

USO EFICIENTE DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN EL  
CULTIVO DEL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis* (Wangenh)  
K. Koch) VARIEDAD WESTERN SCHLEY.

DAMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS

# TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
**DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS**  
AREA: HORTICULTURA



Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 2002

13788



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBOHATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

USO EFICIENTE DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL  
CULTIVO DEL NOGAL PECANERO  
[*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch]  
VARIEDAD WESTERN SCHLEY.  
TESIS  
POR

DAMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS

AREA : HORTICULTURA

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal: \_\_\_\_\_  
Ph.D. Alfonso Reyes López

Asesor: \_\_\_\_\_  
Ph.D. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor: \_\_\_\_\_  
Ph.D. Juan Francisco José Chávez González

Asesor: \_\_\_\_\_  
Ph.D. Jaime Xayier Uvalle Bueno

Asesor: \_\_\_\_\_  
Ph.D. Angel Lagarda Murrieta

\_\_\_\_\_  
Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

Buнавista, Sotillo, Coahuila. Junio de 2002



*Había bajado a los nogales  
Para ver las flores del valle,  
Por ver si la viña  
Estaba brotando  
Y florecían los granados.*

*Cant 6,11*

## AGRADECIMIENTOS

### **Padre mío:**

Por todo lo que ha sido: **Gracias**

A todo lo que ha de suceder: **Sí**

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** “Con profundo agradecimiento por ser mi “Alma Mater”

En mis estudios de Postgrado

A la **Universidad Autónoma de Chihuahua** y en especial a la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas por su apoyo y de manera especial a:

**M. C. Alma Patricia Hernández Rodríguez (1996-2000)**

**M. C. Juan Manuel Soto Parra (2000-2002)**

Al **Ph.D. Alfonso Reyes López:** Asesor y Tutor

Por su enorme calidad humana; invaluable apoyo e inmensurable confianza.

Al **Ph.D. Homero Ramírez Rodríguez.** Por su bondad y generosidad ,ofrecida con altruismo

Al **Ph. D. Juan Francisco José Chávez González**

Por convertir el desánimo en entusiasmo en aquellos momentos que no se veía posibilidad de triunfo.

Al **Ph. D. Angel Lagarda Murrieta**

Por compartir sus conocimientos e incrementar mi interés por los nogales.

Al **Ph.D. Jaime Xavier Uvalle Bueno**

Por alentarme a continuar por los senderos siempre fascinantes de la Nutrición Vegetal.

A la memoria de **Don Homero García Flores**

Nogalero y gallero de gran corazón, con la esperanza de que se encuentre en su velero, en algún mar de belleza inimaginable.

Con profundo respeto y agradecimiento: a **Don Carlos Jaliffe García**, por compartir ese espíritu altruista, que lo caracteriza.

Al **Ing. Carlos González Castañón** por continuar con la tradición nogalera familiar con su visión y entusiasmo personal.

Al **MC Noé Chávez Sánchez** por su desinteresado apoyo compartiendo conocimientos y tiempo, siempre con sencillez.

Los nogaleros en mi pueblo dicen que este cultivo se aprende en 100 Lecciones, pero una cada año. Por la paciencia infinita con la cual ha Compartido su experiencia y conocimientos al **Ing. Luis Carlos Velo Durán**

## DEDICATORIA

Octavio Paz menciona en uno de sus libros, que en este país “las mujeres tienen sueños y los hombres metas”. A la memoria de mi Padre

**Raúl Ojeda Solano**

Por hacerme creer que podía lograr mis metas con esfuerzo, dedicación y perseverancia y que todo comienza con un sueño, claro Papito; con casta.

Mi madre comenta que ella sembró en cuatro surcos, de los cuales ha obtenido excelentes cosechas, soy parte de su productividad y fruto de su amor y sus cuidados. Con respeto y admiración a mi madre.

**Leopoldina Barrios de Ojeda.**

Como el amor es eterno.....hasta que se acaba. A mi Amado Esposo

**Fernando Talamás Abbud** : Por su amor y su olvido

He aquí el epitafio de su amor: Aquí yace la razón tirana, donde se nutrirán las raíces de las flores que en invierno, brotarán como bellas emociones???

Doy Gracias a la **Santísima Virgen María de Guadalupe** por escuchar mis plegarias y brindarme un Milagro de Amor.....**María José (Tutú)**  
Muñequita te amo de aquí a la luna dos veces.....bueno hasta el infinito.

A **Manolo, Edna y Lily**: Por los lazos de sangre y de amor que nos unen

Hago mías las palabras de Isabel Allende, cuando menciona que la amistad suele pasar por tres pruebas: el tiempo, la distancia y el silencio, a mis **amigas y amigos** entrañables todas y todos que peregrinamos juntos por los caminos de la vida.

## **COMPENDIO**

**Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] variedad Western Schley.**

**POR**

**DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**AREA : HORTICULTURA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 2002**

**Dr. ALFONSO REYES LÓPEZ – ASESOR**

Palabras claves: Nogal pecanero, fertilización nitrogenada.

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en nogal pecanero variedad Wester Schley en un período de once años; en diferentes dosis, fuentes, épocas y métodos de aplicación en la región sur del estado de Chihuahua.

Las dosis analizadas fluctúan en un rango de 0 a 250 kg de N/ha. Las fuentes utilizadas son sulfato de amonio y nitrato de amonio, se evaluó la aplicación en forma total o fraccionada y en método de riego por inundación y goteo.

Todos los árboles utilizados fueron de la variedad Wester Schley unos se encontraban en producción y otros en desarrollo. La realización de cada trabajo fue diseñada en forma diferente. Los proyectos se establecieron en el municipio de Jiménez, Chih.

Se observa el comportamiento de los niveles nutrimentales a través de los años, así como el de rendimiento en kg/árbol y el efecto del nitrógeno en estas variables. En árboles en producción se destacan las dosis de 100 a 150 kg de N/ha. aplicado en forma total al principio de la estación de crecimiento. Los árboles en desarrollo establecidos en un sistema de riego por goteo han mostrado una predilección por la dosis de 200 kg/ha. Es evidente la manera en como alternan los árboles del experimento, a través del transcurso del tiempo de estudio.

## **ABSTRACT**

**Efficient nitrogen fertilizer application to pecan trees [*Carya illinoensis* (Wangenh) K.Koch] cv. Western Schley**

**By**

**DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS**

**Doctor in Agriculture Sciences  
Area: Horticulture**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE 2002**

**PH.D. ALFONSO REYES LÓPEZ – ADVISOR**

Key words: Pecan tree, Nitrogen fertilization

The objective of this study was to evaluate the nitrogen fertilization effects in pecan trees – Western Schley variety; at different doses, sources, years and application methods during eleven years in orchards provided by grower- cooperators at the south of Chihuahua State, México.

The nitrogen levels were from 0 to 250 kg N/Ha. The fertilizer sources were Ammonium sulfate and ammonium nitrate, which were applied in two forms: a). all at the beginning of the vegetative cycle and b). by parts during the growing season. Water was applied to the trees by drip tubing and flow irrigation.

All pecan trees were from the western Schley variety some of them were in production and the other ones in a developing stage.

Every work was realized as a different statistical design. The field experiments were conducted in Jimenez County, Chih. State.

Nutriente levels, tree yields and nitrogen effects were observed during the growing seasons. Acceptable yields in mature trees (in production) were obtained within the dosis range from 100 to 150 kg N/Ha., when the fertilizer was all applied at the begining of the growing season. The trees in a developing stage and growing under drip irrigation behave better under a 200 kg N/Ha. doses. It is evident the way of how the pecan trees alternate bearing during the study time.

## INDICE DE CONTENIDO

PÁGINA

INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
GENERALIDADES SOBRE EL METABOLISMO	
NITROGENADO.....	3
ABSORCIÓN DE NO <sub>3</sub> MECANISMO DE TRANSPORTE .....	4
NITRATO REDUCTASA (NR) .....	6
NITRITO REDUCTASA (NiR) .....	8
GLUTAMINA SINTETASA (GS) .....	9
GLUTAMATO SINTETASA (GOGAT) .....	9
FOSFOENOL PIRUVATO CARBOXILASA (PEPC) .....	10
REGULACIÓN DEL METABOLISMO NITROGENADO .....	11
ANÁLISIS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN	
NOGAL PECANERO [ <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) K. KOCH] .....	14
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
REVISIÓN DE LITERATURA .....	19
MATERIALES Y METODOS .....	22
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN .....	29
CONCLUSIONES .....	31
LITERATURA CITADA .....	32
ANÁLISIS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y	
FOSFATADA EN NOGAL PECANERO [ <i>Carya illinoensis</i>	
(Wangenh) K. KOCH] .....	35
RESUMEN .....	36
ABSTRACT.....	38
INTRODUCCIÓN .....	40
REVISIÓN DE LITERATURA .....	42
MATERIALES Y METODOS .....	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
CONCLUSIONES .....	66
LITERATURA CITADA .....	67
FERTIRRIGACIÓN DE NITRÓGENO EN NOGAL	
PECANERO .....	72
RESUMEN.....	73
ABSTRACT .....	75
INTRODUCCIÓN .....	76
REVISIÓN DE LITERATURA .....	78
MATERIALES Y METODOS .....	83
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	85
CONCLUSIONES .....	93
LITERATURA CITADA .....	94
DISCUSIÓN.....	97
CONCLUSIONES .....	104
LITERATURA CITADA .....	106

## INTRODUCCIÓN

El norte se siente, se impone, marca. no importa cuanto se aleje de su centro de gravedad, invariablemente se es atraído a su núcleo por una corriente invisible que jalará, como la tierra a las gotas de agua, como el imán a la aguja.

En el norte está el origen, escondido en el pueblo. Con el entorno se concreta el trabajo de investigación que se ha realizado por espacio de once años. Sólo se espera para que la visión de la calzada llena de nogales, pudiera ser analizada, estudiada e investigada.

