándares.

3.3.1.2. Determinación de K, Mg, Ca, Fe, Zn, Cu y Mn. Método de Digestión en Seco (Incineración).

Pesar 1.00 \pm 0.05 gr de muestra seca y colocar en un crisol y en un horno (estufa-mufla) a 475 - 500°C por 2 a 4 horas para obtener cenizas. Enfriar y disolver la ceniza en 5 ml de ácido clorhídrico al 20% (2N), calentando la solución. Filtrar por entre un papel filtro humedecido en ácido a un -

frasco volumétrico de 50 ml y aforar al volúmen. Esta solución es leída para cada elemento por separado en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Los parámetros del aparato se dan en el manual del mismo. Para K, Ca y Mg tomar una alícuota de 2 ml y agregar 18 ml de agua desionizada.

Determinése la concentración de cada elemento a partir de la curva preparada con los estándares recomendados.

Los resultados de los análisis foliares están expresados en ppm/gr de materia seca.

3.3.2. Análisis de la concentración de elementos en el suelo

3.3.2.1. Procedimiento de Extracción. Colocar 2.5 gr de suelo y 25 ml de la solución extractora (3.3.) y un poco de carbón activado en un frasco de reactivos y agitar a una velocidad lenta durante 10 minutos. Filtrar usando un papel filtro poroso (Watman No. 1 o un papel de calidad similar). Este filtro es el que será usado en las determinaciones.

3.3.2.2. Determinación de fósforo. Tomar una alícuota de 2 ml del filtrado (3.3.1.1.) y agregar 8 ml de solución diluída de cloruro estanoico (3.3.) y 10 ml de solución diluída de molibdato de amonio (3.3.). Dejar reposar durante 10 minutos o más para el desarrollo del color y leer la densidad del color en el fotocolorímetro a 660 ó 680 nm.

Determinar la concentración del fósforo con una curva preparada a partir de los estándares recomendados.

3.3.2.3. Determinación de potasio. Del filtrado (3.3.1.1.) tomar una alícuota de 2 ml y agregar 18 ml de agua desionizada. El potasio se determina utilizando el Espectrofotómetro de -- Absorción Atómica.

Determinar la concentración del potasio con una curva -- preparada a partir de los estándares recomendados.

3.3.2.4. Determinación de Cu, Fe, Mn, Zn, Ca y Mg. Estos elementos pueden determinarse directamente del filtrado (3.3.1.1.) utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Determinar la concentración para estos elementos a partir de la curva preparada para cada elemento con los estándares recomendados.

Los resultados de los análisis de suelos están expresados en ppm/gr de suelo seco.

3.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el Diseño de -- Tres Vías de Clasificación con Interacción, cuyo modelo es:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + H_j + P_k + (VH)_{ij} + (VP)_{ij} + (HP)_{jk} + (VHP)_{ijk} + E_{ijkl} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación $ijkl$ -ésima de la variable bajo estudio

μ = Media general

V_i = Efecto de la i -ésima variedad

- H_j = Efecto de la j -ésima huerta
 P_k = Efecto de la k -ésima parte del árbol
 $(VH)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima variedad con la j -ésima huerta
 $(VP)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima variedad en la j -ésima parte del árbol
 $(HP)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre la j -ésima parte del árbol en la k -ésima huerta
 $(VHP)_{ijk}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima variedad con la j -ésima huerta, con la k -ésima parte del árbol
 E_{ijkl} = Error experimental asociado a la ijk -ésima observación

$$i = 1, 2$$

$$j = 1, 2, 3$$

$$k = 1, 2, 3$$

$$l = 1, 2, 3, 4$$

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

Para ello se crearon 19 variables que fueron las siguientes:

	X_{10} = Manganeso de hojas
X_{01} = Variedad	X_{11} = Calcio de hojas
X_{02} = Huerta	X_{12} = Fósforo de hojas
X_{03} = Parte del árbol	X_{13} = Magnesio del suelo
X_{04} = Arbol (Repetición)	X_{14} = Hierro del suelo
X_{05} = Potasio de hojas	X_{15} = Zinc de suelo
X_{06} = Magnesio de hojas	X_{16} = Manganeso de suelo
X_{07} = Hierro de hojas	X_{17} = Potasio de suelo
X_{08} = Cobre de hojas	X_{18} = Calcio del suelo
X_{09} = Zinc de hojas	X_{19} = Fósforo de suelo

Así mismo se establecieron correlaciones y regresiones lineales, múltiples y simples, de cada variable con todas las demás. Debido a que existió una diferencia en el número de muestras (se obtuvieron tres muestras de cada árbol por una de suelo) fué necesaria la obtención de medias de las variables X05 a X12 para el caso.

La comparación de medias se realizó por el método de Tuckey con un nivel de significancia de 0.05.

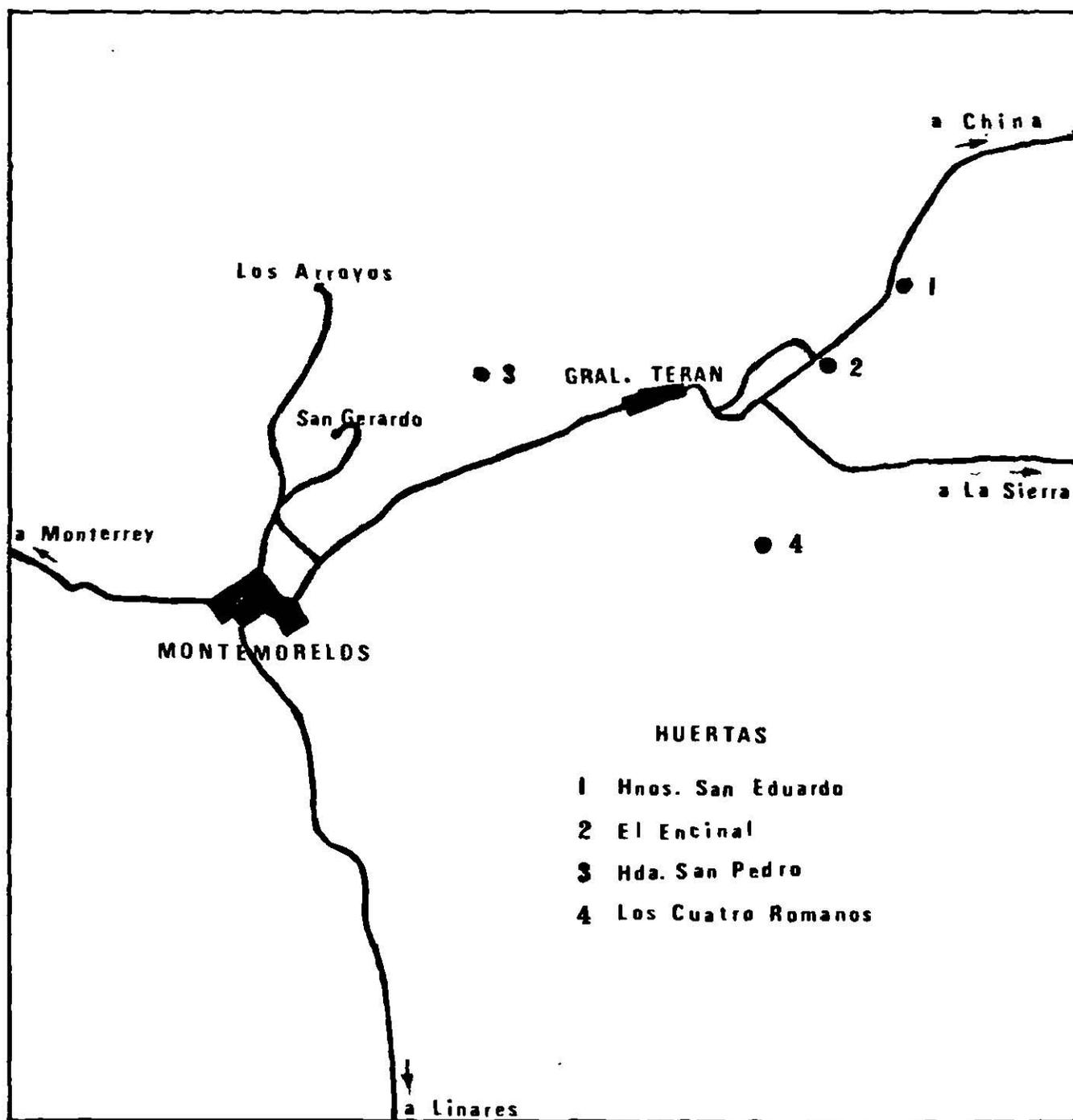


FIG. 3. MAPA DE GENERAL TERAN QUE MUESTRA LA LOCALIZACION DE LAS HUERTAS EN QUE SE ESTABLECIERON LOS EXPERIMENTOS.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Comparación entre partes del árbol muestreadas

No se encontró diferencia significativa en los niveles de concentración de K, Fe, Cu y Mn para las diferentes partes analizadas del árbol. Para Ca, Mg y Zn sí existió diferencia; en cuanto al fósforo, su comportamiento fué muy variable (ver tabla 7).

Para el caso de Ca y Mg su concentración disminuyó con la altura (observándose mayor concentración en las partes bajas del árbol, como se aprecia en la figura 4). El caso de Zn fué más complejo; la interacción significativa indica que el comportamiento de este elemento varió dependiendo de la huerta, no obstante, existió la tendencia de una mayor concentración en las partes bajas.

Estos efectos no están relacionados con el movimiento de algunos elementos de las hojas más viejas a las más nuevas para sustituir deficiencias, puesto que solo se dá a nivel de brotes de nogal, y no entre ellos.

4.2. Comparación entre huertas de nogal

Como puede observarse en la tabla 7 , para todos los elementos en las hojas se encontró diferencia altamente significativa entre las huertas. Esto significa que la concentración para cada elemento varió entre las huertas de manera significativa, y es consecuencia directa de la selección realizada -

Tabla 7. Presentación de los resultados del ANVA para las concentraciones donde se muestra la significancia de los factores bajo estudio y sus interacciones, así como los coeficientes de variación.

ELEMENTO	VARIEDAD			HUERTA			PARTE			V x H x P			V x H x P			COEFICIENTE DE VARIACION (%)
	(V)	(H)	(P)	(H)	(P)	(P)	(H)	(P)	(H)	(P)	(H)	(P)	(H)	(P)		
FOSFORO	+	+	+	+	+	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	NS	31.9	
POTASIO	++	++	NS	++	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2.2	
MAGNESIO	NS	++	+	++	+	++	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	16.9	
CALCIO	NS	++	+	++	+	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	28.6	
FIERRO	NS	++	NS	++	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	52.9	
ZINC	NS	++	++	++	++	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	46.9	
MANGANESO	++	++	NS	++	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	31.5	
COBRE	NS	++	NS	++	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	34.1	

FOSFORO	NS	NS	--	NS	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	44.2	
POTASIO	NS	++	--	++	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	47.8	
MAGNESIO	NS	++	--	++	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	7.8	
CALCIO	++	NS	--	NS	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2.9	
FIERRO	NS	NS	--	NS	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	26.3	
ZINC	NS	NS	--	NS	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	54.6	
MANGANESO	NS	NS	--	NS	--	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	5.1	

(++) Altamente Significativo (+) Significativo (NS) No Significativo

FIG. 4 Porcentaje de calcio y magnesio acumulado a diferentes alturas del árbol.