¿Cuánto tiempo le lleva a las inquietudes esperar la señal correcta? ¿Cuánto pasa antes de que llegue la respuesta esperada? Las variables son muchas, lo que es innegable es que todo el proceso empieza con el deseo de tener respuestas. Ella abre un camino, una vereda sugestiva que más tarde se caminará una y otra vez. ¿Se han presenciado sucesos espectaculares y desconocidos?

Observar el trabajo en retrospectiva, es interesante, con la idea de creer que esta aportación sea el incienso que mantenga encendida la inquietud para crear una trenza, un lazo, una cuerda por medio de la cual futuros proyectos reciban ayuda. Que el humo aromático y misterioso no para hacer volutas de aire, que se elevan en espiral sino para dejar la inquietud y también para continuar por los senderos siempre fascinantes de la nutrición vegetal.

La posibilidad de compartir conocimientos y experiencias es muy gratificante, es algo que le da sentido a la vida. Descubrir que es útil y productivo es una realización personal.

No se puede predecir la historia que vendrá. Pero una cosa se puede decir ya: el milenio nace bajo un signo de sabiduría, donde el pasado aporta experiencias invaluable maduradas a través de aciertos y errores que espero se puedan compartir y finalmente el destino futuro donde habita la esperanza.....

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades sobre el metabolismo nitrogenado.

De los macro nutrimentos requeridos por las plantas, el nitrógeno (N) es el nutriente más consumido, y a menudo, se define como el factor limitante para el crecimiento y desarrollo de éstas (Wood, 1990).

Las fórmulas disponibles de N para las plantas varían dependiendo del hábitat, e incluyen  $N_2$  molecular, formas volátiles de amonio u óxidos de nitrógeno ( $NH_3$ ,  $NO_x$ ), formas inorgánicas ( $NO_3^-$  y  $NH_4^+$ ), y formas orgánicas (aminoácidos) (Ojeda, 1986).

En muchos suelos, especialmente en los destinados a la agricultura, los nitratos ( $NO_3^-$ ) son las formas nitrogenadas más abundantes. Los nitratos además también son indicadores importantes del crecimiento para las plantas, puesto que responden a esta forma nitrogenada alterando su metabolismo e induciendo y activando a los genes que intervienen en los procesos de la asimilación del N, la traslocación de  $NO_3^-$  depende de la absorción de éstos por el sistema radicular; regulados diferentemente, puesto que la traslocación de  $NO_3^-$  es más sensible que la absorción al ser la primera restringida por el suplemento de carbohidratos, por las bajas temperaturas, por ciertos inhibidores metabólicos, y por la privación de K. Las concentraciones intracelulares de  $NO_3^-$  es uno de los factores más importantes que afectan a su absorción y asimilación en plantas.

Variaciones en la cantidad y actividad de la enzima nitrato reductasa (NR) son paralelas a la acumulación y desaparición de  $\text{NO}_3^-$  (Salisbury y Ross, 1985).

#### Absorción de $\text{NO}_3^-$ . Mecanismo de transporte.

Ruiz-Sáenz (1999) comenta que la mayoría de las plantas exhiben un sistema bifásico para la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , típicamente descrito como de alta afinidad y baja afinidad a la absorción de este anión. En general, ambos sistemas de absorción requieren energía, concentración externa de  $\text{NO}_3^-$  esta en el rango de MM. La energía para la absorción del ion proviene de la creación de un gradiente de concentración, por medio del funcionamiento de las *ATPasas* de la membrana. Además, la absorción de  $\text{NO}_3^-$  esta asociada con la despolarización de la membrana plasmática, es decir con el aumento de las cargas positivas dentro de la célula. Las raíces poseen al menos tres sistemas de transporte de  $\text{NO}_3^-$  cinéticamente distintos, un sistema de transporte constitutivo de alta afinidad inducido rápidamente por la presencia de  $\text{NO}_3^-$  y saturable a bajas concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en el medio ( $< 1\text{MM}$ ); transportadores de alta afinidad que son inducidos entre horas y días después de la exposición a los  $\text{NO}_3^-$  transportadores constitutivos de baja afinidad, los cuales pueden contribuir en la absorción en el rango de  $250\ \mu\text{M}$  hasta  $50\ \mu\text{M}$  también activo. Los dos sistemas de alta afinidad son regulados o inducidos en respuesta a los  $\text{NO}_3^-$ , y también se ha comprobado su inducción por los  $\text{NO}_2^-$ . Los transportadores de alta afinidad son rápidamente activados por la demanda de  $\text{NO}_3^-$  de la parte aérea, para posteriormente ser inactivados después de la exposición a los  $\text{NO}_3^-$ . Estudios fisiológicos y moleculares en distintas especies de *Nicotiana*, indican que varias formas nitrogenadas, incluyendo  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  y aminoácidos, pueden participar en la inactivación de este sistema de transporte. Tal regulación, es esencial

para coordinar la absorción radicular con la demanda de N por la parte aérea durante el ciclo de crecimiento de la planta. Los efectos del  $\text{NH}_4^+$  sobre la inhibición de la absorción de  $\text{NO}_3^-$  se producen tanto en períodos largos (horas a días) como en períodos cortos de unos pocos minutos. Una explicación común es que el  $\text{NH}_4^+$  produce la despolarización de la membrana plasmática, lo que induce la absorción activa de  $\text{NO}_3^-$  por el mecanismo simplasto  $2\text{H}^+/\text{1NO}_3^-$ , el K es conocido también por su efecto de despolarización de la membrana plasmática sin que ello conlleve una reducción en la absorción de  $\text{NO}_3^-$ . Los aminoácidos son un componente mayoritario, como forma nitrogenada, del floema en la mayoría de las plantas, particularmente en aquellas que no reducen ni asimilan los nitratos en las raíces. Cuando lo reducen en las hojas translocan el N reducido desde las hojas hacia las raíces a través del floema en forma de aminoácidos. Los aminoácidos (principalmente glutamina, glutamato y asparagina) que se encuentran en el xilema puede ser el resultado de la asimilación del N inorgánico en las raíces. Además, éstos pueden ser el producto del ciclo del N desde la parte aérea hacia la raíz, y vuelta de nuevo a la parte aérea.. Por lo tanto, un exceso de aminoácidos podría significar una señal de exceso de N, lo que conduciría a una inhibición de la entrada de  $\text{NO}_3^-$ . Se demostró una inhibición de un 50 por ciento en la absorción de  $\text{NO}_3^-$  cuando fueron aplicados los aminoácidos alanina, glutamina, asparagina, y arginina, entre otros. La arginina inhibe la absorción de  $\text{NO}_3^-$  inmediatamente, siendo esta respuesta similar a la que produce el  $\text{NH}_4^+$ . Por el contrario, la alanina produce una disminución en la absorción de  $\text{NO}_3^-$  lo que sugiere un componente metabólico. Estos son principalmente los dos mecanismos por los que los aminoácidos inhiben o disminuyen la absorción de  $\text{NO}_3^-$ . La glutamina, tiene un papel significativo en la regulación de la absorción de  $\text{NO}_3^-$  y en su asimilación.

Marschner (1986) menciona que una vez que los  $\text{NO}_3^-$  son absorbidos por la raíz, pueden ser asimilados en el propio órgano, transportados hacia la parte aérea y asimilados en las hojas de la planta, o pueden ser almacenados en las vacuolas tanto de raíces como de la parte aérea. Los  $\text{NO}_3^-$  almacenados en las vacuolas pueden ser excretados al citoplasma y asimilados cuando sus niveles externos han sido agotados. Se ha argumentado que la carga xilemática de los  $\text{NO}_3^-$  ocurre de forma pasiva siguiendo los gradientes electroquímicos. El hecho de que la sustancia pfluorofenilalanina, una molécula análoga estructuralmente a la fenilalanina, reduzca el contenido de  $\text{NO}_3^-$  en el xilema indica que la carga xilemática de  $\text{NO}_3^-$  requiere la síntesis proteica y por lo tanto, debe de ser medida por transportadores. La translocación de los elementos minerales a través del xilema hacia la parte aérea está relacionada con el transporte de agua. Este transporte ocurre cuando el movimiento del agua es conducido por los procesos llamados: presión radicular, lo que produce una exudación o excreción en plantas decapitadas. También los  $\text{NO}_3^-$  podrían incrementar la conductancia hidráulica radicular. Ambos fenómenos facilitarían el transporte de estos  $\text{NO}_3^-$  hacia la parte aérea a través del movimiento del  $\text{H}_2\text{O}$ .

Una vez que los  $\text{NO}_3^-$  han entrado en la célula son asimilados en el tejido vegetal por medio de una serie de etapas, en las cuales están implicadas distintas enzimas cuya función se describe a continuación.

### **Nitrato reductasa (NR).**

Cerrato y Blackmer (1990) establecen que la NR cataliza la reducción de  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$ . De acuerdo con la especificidad por el donador de electrones, existen dos clases principales de NR que pueden ser: a) una NR ferredoxina-dependiente, la cual es típica de cianobacterias y bacterias fotosintéticas, b) una NR nucleótido piridina dependiente que se encuentra en organismos eucariotas. En este apartado se hablara y describira solamente la NR presente en los eucariotas.

De acuerdo a la especificidad mostrada por el NADH o el NADPH, se diferencian dos subclases de NR piridina-dependiente: la NR-NADH que corresponde al tipo de enzima presente en las hojas de la mayoría de las plantas superiores, y en algunas especies de algas verdes como *Chlorella* que se presenta principalmente en tejidos no verdes como las raíces.