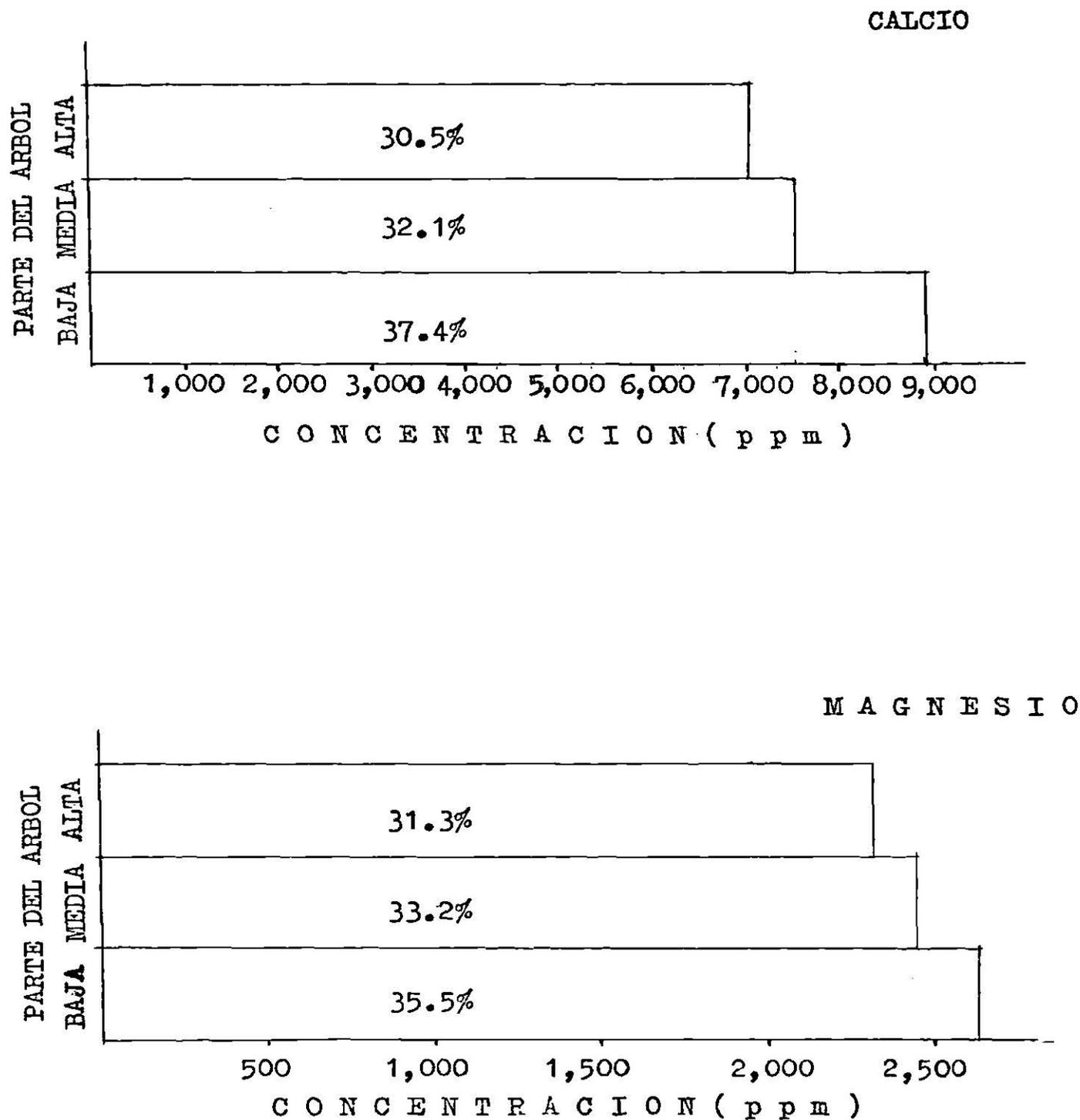


Tabla 8. Presentación de las medias de todas las variables estudiadas para - cada uno de los niveles de los factores bajo consideración así como las interacciones*, y resumen de los resultados de la prueba de Tukey para las variables que resultaron significativas. Medias en ppm.

ELEMENTO	HUERTA		1	2	3	\bar{X}
	VARIEDAD					
FOSFORO HOJAS	Western		1302.6	0960.3	0937.7	1066.9 (b)
	Wichita		1354.4	1278.7	1196.1	1276.4 (a)
	\bar{X}		1328.5 (a)	1119.5 (a)	1066.9 (b)	1171.6
POTASIO HOJAS	Western		4835.4	4599.3	3023.1	4152.6 (b)
	Wichita		4963.6	5471.0	3910.3	4781.6 (a)
	\bar{X}		4899.5 (a)	5035.2 (b)	3466.7 (b)	4467.1
CALCIO HOJAS	Western		5531.3	12331.4	7242.6	8368.4 (a)
	Wichita		7696.1	11948.7	9183.8	9276.2 (a)
	\bar{X}		6613.7 (b)	12140.0 (a)	7713.2 (b)	8822.3
MAGNESIO HOJAS	Western		1842.1(a,b)	2049.6(a,b)	3600.6(b,a)	2497.4 (a)
	Wichita		1588.8(a,b)	1568.6(b,b)	4117.5(a,a)	2425.0 (a)
	\bar{X}		1715.4 (b)	1809.1 (b)	3859.1 (a)	2461.2
FIERRO HOJAS	Western		271.68	110.83	120.36	167.62 (a)
	Wichita		323.89	111.83	125.44	187.05 (a)
	\bar{X}		297.79 (a)	111.33 (b)	122.90 (b)	177.34
ZINC HOJAS	Western		56.36	49.06	18.69	41.37 (a)
	Wichita		59.81	44.01	06.55	36.79 (a)
	\bar{X}		58.08	46.54 (a)	12.62 (b)	39.08
MANGANESEO HOJAS	Western		38.89(a,a)	43.17(a,a)	36.70(b,a)	39.59 (b)
	Wichita		43.52(a,b)	45.90(a,b)	122.47(a,a)	70.63 (a)
	\bar{X}		41.20 (b)	44.54 (b)	79.54 (a)	55.11
COBRE HOJAS	Western		17.68	31.35	23.30	24.11 (a)
	Wichita		16.47	23.52	24.45	21.48 (a)
	\bar{X}		17.07 (b)	27.43 (a)	23.88 (a)	22.79
FOSFORO SUELO	Western		17.99(a,ab)	11.42(b,b)	33.47(a,a)	20.96 (a)
	Wichita		24.05(a,a)	25.91(a,a)	11.69(b,a)	20.55 (a)
	\bar{X}		21.02 (a)	18.66 (a)	22.58 (a)	20.75

Tabla 8. (Continúa)

ELEMENTO	HUERTA		1	2	3	\bar{X}
	VARIEDAD					
POTASIO	Western		197.95(a,a)	041.35(a,b)	81.62(a,b)	106.98 (a)
SUELO	Wichita		162.51(a,a)	159.25(b,a)	76.04(a,a)	132.60 (a)
	\bar{X}		180.23 (a)	100.30 (b)	78.83 (b)	119.79
CALCIO	Western		762.63	788.4	767.77	772.93 (a)
SUELO	Wichita		731.83	747.23	739.53	739.53 (b)
	\bar{X}		747.23 (a)	767.82 (a)	753.65 (a)	756.23
MAGNESIO	Western		137.79	094.67	125.91	119.46 (a)
SUELO	Wichita		131.19	099.51	134.27	121.66 (a)
	\bar{X}		134.49 (a)	097.09 (b)	130.09 (a)	120.56
PIERRO	Western		31.41	25.47	29.93	28.94 (a)
SUELO	Wichita		33.39	34.38	36.35	34.70 (a)
	\bar{X}		32.40 (a)	29.92 (a)	33.14 (a)	31.82
ZINC	Western		7.34	4.37	10.13	7.28 (a)
SUELO	Wichita		8.92	5.67	5.10	6.56 (a)
	\bar{X}		8.13 (a)	5.02 (a)	7.62 (a)	6.92

ELEMENTO	HUERTA		1	2	3	\bar{X}
	PARTE					
FOSFORO HOJAS	Alta		1246.8(ab,a)	0714.7(a,b)	1217.4(a,a)	1059.6 (b)
	Media		1143.0(b,ab)	1406.6(b,a)	0848.2(a,b)	1132.6 (a)
	Baja		1595.6(a,a)	1237.2(a,ab)	1135.1(a,b)	1322.6 (a)
	\bar{X}		1328.5 (a)	1119.5 (a)	1066.0 (b)	1171.6
POTASIO HOJAS	Alta		4991.8	4722.8	5178.5	4406.7 (a)
	Media		4528.2	4796.9	5585.9	4251.0 (a)
	Baja		5178.5	3427.8	3466.7	4743.7 (a)
	\bar{X}		4899.5 (a)	5035.2 (a)	3466.7 (b)	4467.1
CALCIO HOJAS	Alta		6096.0	11239.3	6891.8	8075.7 (b)
	Media		6596.5	11435.3	7456.5	8496.1 (ab)
	Baja		7148.4	13745.5	8791.3	9895.1 (a)
	\bar{X}		6613.7 (b)	12140.0 (a)	7713.2 (b)	8822.3
MAGNESIO HOJAS	Alta		1537.6	1645.9	3754.6	2312.7 (b)
	Media		1598.2	1851.7	3897.5	2449.1 (ab)
	Baja		2010.6	1929.8	3925.1	2621.8 (a)
	\bar{X}		1715.4 (b)	1809.1 (b)	3859.1 (a)	2461.2

Tabla 8. (Continúa)

ELEMENTO	HUERTA		1	2	3	\bar{X}
	PARTE					
PIERRO HOJAS	Alta		293.06	107.12	119.72	173.30 (a)
	Media		293.03	105.43	123.53	174.00 (a)
	Baja		307.27	121.44	125.44	184.72 (a)
	\bar{X}		297.79 (a)	111.33 (b)	122.90 (b)	177.34
ZINC HOJAS	Alta		40.21(b,a)	26.47(b,ab)	13.25(a,b)	26.64 (b)
	Media		79.34 (a,a)	52.48(a,b)	09.89(a,c)	47.24 (a)
	Baja		54.70(b,a)	60.66(a,a)	14.73(a,b)	43.36 (a)
	\bar{X}		58.08 (a)	46.54 (a)	12.62 (b)	39.08
MANGANESO HOJAS	Alta		40.28	44.16	43.06	55.30 (a)
	Media		40.28	46.68	42.77	54.79 (a)
	Baja		43.06	77.43	79.86	55.23 (a)
	\bar{X}		41.20 (b)	44.54 (b)	79.59 (a)	55.11
COBRE HOJAS	Alta		14.12	24.61	23.16	20.63 (a)
	Media		20.37	29.19	25.31	24.96 (a)
	Baja		16.73	28.49	23.16	22.79 (a)
	\bar{X}		17.07 (b)	27.43 (a)	23.88 (a)	22.79

+ Para el caso de las interacciones, de las dos letras que aparecen en el - paréntesis separadas por una coma, la primera indica la comparación entre las variedades o partes en cada huerta (según sea el caso), y la segunda indica la comparación entre huertas en cada variedad o parte (según sea - el caso).

en las huertas según los niveles de manejo y producción, y sólo para el caso del K también tuvo efecto la diferencia en los suelos de las huertas.

De acuerdo a la clasificación, la huerta de producción alta debe tener los mejores niveles de concentración de elementos; esto es importante pues de ella se obtuvieron los rangos de concentración óptima de los nutrientes en las hojas.

Según la comparación de medias, para P, K, Fe y Zn esta huerta tuvo los niveles más altos de concentración; para Mg, Ca y Cu el nivel fué intermedio o bajo, según se aprecia en las tablas 7 y 8. El caso de Mn es engañoso, pues las mayores concentraciones se dieron en la huerta de menor producción, pero si se elimina el efecto de la variedad Wichita, se observa que no existió diferencia estadística entre las huertas en cuanto a la concentración de Mn.