En general, la NR-NAD(P)H es una enzima con un peso molecular que oscila desde 197 a 460 Kdaltons, compuesta por varias subunidades aparentemente idénticas. En plantas superiores, cada monómero tiene tres dominios funcionales que corresponden a cada uno de sus tres centros redox formados por FAD, hemo (citocromo b557), y un factor de molibdeno (MoCo), los cuales se presentan en una relación 1 : 1 :1. Los centros redox transfieren dos electrones desde el NAD(P)H a los  $\text{NO}_3^-$  lo que facilita la reducción a éstos a  $\text{NO}_2^-$ . La NR se encuentra en el citoplasma, tanto radicular como de la parte aérea, hecho que se ha comprobado a través del fraccionamiento celular y técnicas bioquímicas o inmunocitoquímicas. En el citoplasma de las células foliares, el NADH requerido para el funcionamiento normal de la NR es suministrado a través de dos mecanismos. Uno en el que está

involucrado un transportador 3-fosfogliceraldehido en las hojas y localizado en el cloroplasto, y otro en el que esta involucrado un transportador malatooxaloacetato, localizado tanto en el cloroplasto como en la mitocondria en cuanto a las raíces, el suministro de NADH o NADPH se produce a través de las actividades glucosa-6-fosfato deshidrogenasa o 6-fosfogluconato deshidrogenasa, además, el mecanismo comentado para las hojas malato-oxaloacetato también puede suministrar NADH en las raíces. Los análisis moleculares y genéticos han revelado que la mayoría de las plantas tienen dos o más genes estructurales para la NR. Las proteína NR y el RNAm son inducidas por la adición de  $\text{NO}_3^-$  y esta inducción es reprimida por la glutamina o la asparagina. La adición de sacarosa y luz también aumentan la inducción de las proteínas NR y del RNAm.

### **Nitrito reductasa (NiR).**

Guerrero y Vega (1981), han descrito dos tipos de NiR, las cuales se definen por medio de un donador específico de electrones: a) feriodoxina-nitrito reductasa (EC) característica de los organismos fotosintéticos, y b) NAD(P)H-nitrito reductasa que se encuentra en organismos no fotosintéticos.

Ambas enzimas catalizan la reducción de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_4^+$ , lo que implica la transferencia de  $6e^-$  al igual que ocurre en la reducción de  $\text{N}_2$  a  $\text{NH}_4^-$  catalizado por la nitrogenasa. La NiR se localiza en los cloroplastos de las hojas y en los plastidios en las raíces. La NiR es una proteína con un peso molecular de 60-70 Kdaltons y compuesta por dos grupos prostéticos, uno hemo llamado "sirohaem" y otro un centro 4Fe4S.

El gen que codifica la NiR ha sido identificado al menos en 6 especies diferentes. Hay solamente un gen de la NiR en cebada y espinaca, mientras que al menos existen dos en maíz y cuatro en tabaco, lo que da lugar a diferentes isoformas de las enzimas. En cuanto a la inducción de la NiR, distintos experimentos han evidenciado que la inducción de éstas por los  $\text{NO}_3^-$  es un evento transcripcional. La adición de asparagina o glutamina al medio de cultivo resulta al igual que la NR, en una represión de la inducción de la NiR, mientras que la sacarosa la aumenta y la luz también, son factores esenciales en la inducción de la NiR.

### **Glutamina sintetasa (GS).**

Marschener, (1986) describe que el  $\text{NH}_4^+$  precedente de la reducción de los  $\text{NO}_3^-$  de la absorción directa, de la fotorespiración, de la biosíntesis de los compuestos fenilpropanoides, y del catabolismo de los aminoácidos es incorporado a formas orgánicas inicialmente por la enzima glutamina sintetasa.

López-Cantero *et al* (1997) comentan que esta enzima cataliza la conversión del aminoácido glutamato a la amida glutamina, usando  $\text{NH}_4^+$ , ATP y cationes divalentes, tales como el  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  o  $\text{Co}^{2+}$ , como cofactores. La proteína GS tiene un peso molecular de 350 Kdalton y esta compuesto por 8 subunidades idénticas, en las hojas esta presente tanto en el cloroplasto ( $\text{GS}_2$ ) y en el citoplasma ( $\text{GS}_1$ ). La  $\text{GS}_2$  del cloroplasto parece estar involucrada en los procesos de asimilación del  $\text{NH}_4^+$  procedente de la fotorrespiración. La GS radicular también se encuentra localizada tanto en el citoplasma como en los plastidios.

### Glutamato sintasa (GOGAT).

Ruiz y Romero (1999<sup>a</sup>) explican que la GOGAT (glutamina-2-oxoglutamato aminotransferasa) cataliza la transferencia del grupo amida de la glutamina al  $\alpha$ -cetoglutarato, para producir dos moléculas de glutamato.

Las reacciones conjuntas de la GS y de la GOGAT se conocen como el ciclo GS/GOGAT, y son esenciales para la asimilación del N en las plantas. Los glutamatos sintetizados por la acción de la GOGAT pueden ser de nuevo reutilizados como sustratos de la GS, o pueden, a partir de su grupo amino, ser utilizados para formar otros compuestos nitrogenados. Un importante destino del glutamato y de la glutamina es la síntesis de aspartato y asparagina, producidos en las reacciones catalizadas por la aspartato-aminotransferasa y la asparagina-sintetasa. Estos aminoácidos son importantes ya que son compuestos nitrogenados de transporte para muchas plantas.

La Fd-GOGAT es una flavo-proteína Fe-S con un peso molecular de 130 a 180 Kdaltons. En combinación con la GS localizada en los plastidios, la Fd-GOGAT canaliza la asimilación del  $\text{NH}_4^+$  originado de la reducción de  $\text{NO}_3^-$  dependiente de la luz y en la fotorrespiración. Las raíces de maíz contienen una isoforma de Fd-GOGAT que es distinta a la de las hojas, y que está implicada en la asimilación de  $\text{NH}_4^+$  procedente de la reducción de  $\text{NO}_3^-$  absorbidos del medio externo.

En raíces noduladas, el  $\text{NH}_4^+$  es exportado hacia el citoplasma de la planta donde es rápidamente asimilado vía GS y NADH-GOGAT. La expresión de los genes que dan lugar a estas dos enzimas parecen estar coordinados en plantas no leguminosas, donde estas enzimas funcionan conjuntamente en procesos como son:

asimilación primaria de  $\text{NH}_4^+$  en la reasimilación del  $\text{NH}_4^+$  liberado durante el catabolismo de los aminoácidos, y en la reasimilación del  $\text{NH}_4^+$  liberado durante la germinación.

### **Fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC).**

La enzima PEPC es una enzima esencial en el suministro de la estructura carbonada, derivada del ciclo de los ácidos tricarbóxicos, que es utilizada en la síntesis de glutamato y aspartato y de sus amidas. Esto por lo tanto, una pieza clave en la conjunción entre el metabolismo carbonado y metabolismo nitrogenado.

Los niveles de la proteína PEPC en raíces aumentan por la adición de  $\text{NH}_4^+$  (Oaks, 1994), pero no hay un efecto real en los tejidos radiculares cuando los  $\text{NO}_3^-$ , la asparagina o la glutamina son incluidos en el medio. En cuanto a la actividad foliar de esta enzima no es influenciada por la adición de  $\text{NO}_3^-$ , o  $\text{NH}_4^+$ .

### **Regulación del metabolismo nitrogenado.**

Ruiz y Romero (1999b) mencionan que la regulación de la asimilación de  $\text{NO}_3^-$  ha sido y sigue siendo el centro de muchas investigaciones, debido a la importancia que tiene este proceso tanto en la producción como en la calidad de los productos agrícolas. Actualmente se conocen muchos factores, así como su modo de acción, que afectan directamente la asimilación de  $\text{NO}_3^-$  y particularmente la actividad NR. La reducción de  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  por la NR es considerada tras muchas investigaciones como la etapa limitante en la asimilación de  $\text{NO}_3^-$  en plantas superiores. La actividad celular de la NR puede ser regulada a los niveles de síntesis y degradación, inactivación reversible, concentración de sustratos y otros factores, y a nivel del suministro intracelular de la enzima. Factores que pueden influir en la

actividad NR directamente o a través de señales son: la luz, el oxígeno, el CO<sub>2</sub>, los nitratos, el estatus nutricional, y otros metabolitos y condiciones medioambientales.

Las actividades NR y NiR están prácticamente ausentes en las células que utilizan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> como fuente nitrogenada. Los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> han sido considerados como inductores de la síntesis de la NR, mientras que el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o algún producto resultante de la asimilación de éste, como los aminoácidos, es considerado como un represor de la síntesis de la NR. En varias especies, sin embargo, los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no parecen ser requeridos para la síntesis de la proteína NR, sino que es más bien la disminución o retirada de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> lo que determina la síntesis de NR. Las investigaciones realizadas por Lillo (1994), indican que la luz estimula la síntesis, al igual que la activación, a nivel proteica de la NR en plantas superiores. Además, la glucosa o la sacarosa pueden reemplazar a la luz incrementando la acumulación de ARNm-NR, lo que sugiere que el efecto de la luz se realiza, o es medido, por la luz fotosintéticamente activa a través de los productos resultantes de la incorporación del CO<sub>2</sub>.

La regulación de la síntesis de la NR por las hormonas vegetales no ha sido investigada de forma extensa. La síntesis de dicha enzima parece ser estimulada por las citoquininas, indicaron que la actividad NR era también inducida por el etileno, y que la inducción por citoquininas solamente ocurría con la presencia de etileno efecto que conlleva la aplicación de distintos bioreguladores sobre la asimilación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en plantas de pimiento, han observado que la aplicación foliar conjunta de las hormonas giberalina, auxinas y citoquininas dan lugar a una activación de las actividades enzimáticas NR y NiR, potenciándose por lo tanto la eficiencia y utilización de los NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, la actividad de NR puede ser modulada por varios factores en respuesta a particulares condiciones medioambientales, lo que conduce en

algunos casos a una inactivación reversible de la enzima cuando reacciona con moléculas tales como cianida, hidroxilamina, o radicales superóxido.

Finalmente, la disponibilidad de los substratos NADH y  $\text{NO}_3^-$  pueden ser importantes en la asimilación de estos últimos. Las reacciones que generan NADH son importantes en este sentido, como son los procesos que mantienen los niveles de  $\text{NO}_3^-$  intracelulares, tales como la absorción de  $\text{NO}_3^-$  y movilización de éstos procedentes de las vacuolas. Así indican que tanto la NR y la NiR parecen ser más sensibles a la aplicación de  $\text{NO}_3^-$ , sacarosa y glutamina o asparagina. En hojas, la NR y la NiR incrementan su respuesta a la luz, mientras que en la zona radicular responden principalmente a la sacarosa. Las distintas isoformas de la GS son inducidas en respuesta a la aplicación de  $\text{NO}_3^-$  en hojas, y a la aplicación de sacarosa en la zona radicular. La GOGAT también aumenta tras, la aplicación o presencia de  $\text{NO}_3^-$ . La PEPC es inducida principalmente por la aplicación de  $\text{NH}_4^+$ .