En el Anexo se puede observar que en la huerta de menor producción la variedad Wichita tiene ocho años de establecida con los árboles iniciándose apenas en la producción, por lo que es probable que ésta sea la causa de que este elemento, encontrado en concentraciones muy bajas en el suelo, alcance niveles de concentración tan altos en estos árboles, estableciendo una diferencia no sólo para el Mn, sino también para K y Mg.

4.3. Comparación entre variedades

Esencialmente sólo se pueden establecer comparaciones entre las variedades Western y Wichita en las huertas de produc

Tabla 9. Variedad, diámetro, edad y altura de los árboles -
muestreados.

HUERTA	REPETICION	VARIEDAD	DIAMETRO (cm)	EDAD (años)	ALTURA (m)
Hnos. Sn. Eduardo	1	Western	31	23	10
"	2	"	32.5	23	10
"	3	"	30.5	23	10
"	4	"	30	23	10
"	1	Wichita	38	23	10
"	2	"	50	23	13
"	3	"	40	23	13
"	4	"	40.5	23	13
El Encinal	1	Wichita ⁺	23	21	10
"	2	"	22.5	21	10
"	3	"	27	21	8
"	4	"	29.5	21	8
"	1	Western	34	23	12
"	2	"	28	23	12
"	3	"	28.5	23	12
"	4	"	25	23	12
Hacienda San Pedro	1	Western	30	14	10
"	2	"	30.5	14	10
"	3	"	29	14	10
"	4	"	32	14	10
Los Cuatro Romanos	1	Wichita	18.5	8	6
"	2	"	17.5	8	6
"	3	"	17	8	6
"	4	"	18	8	6

ción alta y media, puesto que en la deproducción baja las variedades se encuentran bastante retiradas entre sí.

Existió diferencia estadística entre las variedades para los elementos P, K, Mg y Mn. Aunque la comparación de medias en las hojas indicó que la variedad Wichita tuvo mayor concentración de K en las hojas que la Western, la comparación de medias en el suelo indicó que ésta diferencia se debe principalmente a que el K existe en mayores cantidades en los suelos en que se encuentra la variedad Wichita.

Para Mn, la diferencia se originó en la huerta de menor producción en la que, como se indicó, no se pueden comparar las variedades.

Sólo para el Mg se encontró evidencia de que la variedad Western tiene concentraciones un poco más altas de este elemento que la Wichita, y para fósforo, ésta tiene concentraciones más altas que la Western

4.4. Interacciones entre los elementos

Las relaciones de los nutrientes, tanto en el suelo como en las plantas, es muy variable y compleja. Esto origina que muchas de las deficiencias sean "inducidas", es decir, que se originan no por la baja concentración de ese elemento en el sustrato, sino porque su aprovechamiento está restringido por otro u otros elementos. Este efecto conocido como "interacción" puede identificarse y cuantificarse mediante el establecimiento de correlaciones y regresiones entre los elementos que se cree interactúan.

En el presente trabajo se establecieron correlaciones en

tre todos los elementos evaluados a nivel de hojas y suelos, con las que se pudieron descubrir o confirmar algunas interacciones, como se describe enseguida.

El Fósforo es un nutriente que se interacciona poco con los demás. La correlación positiva de P con Ca en la huerta - que presentó los niveles más bajos del primero, confirmó la observación de que árboles deficientes en P lo son por lo general también de Ca; esta misma relación existió con Ca del suelo. En la misma huerta se presentó una correlación negativa de P con Mg, un elemento ligeramente antagónico con Ca.

Según varios autores, las prácticas culturales y prácticas de abonado también tienen influencia sobre el contenido de fósforo en la planta; si se considera la huerta que presenta un manejo más eficiente, se encontró una correlación positiva altamente significativa entre P del suelo y planta, cosa que no se encontró en las restantes dos huertas.

Generalmente es reconocido el antagonismo que presentan K y Mg de la planta y que algunas veces origina una deficiencia de Mg inducida por el K; esto se corroboró con la correlación positiva altamente significativa y que puede explicarse de la siguiente manera: Aunque existe una relación directa entre K y Mg del suelo, por las proporciones existentes, el K desplaza del complejo coloidal al Mg interviniendo después la absorción diferencial de la planta la cual toma más K sobre todo cuando la relación K/Mg es alta. Esta relación se expresó también entre K del suelo y Mg de la planta.

El Calcio del suelo en forma de cal es antagónico al K, de manera que un exeso de cal puede inducir una deficiencia -

de K (10). Esta relación negativa fué lo que se encontró entre K y Ca del suelo, pero a nivel de hojas la relación fué directa y significativa.

También se encontró que el K y Mg del suelo están relacionados de manera significativa, así como el K del suelo y hojas.

Generalmente se reconoce un antagonismo entre el Ca y Mg tanto en el suelo como en las hojas, según trabajos realizados principalmente en cítricos (10). De acuerdo a las correlaciones obtenidas se confirmó este antagonismo en todos los sentidos: Mg de hojas contra Ca de hojas y suelo, y Mg de suelo contra Ca de hojas y suelo, siendo altamente significativos los últimos dos casos.

En experimentos realizados también sobre cítricos, se encontró que el Ca del suelo está relacionado negativamente con la absorción de Cu, Zn, Fe y Mn, encontrándose además que el Ca tiene un efecto aditivo en el desarrollo de la clorosis férrica (10). En el caso del nogal pecanero, las correlaciones confirmaron este comportamiento para Zn, Mn y Fe de hojas; - por el contrario, el Cu está relacionado con el Ca de manera directa y altamente significativa.

Para algunos cultivos, se ha demostrado que existe una relación en cuanto se refiere a los procesos de absorción del Mg con el Zn y Mn, destacándose el hecho de que aplicaciones de Zn al suelo aumentan la absorción de Mg. En las correlaciones obtenidas se confirmó esta relación para Mg y Mn, pero - fué contraria para el caso de Zn (correlación negativa) que - pudo haberse originado por las aplicaciones foliares de Zn co

munos en las huertas de nogal.

Existió una correlación negativa entre P y Zn en la única huerta en que no se hacen aplicaciones foliares de Zn. Esto apoya la idea de que el exeso de P induce la falta de Zn - (10).

Una correlación positiva entre Fe y K nos induce a confirmar, para el nogal, la observación hecha en cítricos de que una deficiencia de K induce la clorosis férrica (10). También se sabe que la deficiencia de fierro puede ser causada por un alto contenido de P en el suelo (el fósforo fija al fierro) por lo que sería de esperar una correlación negativa; sin embargo, dicha relación no se encontró. Esto puede explicarse por el hecho de que en suelos alcalinos de la zona de Terán la mayor parte del P es precipitado por el Carbonato de Calcio, además de que la unión Fe-P es desbaratada por la solución de Olsen utilizada en el análisis de estos dos elementos (4).

Finalmente se encontró una alta correlación negativa entre Mn del suelo y Cu de las hojas, lo que nos hace pensar - que el Mn interfiere en la absorción del Cu por parte del nogal.

Según se aprecia en la tabla 11, linealmente no existe relación entre cada uno de los elementos del suelo y su homólogo en las hojas. Con la ecuación de regresión lineal, la proporción en que el elemento del suelo explica la variación del mismo elemento en las hojas es prácticamente nula en todos los casos (R^2). No obstante, el comportamiento de algunos elementos en las hojas es explicado en gran medida por asociaciones de elementos del suelo, o bien por un elemento diferente

al de las hojas, que puede explicarse por la influencia que - tienen ciertos elementos en la absorción de otros.

Este es el caso de las tres principales relaciones encontradas (tabla 11). Es interesante observar que el K y Mg del suelo juntos, interfieren en el K y Mg de las hojas del nogal. Interpretando las dos ecuaciones de regresión lineal múltiple al mismo tiempo, podemos observar lo siguiente: Por cada ppm que aumenta el K en el suelo, la concentración de K en las hojas aumenta 8.51 ppm, mientras que el Mg de las hojas disminuye 9.67 ppm (manteniendo fija la concentración de Mg en el - suelo). Por el contrario, por cada ppm que aumenta el Mg del suelo, en las hojas el K disminuye 32.17 ppm, en tanto que el Mg aumenta en 34.41 ppm (manteniendo fija la concentración de K en el suelo). Estas relaciones no hacen más que confirmar - que el K y Mg están relacionados inversamente.

La tercera ecuación de importancia relaciona Ca de hojas con Mg del suelo, y nos indica que por cada ppm que aumente - el segundo, el primero disminuye en 118.14 ppm. Todo esto dentro del rango de las concentraciones manejadas de K, Mg y Ca.

Eran de esperar correlaciones positivas y significativas entre la concentración en hojas y suelo de cada uno de los elementos (a excepción de dos: el Zinc que se aplica al follaje durante la fertilización, y el Cobre, del que no se pudo realizar el análisis de suelo); sin embargo sólo se presentaron para P, K y Mg y no fué significativa para Ca, Fe y Mn. Resultados similares se han encontrado en experimentos sobre manzana (2).

Esto es comprensible a la luz de trabajos relativamente recientes sobre el coeficiente de actividad de los cationes -

Tabla 10. Coeficientes de Correlación (r) por huerta y general entre los elementos nutrientes de las hojas y el suelo.

VARIABLES	COEFICIENTES DE CORRELACION			
	H U E R T A S			GENERAL
	1	2	3	
K _h con Mg _h	-0.034 (NS)	0.581 (NS)	-0.121 (NS)	-0.654 (+++)
K _h Fe _h	0.627 (+)	-0.322 (NS)	0.053 (NS)	0.336 (+)
K _h Ca _h	0.261 (NS)	0.287 (NS)	0.677 (+)	0.391 (+)
K _h Mg _s	-0.622 (NS)	0.252 (NS)	-0.202 (NS)	-0.362 (+)
K _h K _s	-0.003 (NS)	0.457 (NS)	0.435 (NS)	0.408 (+)
K _s Mg _h	0.238 (NS)	-0.520 (NS)	-0.220 (NS)	-0.438 (+)
K _s Mg _s	0.668 (+)	0.734 (+)	-0.375 (NS)	0.411 (+)
K _s Ca _s	0.204 (NS)	-0.889 (++)	0.402 (NS)	-0.389 (+)
K _s Fe _h	0.446 (NS)	0.424 (NS)	-0.683 (+)	0.594 (+++)
Mg _h Mn _h	-0.267 (NS)	0.235 (NS)	-0.489 (NS)	0.590 (+++)
Mg _h Mg _s	0.359 (NS)	0.021 (NS)	0.269 (NS)	0.337 (+)
Mg _h P _s	-0.186 (NS)	-0.601 (+)	-0.835 (++)	-0.097 (NS)
Mg _s Ca _h	-0.148 (NS)	-0.198 (NS)	-0.126 (NS)	-0.761 (+++)
Mg _s Ca _s	0.142 (NS)	-0.329 (NS)	-0.327 (NS)	-0.453 (+)
P _h Mn _s	-0.077 (NS)	0.714 (+)	0.071 (NS)	0.470 (+)
P _h P _s	0.817 (++)	0.714 (NS)	-0.544 (NS)	-0.044 (NS)
P _h Zn _s	0.156 (NS)	0.372 (NS)	-0.661 (+)	0.274 (NS)
P _h Ca _s	-0.315 (NS)	-0.659 (+)	-0.524 (NS)	-0.440 (+)
Ca _h Cu _h	0.103 (NS)	0.340 (NS)	-0.012 (NS)	0.535 (++)
Ca _s Mn _s	-0.072 (NS)	-0.716 (+)	-0.509 (NS)	-0.415 (+)

(NS) No Significativo

(+) Significativo a un nivel de 5%

(++) Significativo a un nivel de 1%

(+++)

h = hoja

s = suelo

Tabla 11. Coeficientes de Correlación (r) entre el contenido de elementos en las hojas y el suelo, así como la ecuación de regresión lineal que representa dicha relación, y (R²).