**ANÁLISIS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN  
NOGAL PECANERO [Carya illinoensis (Wangenh) K. Koch].**

Dámaris L. Ojeda- Barrios<sup>1</sup>, Gorostiola- Herrera, Martín<sup>1</sup> y Alfonso Reyes-López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FACIATEC-UACH. Apdo. Postal. # 24 Chihuahua, Chih., México, <sup>2</sup>UAAAN  
Depto de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coah., México.

**Palabras clave: Nogal pecanero, fertilización nitrogenada**

**Análisis con observaciones repetidas.**

**Key Words: Pecan Tree, Nitrogen Fertilization, with repeated  
measurements analysis.**

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la respuesta del nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch variedad Western Schley, a la aplicación de fertilizante nitrogenado aplicado en forma total o fraccionado, durante cinco años de evaluación. Se estableció este trabajo en el Municipio de Jiménez, Chih.; durante los ciclos de 1987 a 1991. Los tratamientos planteados para adicionar nitrógeno a la planta fueron: 100, 150 y 200 kg. de N/ha aplicado en forma total o fraccionada ( $\frac{1}{2}$  en marzo y  $\frac{1}{2}$  en junio). El fertilizante químico utilizado fue Sulfato de amonio. Se utilizó un experimento factorial  $3^2$  en el cual las unidades experimentales se arreglaron en un diseño de bloque aleatorizados completos con seis repeticiones considerando un árbol como unidad experimental. Los resultados se analizaron con observaciones repetidas para detectar el efecto acumulado. Los resultados indican que: Existe respuesta del nogal pecanero a la aplicación de nitrógeno a través del tiempo, debido a un efecto acumulativo analizado con observaciones repetidas, dependiendo de la dosis suministrada. No se detecta influencia estadística entre aplicar el fertilizante en forma total o fraccionada. Se obtuvo una relación alta entre nitrógeno suministrado y los estimadores de rendimiento, número de nueces por kilogramo y sobresaliendo la dosis de 100 kg. de N/ha.

## ABSTRACT

This essays main Objective was to valuate the response of the pecan trees Carya illinoensis (Wangenh) K. Koch cv. Western to the application of nitrogenous fertilizer applied fractional or totally, during five consecutive years of evaluation. This research project was carried out in the commercial orchard “Florida”, in the county of Jiménez Chihuahua, México during the 1987-1991 cycles. The proposed treatments, to add nitrogen to the tree were: 100, 150 and 200 kg of N/ha, applied fractional, or totally, ( $\frac{1}{2}$  March –  $\frac{1}{2}$  June). The chemical fertilizer used was Ammonium Sulfate. A factorial experiment  $3^2$  in which the researched units were arranged in a completely randomize block design, with six repetitions: considering each tree as experimental unit. The results were analyzed with repeated measurements, in order to detect the accumulative effect. The results attests that, there is a response of the pecan tree upon the application of Nitrogen as time elapses, because of the accumulative effect analyzed with repeated measurements, depending on the doses supplied. There was no statistical influence detected whether to apply fertilizer fractional or totally, a high relation was found between the provided Nitrogen, an the productive estimations, number of nuts in each kilogram, and foliage concentration of macro and micronutrients, being the 100 kg of doses N/ha the most outstanding one, when it was applied totally.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el nogal tiene una superficie plantada en el Estado de Chihuahua de 36,000 has distribuidas en once municipios de los cuales el de mayor importancia es Jiménez; la superficie plantada se ha incrementado considerablemente en la última década, a consecuencia de este hecho, este cultivo es una de las fuentes de ingreso más importante en la economía estatal y se refleja ampliamente en su impacto social. Las necesidades de mano de obra son muy altas, siendo este cultivo muy importante socialmente ya que es la columna principal en la economía de las zonas productoras; las variedades más importantes son Western Schlerly y Wichita. Se cultiva en zonas áridas y semiáridas del estado, en donde encuentra condiciones climáticas muy favorables para su desarrollo, lo que permite que gran parte de la producción de nuez se exporte a los Estados Unidos de Norteamérica, por su excelente calidad reconocida mundialmente.

El cultivo del nogal pecanero ocupa el sexto lugar de importancia económica por su valor en pesos de los cultivos agrícolas más importantes en el Estado de Chihuahua con una superficie plantada de 36,000 ha. y una producción de 32 mil toneladas para el ciclo 99-00 que equivale, a un 27 por ciento de la producción mundial y el 58 por ciento del total nacional que lo hace el primer productor de nuez en el país. En el manejo de huertas una estrategia importante es bajar los costos tanto de producción como los de comercialización para hacer que el precio de venta de nuez sea accesible al público. Actualmente, la fertilización (que es el ámbito aplicado de la nutrición vegetal) es una de las labores que más consume en cuanto a costos de producción se refiere, la toma de decisión en cuanto a la selección de nutrimentos, dosis, tipo de fertilizante a usar, época de aplicación y manejo (total o

fraccionada), deben basarse en un estudio amplio de investigación sobre nutrición. Dentro de este contexto, se observa que existe una diferencia sustancial entre nutrir a los nogales y el simple hecho de proveerles fertilizante (Ojeda, 1986). Igualmente, hay que tener presente el reto de incrementar productividad con un ahorro considerable, así como preservar el medio ambiente. El uso irracional del nitrógeno es un problema que merece solución ya que está impactando negativamente en las nogaleras del estado, motivo por el cual es menester generar respuestas bajo las condiciones locales de cultivo, mediante investigación regional con la finalidad de ofrecer respuestas a los productores de nogal de nuestro estado.

A la fecha no existen trabajos de este tipo. Por tal motivo el presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la respuesta del nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch variedad 'Western Schley', a la aplicación en fertilizante nitrogenado aplicado en forma total o fraccionada, durante cinco años de evaluación.

## Revisión de Literatura

El cultivo del nogal se inició en el Estado de Chihuahua desde hace unos cuatrocientos años en el Valle de Allende, Chih. con árboles criollos de los cuales se encuentra como mudo testigo “ El árbol del Músico “ que llegó a tener dos metros de diámetro y otros que han logrado sobrevivir al paso del tiempo.

La superficie plantada se reducía a aquellas áreas donde se disponía de agua de riego. Esta situación cambió en la década de los cuarentas cuando Crisóforo Caballero plantó la primera huerta de variedades mejoradas como ‘Western Schley’ y ‘Bradley’, en 1946 en la Cruz, Chih. En la región de Jiménez por esos tiempos el Sr. Francisco Ortega inició la plantación de “El Ciprés”, con las mismas variedades mencionadas. En el año de 1969 se estimaba que en el Estado existían unas 2,000 ha de nogales plantados. Entre 1979 y 1984 la superficie se mantuvo prácticamente sin cambio para tener un incremento en 1986 a 14,843 ha. En 1990 se estimó que la superficie en producción correspondió a 17,428 ha a partir de esta fecha la superficie se ha duplicado posiblemente por dos factores: Los cultivos tradicionales ha sido poco rentables y la nuez producida en el Estado de Chihuahua tiene gran demanda en el mercado nacional y especialmente el internacional debido a su gran calidad.

Esta tendencia ha sido más marcada en ciertos municipios que tradicionalmente han sido importantes productores de nuez como Saucillo, Camargo y Delicias se han mantenido prácticamente la misma superficie en la década de los noventas, aunque con un pequeño incremento, también son los municipios que mantienen la producción Estatal por tener los huertos más antiguos del Estado.

Para el municipio de Jiménez, la superficie establecida se ha incrementado considerablemente, de 3,040 ha en 1990 a 9,622 ha en 1999 de los cuales 5, 228 ha

se encuentran en producción y 4,394 ha en desarrollo, con un rendimiento aproximado de 1.6 t/ha, el volumen de producción se ha duplicado también en este lapso de 4,507 ton a 8,365 ton, aunque cabe mencionar que una parte se encuentra en desarrollo, este municipio es el principal productor de nuez en el Estado de Chihuahua.(INEGI 2000)

Worley (1990) estudió durante 16 años la respuesta de nogales Stuart mayores de 50 años a las aplicaciones de nitrógeno con base en la concentración de umbral del nutrimento en la hoja. Para mantener 2.25 por ciento de N en el follaje, solo en cuatro años de los 16 se requirió la presencia del fertilizante. La diferencia en fertilizante requerido entre 2.75 y 3.0 por ciento de N foliar fue mínima. El rendimiento varió de año a año debido a la alternancia. El rendimiento medio fue similar para los tratamientos que mantuvieron 2.25 y 2.5 por ciento de N foliar. El crecimiento del tronco y del brote no se incrementó en los tratamientos que mantuvieron 2.5 por ciento de N foliar o más. Los árboles que recibieron las mayores dosis de nitrógeno mostraron una apariencia más vigorosa y un follaje de color verde oscuro. Mantener 2.75 por ciento de N en la hoja obtuvo la mayor tasa de retorno económico y el mayor rendimiento promedio. En cuanto a la calidad de las nueces, no hubo diferencias constantes en el porcentaje y el grado de almendra entre tratamientos, la dosis alta reduce el tamaño de la nuez y el grado de almendra. La concentración foliar de 2.75 por ciento de N parece dar la mejor relación tamaño de la nuez; rendimiento. En todos los estudios revisados la fertilización con Nitrógeno incrementó los kilogramos de nuez por árbol, aunque el grado de respuesta ha sido mayor en árboles jóvenes (Herrera, 1983; Kilby, 1990; Tarango, 1992). El principal efecto del Nitrógeno en el rendimiento es que incrementa el número de nueces producidas por árbol. Sin embargo, Sparks (1989) sugiere que para máximos

rendimientos de alta calidad de nueces, tanto el Nitrógeno como la humedad del suelo deben mantenerse simultáneamente en niveles de suficiencia.(Malstrom et al, 1983).

## MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental. El trabajo de campo tuvo una duración de cinco años iniciándose a partir de 1987 y concluyendo en 1991, en la huerta "La Florida", municipio de Jiménez, Chih., México propiedad del cooperante Sr. Homero García Flores ubicada en el Km. 4.5 camino al Ojo de Dolores y a 256 de la capital del Estado. Esta localidad esta situada a 27°8' altitud Norte y 104°08' longitud Oeste con una altitud de 1.381 *msnm*. El sitio es una zona árida con precipitación media anual de 369.8 mm, un período libre de heladas de 240-250 días, las condiciones climatológicas de la región según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) en BWhw, que corresponde a un clima desértico caliente con invierno seco; la temperatura media anual es de 18.6°C, la del mes más frío -3 y la del mes más caliente 28°C. el suelo donde se efectuó el experimento es alcalino y con alto contenido de Carbonato de Calcio, buen drenaje, libre de sales y contenido medio de materia orgánica y Nitrógeno. En forma global, en base a las características analizadas se consideró un suelo homogéneo y representativo de las zonas productoras del cultivo del nogal.

Material Vegetal Empleado. Se utilizaron 36 árboles de la variedad "Western" esta se encontró sobre portainjerto criollo de 18 años de edad, el diseño de plantación en los árboles es marco real 12 x 12 m.

Análisis Estadístico para el Procesamiento de Datos. Los datos de los cuadros de concentración para todas las variables fueron expuestas de forma anual con su media global por tratamiento al final. Para las variables analizadas de concentración de nutrimentos (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Manganeso, Fierro, Zinc y Cobre foliar) se utilizó la transformación raíz cuadrada. Se utilizó un experimento factorial 3<sup>2</sup> en

el cual las unidades experimentales se arreglaron en un diseño de bloques aleatorizados completos con seis repeticiones, considerando un árbol como unidad experimental. La conformación de cada bloque en el diseño se realizó en base al perímetro de tronco. Se efectuaron los análisis de varianza para determinar el efecto de diseño de tratamientos, factor y niveles en este trabajo de fertilización, durante los cinco años de evaluación. Los tratamientos en estudio fueron: 100, 150 y 200 kg/ha de N aplicado en forma total y fraccionada. La conformación de cada bloque en el diseño se realizó en base al perímetro de tronco. Se efectuaron los análisis de varianza para determinar el efecto del diseño de tratamientos, factor y niveles de este trabajo de fertilización, durante los cinco años de evaluación. A los análisis de varianza combinados se aplicaron comparaciones de regresión ortogonales, partiendo de la suma de cuadrados de los tratamientos en su componente lineal, cuadrática, cúbica y cuártica. Se realizaron los análisis de varianza para cada variable. Se empleó la prueba de rango múltiple de Tukey al 0.05 de probabilidad para comparar las medidas de los tratamientos que resultaron significativos en el análisis de varianza tanto para el análisis individual de los años como el global. Se correlacionó mediante la prueba de coeficientes de correlación de Pearson entre las variables: Rendimiento (kg/árbol), número de nueces por kilogramo, Nitrógeno, Fósforo, Manganeso, Hierro, Zinc y Cobre foliar. Se emplearon la totalidad de los datos colectados en el transcurso de los cinco años. Se utilizó un análisis multivariado en donde además de los supuestos usuales se tiene la llamada simetría compuesta (la varianza de la diferencia entre observaciones repetidas son homogéneas) o bien equicorrelación en el tiempo, por lo cual se tiene que las respuestas en el tiempo como vector de variables dependientes (Méndez, 1992). Para todos estos análisis y pruebas se utilizó el Programa Statistical Analysis System.

Producción y calidad de nuez: Se evaluó la producción por árbol y se calculó el número de nueces por kilogramo al final de cada ciclo de los cinco años de estudio.

Concentración de macro y micronutrientes en el follaje: Se realizaron muestreos cada 27 de Julio de los años comprendidos de 1987 a 1991. El muestreo foliar fue realizado por cada árbol, obteniéndose una muestra aproximadamente de 40 folíolos, seleccionados de la parte central de las hojas de la sección media de brotes del año en curso, brotes localizados a una altura aproximadamente de dos metros del piso de la periferia. La muestra ya preparada se analizó en espectrofotómetro de absorción atómica para los elementos Zinc, Hierro, Manganeso, Cobre, Calcio, Magnesio, Potasio. La determinación de Nitrógeno total fue utilizando la metodología micro-Kjeldhal. El nutriente Fósforo se analizó por colorimetría.

## RESULTADOS

Como se muestra en el Cuadro 1 el Nitrógeno influyó en el rendimiento de acuerdo a la dosis suministrada, en los cinco años de estudio. Por los rendimientos obtenidos puede considerarse esta huerta de alto rendimiento y de manejo apropiado. Se detectó una tendencia clara, al buscar la influencia de las dosis aplicadas de Nitrógeno, al realizar el análisis por observaciones repetidas, sobresaliendo la dosis de 100 Kg. de N/ha aplicado en forma total. Durante la evaluación no se observaron diferencias a la forma de aplicación.

Al efectuar este tipo de estudios se observa que es muy importante realizarlo por varios ciclos, ya que el efecto es acumulativo, el utilizar el análisis estadístico por observaciones repetidas es cuantificado de forma adecuada (Cuadro 1.).

**Cuadro 1.** Media Global de Rendimiento (kg/árbol), Número de nueces/kg, Nitrógeno y Zinc foliar a través de cinco años de evaluación en Nogal Pecanero variedad 'Western Schley', Jiménez, Chih. 1987/91

	<b>Rend.</b>	<b>N.N</b>	<b>Nt</b>	<b>Zn</b>
<b>100T</b>	44.60a*	187.13	2.74	36.95ab
<b>150T</b>	38.90ab	186.73	2.88	35.61ab
<b>200T</b>	40.48ab	198.43	2.84	39.70 <sup>a</sup>
<b>100F</b>	43.06ab	196.20	2.89	35.99ab
<b>150F</b>	34.78b	186.99	2.86	32.90b
<b>200F</b>	42.09ab	188.66	2.86	36.84ab
<b>Total</b>	41.33	190.76	2.81	37.40
<b><u>Fracc.</u></b>	39.80	190.26	2.85	35.17
<b>100T</b>	43.83a	191.66	2.82	36.86ab
<b>150+</b>	36.84b	186.86	2.87	35.17b
<b><u>200F</u></b>	41.29ab	193.54	2.85	38.98a
<b>Media</b>	49.59	190.53	2.83	36.31
<b>C.V</b>	11.98	4.09	2.27	4.91

\*Medidas con la misma letra son iguales al 0.05 (Tukey).

**R**-rendimiento kg/árbol

**NN**- número de Nueces

**Nt**-% Nitrógeno total

**Zn**- Zinc- ppm

Existe una alta correlación entre el rendimiento y el número de nueces por kg, Nitrógeno, Potasio y Zinc foliar. El número de nueces por kilogramo fue incrementándose a través del tiempo de estudio, congruente a los resultados de rendimiento como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Medias de Rendimiento ( Kg/árbol) , Número de Nueces por kilogramo, Contenido de Nitrógeno y Zinc. Nogal pecanero variedad Western Schley . Cd. Jiménez, Chih. 1987-1991.

<b>AÑO</b>	<b>REND.Kg/Arbol</b>	<b>NUECES/Kg</b>	<b>% de Nt</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>1987</b>	30.39	175.45	3.04	52.61
<b>1988</b>	30.09	173.17	3.20	39.30
<b>1989</b>	53.71	195.54	3.28	35.75
<b>1990</b>	38.12	202.11	2.57	32.26
<b>1991</b>	50.62	206.40	2.14	24.49

**Nt- Nitrógeno total**

Durante la realización de este estudio, el nivel de concentración foliar de Nitrógeno tendió a incrementarse los primeros años y después descendió, encontrándose una alta correlación con rendimiento, número de nueces por kilogramo, Potasio, Fierro, Zinc y Cobre foliar (Cuadro 3).

**Cuadro3.** Medias anuales de contenidos foliares de Nitrógeno, Fosfóro, Potasio, Fierro, Manganeso, Zinc y Cobre. Nogal pecanero. Cd. Jiménez Chih.1987-1991.

Año	%			Ppm			
	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
1987	3.04	0.12	1.71	142.09	451.91	52.61	12.36
1988	3.20	0.16	0.86	133.64	589.48	39.30	9.40
1989	3.28	0.17	1.03	140.80	555.47	35.75	10.92
1990	23.57	0.24	1.09	151.56	454.48	32.26	6.73
1991	2.14	0.14	0.87	92.42	455.45	24.49	7.84

Al incrementarse la dosis de Nitrógeno se observa una tendencia a disminuir los niveles de Potasio foliar, lo que sugiere un desbalance N/K. el nivel de Potasio foliar fue muy variable en este estudio, con una tendencia a disminuir. El comportamiento del Manganeso foliar es variable, ya que los valores mas altos son reportados para el segundo y tercer año y los restantes tendieron a la baja. Los contenidos de Fierro foliar fueron similares durante los primeros cuatro años, sufriendo un descenso el ultimo año de evaluación. Existió una relación inversa entre la distribución del nivel de concentración foliar de Zinc y los años evaluados. El comportamiento de Cobre foliar fue muy variable con tendencia a disminuir a través del tiempo (Cuadro 3).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo nos indica que el nogal responde a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado como lo señala McEarchern (1985). El planear el trabajo por períodos prolongados y analizarlo por observaciones repetidas nos muestra en forma clara como se comporta a través del tiempo las variables estudiadas, debido a que cuantifica el efecto acumulativo. Se detecta una variación en la producción obtenida durante los cinco años de evaluación que podría calificarse como alternancia reportada por Wood (1990). De acuerdo con este autor la fluctuación esta relacionada íntimamente con la reserva y producción de asimilatos. En este estudio se detecta que sobresale la dosis de 100 kg de N/ha aplicada en forma total, en la mayoría de las variables estudiadas, estos resultados son similares a los reportados por Worley, 1974, Malstrom y col, 1982 y Worley, 1990. Los resultados indican que cuando se incrementa la dosis, el rendimiento se afecta negativamente, esto quizás debido a que se induce a un desbalance nutricional como lo indica Medina (1992). La calidad de la nuez expresada en esta investigación como número de nueces por kilogramo esta fuertemente influenciada por la fertilización nitrogenada, ya que incrementa los kilogramos de nueces por árbol así como el número de nueces, en nogales adultos, esta tendencia es aún mayor, la dosis alta (200 kg de N/ha) reduce el tamaño de la nuez. Es importante señalar que aparentemente la capacidad de la raíz, para retener el Nitrógeno aplicado es saturada a dosis relativamente bajas del elemento, lo demás se pierde por lixiviación (con una subsecuente contaminación de los mantos acuíferos).

Igualmente, el árbol remueve muy pocos nutrimentos del suelo, por lo que es capaz de mantener niveles nutricionales mucho mayores que los cultivos anuales como lo menciona Tarango (1992). En otro orden de ideas, si el reto es productividad, ahorro y cuidado del ambiente, este objetivo se cumple al adicionar 100 kg de N/ha en forma total, cuidando los niveles foliares de Nitrógeno como lo señala Worley (1990). Tiene efecto sobre los niveles de los demás nutrimentos, la dosis alta tiende a disminuir las concentraciones. La concentración de Nitrógeno foliar disminuyó durante este estudio debido al incremento del área foliar, las dosis se mantuvieron constantes por lo que se piensa en un efecto de dilución.

## CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos, se concluye:

Existe respuesta del nogal pecanero a la aplicación de Nitrógeno a través del tiempo, debido a un efecto acumulativo, detectado por observaciones repetidas, dependiendo fuertemente de la dosis suministrada.

No se detecta influencia estadística entre aplicar el fertilizante en forma total o fraccionada.

Se obtuvo una relación alta entre el Nitrógeno suministrado y los estimadores de kilogramo por árbol, número de nueces por kilogramo y concentración foliar de macro y micronutrientes, sobresaliendo la dosis de 100 kg de N/ha, aplicado en forma total.

**LITERATURA CITADA**

- Herrera, E. 1983. Pecan orchard fertilization. Guide h-602-New México University.
- Hernández, R. O. A. 1992. Reporte de Análisis Foliare. Facultad de Fruticultura.  
U.A.CH.
- Kilby, M.W. 1990. Pecan Fertilization. In.: Proc. Nineteenth West Pecan  
Conf. Ces NMSU. USA.
- INEGI, 2000. Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua. México.
- Malstrom, H.L., Fenn, L.B. and Riley, T. 1983. Nitrogen fertilization of pecan in far  
west Texas. The pecan Quarterly, Vol 17, No. 2 p. 5-13.
- McEachern, G.R. 1985. Pecan Fertilization. In. Texas Pecan Orchard Management  
Handbook. TAES-Texas A&M University. P. 90-91.
- Medina, M.,M. del C. 1992. Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en  
experimentos de fertilización en nogal pecanero en: Memorias del XXV  
Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.  
Acapulco, Gro. México.

- Méndez, R.I.; Posadas, A.; Mundo E. y Marín, S. 1992. Análisis de Experimentos con observaciones repetidas. Ponencia presentada en el VII Foro de Estadística. Puebla, México.
- Ojeda, B.D.L. 1986. Respuesta del Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] a la adición de Fertilizante y Estiércol de Bovino en Saltillo, Coah. (Tesis de Maestría). México. UAAAN.
- Romero, M.L.M. 1996. Diagnóstico Nutricional del Manzano. Depto. Biología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT™ User's Guide. Release 6.03. edition. Cary, N.C. : SAS Institute Inc.,; 1028p
- Sparks, D. 1989.; Pecan nutrition, twenty-thyrd Wester Pecan conf. en proc. NMSU. Pp55-96
- Tarango R. S.H. 1992.: Fertilización del nogal, nutrición y productividad. Colección Agropecuaria. de camino, AALD-PNN-UACH. 121p.
- Wood , W.B. 1990. Alternate Bearing of Pecan in: Pecan Husbandry: Challenges and Opportunities. First National Pecan. Work shop Proceedings. Unicar State Park, Georgia.

Worley, R.E. 1974.: Effect de N, P, K, and lime on yield, nut quality, tree growth, and leaf analysis of pecan (*Carya illinoensis* W.). J. Amer. Soc. Hort. Sci., vol. 99(1): 49-57.

Worley, R.E. 1990.: Long-term performance of pecan tree when nitrogen application is based on prescribed threshold concentration in leaf tissue. J. Amer.

**ANÁLISIS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y  
FOSFATADA EN NOGAL PECANERO  
[*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]**

**Dámaris L. Ojeda-Barrios<sup>1</sup>, Basurto-Sotelo, Moisés<sup>1</sup> y Alfonso Reyes-López<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>FACIATEC-UACH. Apdo. Postal. # 24 Chihuahua, Chih., México, <sup>2</sup>UAAAN  
Depto de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coah., México.

**Palabras clave: *Carya illinoensis*, fertilización**

**Index words: *Carya illinoensis*, fertilizer**

## RESUMEN

El Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch], el cual es considerado como uno de los cultivos más importantes para el Estado de Chihuahua, ya que solamente este frutal, aporta aproximadamente el 80 por ciento de la producción nacional en variedades mejoradas del mismo, además de ser considerado como un producto de alta calidad en el mercado internacional.

Contar con información de experimentos regionales es necesario para considerar las circunstancias, donde se desarrolla el cultivo en nuestro país. Por lo cual se plantean los siguientes objetivos: Analizar el comportamiento del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] variedad 'Western Schley' a la fertilización con Nitrógeno y Fósforo, por un período de cuatro años, analizando dicha información con la metodología de rangos de suficiencia o nivel crítico y DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación), analizando la producción y la calidad de la nuez.

El experimento se llevó a cabo durante un período de cuatro años (1988-1991), en la huerta "El Paraiso", en el municipio de Jiménez, Chih., en árboles de 13 años de edad de la variedad 'Western Schley', utilizando las dosis de 0, 75, 150, 225 kilogramos de Nitrógeno por hectárea y 0, 40, 80 y 120 kilogramos de Fósforo por hectárea por año, en aplicación total. Se utilizó un experimento factorial, con arreglo de tratamientos en base a una matriz experimental Plan Puebla 1, con dos factores, con cuatro repeticiones por tratamiento, tomando a un árbol como unidad experimental, la conformación de cada repetición en el diseño se realizó en base al perímetro del tronco, por lo cual se consideraron homogéneos los bloques.

La evaluación general del trabajo comprendió los siguientes aspectos: Rendimiento, Número de Nueces, concentraciones foliares de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Hierro Zinc, Manganeso Cobre y los Índices DRIS respectivos.

Los resultados obtenidos indican que existe una respuesta del nogal pecanero a las aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo a través del tiempo, debido a un efecto acumulativo, así como una fuerte interacción entre nutrimentos. Estadísticamente el método DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) demostró en forma claramente la caracterización del estado nutricional del árbol así como la relación con Rendimiento por árbol, Número de Nueces por kilogramo y el porcentaje de almendra. Sobresale la dosis de 150 kilogramos de Nitrógeno y 80 kilogramos de Fósforo por hectárea, por año durante los cuatro años de estudio.

## ABSTRACT

The pecan tree [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] is considered of the most important crops in the State of Chihuahua, since this sole fruit crop produces approximately eighty percent of the national production. Another aspect that should also be mentioned is its high marketing quality.

Having this information under research projects are very necessary, taking into account the local conditions where this crop is developed in our country. This is why we assert the following objectives: analyze in an integral form the behavior of the pecan tree [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] on the 'Wester Schley' variety and its fertilization with nitrogen and phosphorus, for a period of four consecutive years. By the analysis of that information, with the sufficiency range methodology, of critical levels and DRIS (Diagnosis and recommendation of integrated systems), by the analysis, the production, and the quality of the nut.

The research was carried out during a four year period (1988-1991), in "El Paraiso" orchard, in the country of Jiménez, Chihuahua, on thirteen year old 'Western Schley' variety trees.

Using the following doses 0, 75, 150 and 225 kilograms of nitrogen per hectare and 0, 40, 80 and 120 kilograms of phosphorus per hectare per year, in total application. A factorial experiment was used with an arrangement of treatments based on an experimental matrix Plan Puebla 1, with two factors, and four repetitions per treatments, taking one tree as an experimental unit, the conformation of every repetition in the design, was carried out taking as basis, the perimeter of the trunk, by which the blocks were considered homogeneous.

The general evaluation of the work covered the following aspect: yield (kilograms per tree), number of nuts (in kilograms), foliar concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, iron, zinc, manganese, copper and DRIS.

The obtained results indicate that there was a response of the pecan tree to the applications of nitrogen and phosphorus in a period of time, due to a cumulative affect, as well as a strong interaction between the nutrients. Statistically speaking the DRIS (Diagnosis and recommendation of integrated systems) showed in a clearly study tree nutrition as well as the variable yields per tree, number of nuts per kilogram, and almond percentage. Being the 150 kilograms doses of nitrogen and 80 kilograms of phosphorus per hectare per year the most outstanding one, during the four year of this investigation

## INTRODUCCIÓN

La investigación y la extensión del conocimiento, implementados por las instituciones educativas y de investigación se ven justificadas por la gran cantidad de información que se puede verter para el desarrollo regional, al respecto de la nutrición en nogal pecanero entre otros cultivos. Contar con información de investigaciones regionales son necesarias, siendo éstas, a la fecha, mínimas respecto a las zonas productoras del país.

Es necesario generar información nacional al respecto, bajo condiciones locales donde se desarrolla este cultivo, mediante una investigación regionalizada en donde el gran reto sea conjuntar productividad, bajos costos y sin olvidar la preservación del medio ambiente.