ELEMENTO EN HOJAS	ELEMENTO(S) EN EL SUELO	(r)	ECUACION DE REGRESION	R ²
P	P	-0.04405		0.0019
K	K	0.4076		0.1661
Mg	Mg	0.33697		0.1136
Ca	Ca	0.18281		0.0334
Fe	Fe	0.03623		0.0013
Mn	Mn	-0.08030		0.0065
K	K + Mg		7325.725 + 8.512496 K -32.17035 Mg	50.37
Mg	K + Mg		-528.4209 - 9.668550K +34.40576 Mg	51.33
Cu	Mn + Mg		77.19534 - 3.066608 Mn -0.1019441 Mg	26.91
Ca	Mg	-0.76086	23064.64 - 118.1396Mg	58.04
Fe	K	0.59390	74.31349 + 0.860050 K	35.27
P	Mn	0.47444	-3460.568 + 345.7783Mn	22.51

en el suelo (soil cation activity ratios) mencionados por - - Bould (1).

La influencia que tienen sobre la composición de nutrientes en las hojas, la actividad de los cationes en el suelo e interacciones entre los elementos anteriormente descritas, además de las deficiencias de los métodos de análisis que no toman en cuenta el volúmen del suelo explorado por las raíces, pueden ser el origen de la baja relación de los nutrientes de la planta y el suelo, principalmente para los elementos menores, según indica Chapman (4).

La información anterior sugiere que la utilidad de las correlaciones y regresiones lineales para proyectar predicciones de cantidades de fertilizante requeridas para elevar la concentración interna de nutrientes de las hojas a un nivel determinado, es limitada.

4.5. Obtención de los rangos de concentración recomendables

La presencia de la alternancia o vecería anteriormente descrita, durante el desarrollo del presente experimento, y la respuesta diferencial en cuanto a producción de las variedades Western y Wichita, fué el principal motivo de que las correlaciones entre el contenido de nutrientes en las hojas, y la producción obtenida en una de las huertas tendiera a ser cero, lo que es motivo para eliminar la producción como pauta a seguir para obtener las concentraciones recomendables de nutrientes en las hojas.

Por este motivo, se escogió la huerta de mejor manejo y mayor producción a través de varios años en la región de Gene

ral Terán, que además no presentó ningún síntoma de deficiencias en las hojas, como fuente para obtener dichas concentraciones, de acuerdo al criterio seguido por Ulrich y Kenworthy (2, 17).

Esta selección se realizó bajo la asesoría del personal de la Oficina del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Gral. Terán, N.L.

Se elaboraron tablas de concentraciones de los elementos obtenidas para esta huerta, y la frecuencia con que se presentan, obteniéndose siempre una tendencia a una curva parabólica. Se obtuvieron los rangos a ambos lados del punto más alto de la curva de acuerdo al comportamiento de las frecuencias.

De acuerdo a otros trabajos similares realizados principalmente en Estados Unidos, sólo los rangos de Mg y Mn se encuentran por debajo de los rangos obtenidos en dichos trabajos (2, 7, 16, 24).

No se observaron síntomas visuales de deficiencia de Mg; desgraciadamente los síntomas de esta carencia, en general, no se hacen visibles hasta que ya es crítica, de forma que -- cuando se pueden observar los síntomas en el árbol, ya se han estado produciendo pérdidas por espacio de varios años (10). Esto pone en duda los rangos obtenidos en Mg de manera que no pueden ser sujeto de recomendación.

Tampoco se presentaron síntomas de deficiencia de Mn, -- los cuales son fácilmente identificables. El Mn es más asimilable a pH ácido, por lo que es comprensible que sus niveles en los nogales de las regiones alcalinas de Gral. Terán serían menores a las obtenidas en Estados Unidos, aunque depen-

dería de la región. El Mn es el único elemento que puede acumularse en los tejidos de la planta en cantidades mucho mayores que las necesarias para su crecimiento óptimo (23).

Así, los rangos de concentración recomendables encontrados para el nogal pecanero en la región de General Terán, Nuevo León, son los siguientes:

P (%)	K (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
0.11-0.16	0.44-0.6	0.6-0.95	280-380	45-65	36-47	10-23

Por ser éste el primer trabajo de su tipo realizado en - Nuevo León, todos los resultados aquí obtenidos quedan sujetos a modificación o confirmación por trabajos posteriores.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El Calcio, Magnesio y Zinc presentan las mayores concentraciones en las partes bajas del árbol.
2. La distribución del Fósforo, Potasio, Fierro, Cobre y Manganeso es uniforme a lo largo del árbol.
3. La variedad Western Schley tiene concentraciones ligeramente más altas de Magnesio y más bajas de Fósforo que la variedad Wichita. Entre las dos variedades, la concentración de Potasio, Calcio, Fierro, Zinc, Manganeso y Cobre es similar.
4. La interacción existente entre todos los elementos nutrientes es la principal causa de que no exista relación lineal entre cada uno de los elementos del suelo y su homólogo en las hojas.
5. La utilidad de las ecuaciones de regresión lineal para proyectar cantidades de fertilizante requeridas, está limitada a la obtención de coeficientes de correlación altos para el elemento en cuestión.
6. Los rangos de concentración recomendables de los elementos nutrientes en el nogal pecanero, para la región de General Terán, Nuevo León, son los siguientes:

P	K	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
0.11-0.16	0.44-0.6	0.6-0.95	280-380	45-65	36-47	10-23

5.2. Recomendaciones

En base a las observaciones realizadas se recomienda:

1. Realizar el muestreo de hojas y suelos en las huertas en una sola etapa para evitar diferencias por efecto del tiempo. Así mismo, preparar con anterioridad todo el material a utilizar en el análisis químico de las muestras.
2. Utilizar métodos matemáticos para la obtención de los rangos de concentración recomendables, relacionando el rendimiento con la concentración de los elementos en hojas y suelos a fin de obtener rangos más aceptables.
3. Probar otros tipos de relación entre el rendimiento y los elementos de hojas y suelo, además de la relación lineal, para explicar de mejor manera el comportamiento de la producción ante la concentración de los elementos en las hojas y el suelo.