Siendo la fertilización una de las labores que más consume en costos de producción se refiere, la toma de decisión en cuanto a selección de nutrimentos, dosis, tipo de fertilizante a usar, época de aplicación y manejo (total o fraccionada) deben basarse en un estudio amplio de investigación sobre nutrición. Destacando la importancia de la nutrición y la aplicación edáfica de este recurso en importancia los nutrimentos Nitrógeno y Fósforo y su comportamiento respecto a los demás nutrimentos, se plantearon los siguientes objetivos:

- 1) Evaluar el comportamiento del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] variedad 'Western Schley', a la fertilización nitrogenada y fosforada, mediante un análisis integral durante un período de cuatro años.

- 2) Determinar la concentración de nutrimentos, la producción y la calidad de la nuez en base a la fertilización Nitrogenada y Fosforada.
- 3) Generar información regional al respecto para coadyuvar a un manejo integral, más tecnificado de este cultivo, en beneficio de los productores.

Para el presente estudio se basa la siguiente hipótesis:

“La respuesta a la aplicación de Nitrógeno y Fósforo a través del tiempo depende de la dosis, estado nutricional del árbol, la interacción de nutrimentos y su efecto acumulativo”.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Los problemas nutricionales frecuentemente limitan la productividad de las nogaleras, siendo éstos en una forma visible; clorosis, crecimientos anormales, baja o escasa producción, deformaciones, etc., o bien pasan inadvertidos como “hambre oculta” (Smith, 1991).

La nutrición de la planta refleja en sí la fertilidad del suelo donde este se desarrolla, para un buen crecimiento y producción normal, ya que la presencia de nutrimentos es proporcional al crecimiento vegetativo, (Sparks, 1989), el nogal requiere de compuestos inorgánicos como: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Zinc, Fierro, Manganeseo, Boro, Molibdeno, Cobre y Cloro; también establece que la nutrición en el nogal presenta grandes diferencias de una región a otra, y principalmente de un suelo a otro, además de otros factores que afectan la nutrición como tamaño de la planta, dosis, oportunidad, extensión radicular, fecha de aplicación y tipo de fertilizante, (Kilby y Mielke, 1982; Medina, 1990).

La fertilización adecuada es la meta de un productor; el aplicar la cantidad correcta en el tiempo oportuno, se verá reflejado en bajos costos de producción sin menoscabo de la calidad de la nuez, una fertilización inadecuada afectará el estado nutrimental del árbol, si se aplica de menos o de más, reducirá la cantidad y la calidad de la cosecha, el balance de los nutrimentos y por consiguiente la productividad del nogal (Meetze, 1991).

En el nogal pecanero, se han establecido rangos o intervalos de suficiencia como una guía para el diagnóstico nutrimental en varios estados de EE.UU. como

Arizona, (Kilby y Mielke, 1982), Louisiana (O'Barr y McBride, 1980), y Texas (Stockton, 1985), sin embargo con este método no se considera la interacción de nutrimentos ni el balance nutrimental.

La interacción de nutrimentos ocurre cuando el abastecimiento, translocación, de uno afecta la absorción, distribución o función de otro, así, dependiendo del abastecimiento del nutrimento, las interacciones pueden inducir deficiencias o toxicidades y modificar la respuesta en crecimiento (Robson y Pitman, 1983).

Existen varios métodos con distintos enfoques para interpretar los resultados del análisis vegetal, para lo cual se han establecido valores estándares ya sea mediante modelos matemáticos o por evaluación cualitativa de las respuesta a los fertilizantes, algunos de estos métodos actualmente utilizados son: el nivel o valor crítico e intervalos de suficiencia y otro es un sistema integrado de diagnóstico y recomendación llamado D.R.I.S., entre otros.

En nuestro país es reducida la cantidad de laboratorios que realizan análisis de suelo y planta, así como el número de productores que los utilizan para diagnosticar deficiencias nutricionales y realizar acciones correctivas, el criterio de interpretación mas usado es el de rangos de suficiencias y el nivel critico, éstos diagnósticos requieren que la composición de la planta sea comparada con valores específicos de suelo, clima, manejo, variedad, época y edad de la planta, entre otras condiciones; por otra parte, se evalúan a cada nutrimento por separado, sin determinar el balance nutrimental, el cual es ampliamente mencionado por autores como: Worley (1974), Sparks (1976) y Sparks (1986).

Los niveles de suficiencia se establecen de acuerdo a los síntomas de deficiencia y las concentraciones en que la planta tiene diferentes grados de respuesta

a la aplicación de nutrimentos en este criterio se define las concentraciones de deficiencia, debajo de lo normal, nivel crítico, normal, alto, excesivo tóxico y nivel crítico de toxicidad, estos valores se obtienen de los estudios realizados para una región en particular, un tipo de suelo, manejo, edad, época y parte de la planta muestreada, etc. los niveles de suficiencia considera además intervalos muy amplios para cada uno de los niveles de suficiencia, además para algunos casos no concuerda con los niveles críticos específicos para cada nutrimento como los reportados por Sparks (1988) y Sparks (1989).

El valor crítico e intervalos de suficiencia es un método para diagnosticar las deficiencias nutrimentales y predecir las necesidades de fertilizantes en base al análisis de la planta, al cual está fundamentado en un nivel crítico de un nutriente en alguna parte de la planta, debajo del cual el desarrollo o rendimiento disminuye considerablemente. Es el punto en el cual ocurre una reducción del 5 al 10 por ciento del rendimiento máximo, abajo del cual aparecen los síntomas de deficiencia característicos de dicho elemento, en términos económicos este punto se define como: aquel en el cual, las aplicaciones de fertilizantes, no representa un incremento de la producción (Bates, 1971).

El nivel crítico se determina con la relación entre la concentración de un nutrimento y el rendimiento o calidad del cultivo. Diferentes tejidos presentan diferentes grados de relación, aquel tejido de la planta que mejor muestre la relación antes mencionada será el seleccionado para realizar los muestreos subsecuentes para la especie en cuestión (Bates, 1971).

Una vez que el valor crítico ha sido establecido para la especie deseada, éste se aplica en una forma universal, independientemente del clima o tipo de suelo en el

cual el cultivo se desarrolle, siempre y cuando las técnicas de muestreo y el método analítico sean comparables. El valor crítico generalmente clasifica el estado nutricional de una muestra vegetal como adecuado o deficiente, si su concentración se ubica arriba o debajo de dicho valor establecido, para cada una de las especies vegetales estudiadas (Ulrich, 1978).

El método de nivel crítico presenta desventajas como no se toman en cuenta las interacciones entre nutrimentos la época de muestreo, no considera en alguna forma el balance entre los nutrimentos en la planta la cual es también de suma importancia ya que con frecuencia las dosis de fertilización se basan en el nutrimento faltante con mayor intensidad, dejando de lado el segundo, tercero, cuarto, etc. nutrimento faltante y de la interacción que se da entre los nutrimentos, tanto en forma sinérgica como antagónica.

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación es una metodología que originalmente fue desarrollada en 1957, como diagnóstico fisiológico, el que más tarde fue llamado D.R.I.S. (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) el cual trata de eliminar la restricción que existe para otros, de que el diagnóstico debe efectuarse en una etapa fenológica bien definida y en un tipo de tejido y condiciones (Beaufils, 1973).

Este método es una integración de grupos de normas que representan calibraciones de composición de tejidos de plantas, suelo, parámetros ambientales y prácticas agronómicas como funciones del rendimiento de un cultivo en particular.

El D.R.I.S. utiliza índices de nutrimentos para hacer el diagnóstico, el cual difiere de otros, en el que se puede hacer diagnósticos válidos en un amplio intervalo de edad del tejido y las normas son derivadas de una manera diferente. Los índices

no solo permiten clasificar los factores que influyen en el rendimiento en orden de importancia limitante, sino que dan también una indicación de la intensidad con la cual una planta o suelo requiere de tal nutrimento. Debido a que dichos índices clasifican los factores del rendimiento en una orden de importancia limitante, automáticamente se incorpora el concepto de balance dentro del sistema (Sumner, 1982).

El método D.R.I.S. fue creado con el fin de superar los problemas asociados con el diagnóstico nutricional en diferentes edades de la planta, incorporar en el estudio la interacción de nutrimentos y la determinación de las concentraciones óptimas (normas) de los nutrimentos en las hojas, los cuales son obtenidos mediante el promedio de los niveles de los nutrimentos de plantas sanas o de alto rendimiento ; las desviaciones del valor medio (óptimo) que se obtiene al diagnosticar una muestra problema, son estimadas por el coeficiente de variación del grupo de plantas de alto rendimiento (Sumner y Farina, 1986).

Una vez seleccionadas las normas o formas de expresión, así como los coeficientes de variación respectivos, se iniciará el diagnóstico de muestras individuales, para lo cual se calcula los índices D.R.I.S. Para cada nutrimento se considera que un nutrimento está en el nivel óptimo cuando su índice es de cero, cuando es negativo como deficiente y en exceso cuando es positivo (Sumner, 1982).

La suma de los valores absolutos de los índices DRIS dan como resultado el índice de balance nutrimental (IBN). A menor valor del IBN la planta se encuentra más balanceada o mas cerca de serlo, y por lo tanto tendrá más posibilidades de alcanzar altos rendimientos y viceversa si el valor del IBN es mayor (Davee, 1986).

Sumner y Farina (1986), resume las ventajas que tiene el DRIS sobre el nivel crítico y los intervalos de suficiencia al ser utilizados con propósito de recomendaciones de fertilización.

Es capaz de diagnosticar en cualquier estado de desarrollo del cultivo. Esta ventaja incrementa la flexibilidad para hacer una recomendación correctiva a través de la estación de crecimiento, esta metodología enlista los nutrimentos en orden de importancia limitantes del rendimiento, toma en cuenta el criterio de balance nutricional, esto es particularmente valioso, ya que a niveles de alto rendimiento el balance frecuentemente es crítico y las normas para el contenido de nutrimentos en los tejidos, pueden ser aplicados universalmente a un cultivo particular, sin importar donde este creciendo.