6. BIBLIOGRAFIA

1. BANCROFT, T.A. 1968. Topics in Intermediate Statistical - Methods. Volume I. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.
2. BOULD, C. 1966. Leaf Analysis of Deciduos Fruits. Nutrition of Fruit Crops Tropical, Subtropical, Temperate Tree and Small Fruits. 2a. ed. New Brunswick, - N.J., Horticultural Publ., Rutgers-the State Uni- - versity.
3. BRISON, F.R. 1976. Cultivo del Nogal Pecanero. Tr. Federico Garza Flores. México, CONAFRUT.
4. CHAPMAN, H.D. y P.F. PRATT. 1973. Métodos de Análisis -- para Suelos, Plantas y Aguas. Tr. Agustín Contín. México, Trillas.
5. CIAN. 1980. Guía Técnica del Nogalero; Comarca Lagunera. Matamoros de la Laguna, Coah., SARH.
6. CNA. 1981. Ciclo de Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. Memorias Oct 20-23. Piedras Ne- gras, Coah., Confederación Nacional Agronómica.
7. CONAFRUT. 1975. Reunión de Técnicos Especialistas en No- gal y Directivos de los Productores de Nuez. Torreón Coah., SAG Serie Técnica, Folleto No. 22
8. CONAFRUT. 1975. Introducción al Cultivo del Nogal Pecane-

ro. México, CONAFRUT.

9. COUTANCEAU, M. 1971. Fruticultura; Técnica y Economía de los Cultivos de Rozaceas Leñosas Productoras de Fruta. Tr. adop. y prol. Juan Simmarro. Barcelona, Oikos-Tau Eds.
10. DEL RIVERO, J.M. 1970. Los Estados de Carencia de los Agrinos. 2a. ed., Madrid, Mundiprensa.
11. DIAZ ROMEU, R. y A. HUNTER. s.a. Muestreo de Suelos e Instrucciones en Cómo Manejar las Muestras para Enviarlas al Laboratorio del CATIE. México.
12. ELLIS, H.C. y R. HUDSON. 1983. Pecan Pest Management Handbook. The University of Georgia Collage of Agriculture. Georgia, U.S.A.
13. ENRIQUEZ REYES, S.A. 1975. Análisis de 10 Nutrientes en Muestras Tisulares Mediante Digestión Acida. 8vo. Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México.
14. GONZALEZ GARCIA, O. 1973. Estudio Agronómico del Nogal Carya illinoensis Koch, en el Estado de Michoacán. Tesis. Fac. de Agronomía. Monterrey, N.L.
15. GONZALEZ GARZA, J.D. 1980. Combate Químico de la Roña Fusicladium effusum Wint, en Nogal Pecanero en Montemorelos, N.L. Tesis. Fac. de Agronomía. Monterrey, N.L.
16. ISAAC, R.A. y J. D. KERBER. 1971. Atomic Absorption and Flame Photometry: Techniques and Uses in Soil, - -

Plant, and Water Analysis. Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue. SSSA. Madison, Wisconsin, U.S.A.

17. KENWORTHY, A.L. y L. MARTIN. 1965. Mineral Contents of - Fruit Plants. Nutrition of Fruit Crops Tropical, - Subtropical. Temperate Tree and Small Fruits. 2a.ed New Brunswick, N.J., Horticultural Publ. Rutgers - the State University.
18. MARTINEZ ZAPORTA, F. s.a. Fruticultura, sus Fundamentos y Prácticas. INIA. España, Lograño.
19. MEDINA M, M. 1980. Marco de Referencia del Cultivo del No gal en la Comarca Lagunera. Matamoros de la Laguna, Coah. SARH.
20. RICH, C.I. 1965. Elemental Analysis by Flame Photometry. Methods of Soil Analysis.
21. ROBINSON, G. 1960. Los Suelos; Su Origen, Constitución y Clasificación. Introducción a la Edafología. Tr. - José Luis Amaros. 2a.ed. Barcelona, Omega.
22. ROJAS PASTELIN, J. 1965. Contribución al Estudio del No gal Carya illinoensis Koch, en el Estado de N.L. Tesis. Fac. de Agronomía. Monterrey, N.L.
23. RUSSELL, E.J. y E.W. RUSSELL. 1968. Las Condiciones del - Suelo y el Crecimiento de las Plantas. Tr. Gaspar González y González. 4a.ed. Madrid, Aguilar.

24. SAG. 1970. Tercera Conferencia Internacional de Productores de Nuez. Ed. Emilio Duarte. Torreón, Coah., SAG
25. SARH. 1980. Agenda Técnica Agrícola, Nuevo León. Programa Coordinado de Asistencia Social. Chapingo México.
26. SOTO CONTRERAS, V.M. 1981. Análisis de Factores que Influyen en la Producción del Nogal Pecanero (Carya illinoensis, Koch), en la Región de Jiménez, Chih., México. Tesis. ITESM. DECAM. Monterrey, N.L.
27. SPP. 1981. Síntesis Geográfica de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. Vol I. México.
28. TISDALE, S.L. y WERNER L. NELSON. 1970. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Tr. Jorge Balash. Barcelona Montaner y Simon.
29. TROCME, S. y R. GRAS. 1972. Suelo y Fertilización en Fruticultura. Madrid. Mundi-Prensa.
30. VAZQUEZ ALVARADO, R. 1984. Apuntes de Fertilidad de Suelos. Fac. de Agronomía, Marín, N.L.
31. WORTHEN, E.L. y S.R. ALDRICH. 1959. Suelos Agrícolas; Su Conservación y Fertilización. Tr. José L. de la Loma. 2a.ed. México. UTEHA.
32. ZEISS. 1978. Analytical Methods for Atomic Absorption and Flame Emission. West Germany, ZEISS.