El nogal pecanero logra alrededor de un 75 por ciento de su crecimiento durante los primeros 255 días después de brotación, donde se acentúa el requerimiento nutrimental, con un efecto a la presencia de Nitrógeno y Zinc, para la formación de hojas y brotes vigorosos así como la presencia de agua para evitar brotes demasiado cortos (Marquard, 1990).

Durante la realización de un estudio con la aplicación de Nitrógeno, con varias dosis, con aplicación total y fraccionada, durante un período de 5 años en la región de Jiménez, Chih., la concentración foliar de Nitrógeno tendió a incrementarse los primeros años y posteriormente descendió, encontrándose una alta correlación con rendimiento, número de nueces por kilogramo, Potasio, Fierro, Zinc y Cobre en concentraciones foliares, en la dosis de 100 kilogramos de Nitrógeno por hectárea en aplicación total, la que resultó en un mejor comportamiento durante esta evaluación (Gorostiola, 1993).

Para el área de Las Cruces, N.M. se aplican 90 gramos de Nitrógeno en árboles recién plantados, no fertilizar si son de lento crecimiento; en el segundo año aplicar 140 gramos de Nitrógeno a principios de marzo y 140 gramos a finales de junio, para árboles de lento crecimiento disminuir la dosis en un 30 por ciento: del tercer año y hasta el inicio de producción 180 gramos de Nitrógeno por aplicación, para árboles en producción se recomienda de 112 a 168 kilogramos de Nitrógeno por hectárea, una regla práctica es aplicar 45 gramos de Nitrógeno por centímetro de diámetro medido a 90 centímetros del suelo (Herrera, 1983).

La absorción de Fósforo por la planta esta relacionado a las condiciones prevalecientes del medio, principalmente por el pH (Mengel y Kirkby., 1979).

En un estudio realizado en Saltillo Coahuila en árboles de 18 años de edad de la variedad 'Western Schley' se encontró una correlación positiva entre el contenido foliar de Fósforo y la producción de nueces, en un período de dos años, (Ojeda, 1986); mientras que se encontró una respuesta parcial a aplicaciones de Fósforo a razón de 2.2 kilogramos por árbol en una superficie de 6 metros cuadrados en nogales 'Mahan' de 11 años y 'GraBohls' de siete años, en donde el peso y volumen de la nuez se incrementan notablemente, pero no en el por ciento de almendra (Sparks, 1988).

Se reporta que no existe una respuesta en la concentración del nutrimento en la hoja, ni en el rendimiento en el mismo año de la aplicación con dosis de 30, 60 y 90 gramos de pentaóxido de Fósforo por centímetro de diámetro del tronco en nogales 'Western Schley' de 14 años (Medina y Aguilar, 1986; Medina y Aguilar, 1990).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo tuvo una duración de cuatro años, inició a partir de 1988 y se terminó en 1991, en la huerta "El Paraiso" propiedad del Dr. Carlos Jaliffe García, que se ubica a 8.5 km. de Cd. Jiménez, Chih., a un costado de la carretera al Ojo de Dolores, aproximadamente a 261 km. de la capital del estado, se localiza a 27° 28 minutos latitud norte y 104° 08 minutos longitud Oeste y con una altitud de 1,381 msnm.

El clima para la región en estudio, se ubica dentro de la zona árida con una precipitación promedio anual de 364.6 mm. y una temperatura promedio anual de 19.3°C, y con un período vegetativo de 246 días, con un promedio de 118 días con heladas. Las condiciones climatológicas de la región según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) es BWhw, y corresponde a un clima desértico caliente con invierno seco.

El suelo del sitio experimental resultó ser alcalino con un alto contenido de carbonatos de calcio, con buen drenaje y con un contenido regular de materia orgánica y Nitrógeno.

En general las características de la huerta se consideraron como representativas de la región productora de nuez en Cd. Jiménez, Chih.

Para el desarrollo de los árboles, el agua de riego empleada proviene de mantos acuíferos subterráneos, se extrae por bombeo y de acuerdo a sus características esta clasificada como C<sub>3</sub> S<sub>1</sub>.

Para el presente proyecto se utilizaron 36 árboles de la variedad 'Western Schley', sobre portainjerto criollo de 13 años de edad, en un diseño de plantación a marco real de 12 x 12 m.

Se estudió el Nitrógeno y Fósforo en un experimento factorial, con un arreglo de tratamientos en base a la matriz experimental Plan Puebla I con dos factores Nitrógeno y Fósforo con cuatro repeticiones para cada uno, tomando a un árbol como una unidad experimental, Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Diseño de tratamientos Plan Puebla I

<b>Tratamiento</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Fósforo</b>
1	75.0	40.0
2	75.0	80.0
3	150.0	40.0
4	150.0	80.0
5	0.0	40.0
6	225	80.0
7	75.0	0.0
8	150.0	120.0

La conformación de cada repetición en el diseño se realizó en base al perímetro de tronco, por lo cual quedaron homogéneos los bloques.

Los resultados obtenidos después del análisis de laboratorio, se sometieron a un análisis estadístico, mediante el programa S.A.S. ver.6.03 (Statiscal Analysis System), con un procedimiento de análisis de experimentos G.L.M. (General Lineal Model) que incluye un análisis de varianza, un análisis multivariado de la varianza y

una regresión polinomial para cada uno de los años del presente estudio y de cada una de las variables, que son: rendimiento en kilogramos por árbol, por ciento de almendra y número de nueces por kilogramo, y los nutrimentos: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Hierro, Zinc, Manganeso y Cobre.

Los datos proporcionados por el laboratorio, se analizaron en forma directa, ya que estos están reportados en niveles de intervalos de suficiencia.

Los datos D.R.I.S. se obtuvieron a partir de los datos proporcionados por el laboratorio y mediante una transformación en un programa de computadora en lenguaje Pascal (versión Windows) elaborado por Chávez (1992), el cual utilizó las normas de diagnóstico preliminar D.R.I.S. para nogal de Beverly y colaboradores (1992).

Los niveles usados en el presente trabajo fueron los siguientes:

NUTRIMENTO	NIVELES Kg/ha.			
N	0.0	75.0	150.0	225.0
P	0.0	40.0	80.0	120.0

Las fuentes nutrimentales usadas en la fertilización del experimento fueron:

**Nitrógeno: Sulfato de Amonio (20.5 por ciento de Nitrógeno).**

**Fósforo: Superfosfato de Calcio Triple (46 por ciento de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).**

Variables evaluadas: La **producción** por árbol y se calculó el **número de nueces por kilogramo, por ciento de almendra**, para cada ciclo vegetativo que comprendió de 1988 a 1991.

Para la evaluación de la concentración en las hojas, se efectuaron muestreos foliares cada 27 de Julio de los años de investigación. El muestreo foliar fue realizado por cada árbol, obteniendo una muestra aproximadamente de 40 folíolos los cuales fueron seleccionados de la parte central de la hoja, de la sección media del árbol, de brotes del año en curso, los brotes muestreados se localizaron a una altura aproximadamente de dos metros del nivel del suelo en la periferia de la copa del árbol.

Las variables estudiadas se analizaron de acuerdo a la metodología de superficie de respuesta multivariado para determinar la interacción entre variables de respuesta en rendimiento y contenido de nutrimentos.

Por otra parte se realizaron análisis nutricionales, por el método de índices DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) y la composición nutrimental, para obtener una caracterización nutricional detallada para cada tratamiento y la influencia que tuvo cada uno sobre los nutrimentos y parámetros de rendimiento.

El IBN (Índice de Balance Nutrimental) es la suma de todos los valores absolutos de los índices de todos los nutrimentos de la muestra. Entre mayor es este valor, mayor es el desbalance y por lo tanto, se espera un menor rendimiento, Davee (1986). El cálculo de los índices DRIS y del IBN se realizó mediante un programa de computadora en lenguaje Pascal (versión Windows) elaborado por Chávez en 1992, con las normas de Sánchez, (1988).

Se realizó un análisis de covarianza, considerando el diámetro de tronco en los casos que se encontró significativa su influencia. Así como también los rendimientos previos y la dosis de nutrimentos acumulados para cada tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices DRIS para Nogal, en el presente trabajo en una apreciación general presentan una mayor respuesta estadística como se muestra en el Cuadro 1 y Cuadro 2, en comparación con los valores de los rangos de intervalos de suficiencia, ahí mismo indicados, de igual forma el Índice de Balance de los nutrimentos al final de este Cuadro, indican la respuesta estadística del comportamiento del balance dado entre los nutrimentos del presente trabajo.

La utilización de métodos de interpretación de análisis foliares que nos permita definir el balance nutricional, la interrelación entre nutrimentos, así como ordenar los nutrimentos de acuerdo a la necesidad de la planta, y detectar deficiencias y excesos relativos, como lo muestra el método DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) propuesto por Beaufils, (1973): el cual nos indica el orden en que son limitantes los nutrimentos y de esta forma incorpora el concepto de balance nutricional y la ley del Mínimo en forma objetiva.

Los Cuadros 3,4,5 y 6 muestran los valores de Nitrógeno en cuanto a las concentraciones muestran un descenso ligeramente cada año en este trabajo, el cual podría ser interpretado desde el punto de vista de intervalos de suficiencia, lo que lógicamente nos obligaría a incrementar las dosis de aplicación, esto nos ocasionaría un desbalance entre los nutrimentos el cual no es tomado en cuenta por este método

de interpretación, en cambio las mismas dosis con el método DRIS nos muestra en el segundo año un incremento de las concentraciones de Nitrógeno y que para el tercer y cuarto año logran una distribución cercana al contenido adecuado, esta respuesta es clara con respecto al balance que se muestra entre los nutrimentos el cual es tomado en cuenta con la metodología DRIS; y con este respecto podemos notar que no es necesario incrementar la dosis de Nitrógeno y causar un desbalance.

**Cuadro 1.** Resumen del Análisis Estadístico de resultados de la concentración con la aplicación de Nitrógeno y Fósforo de Nogal Pecanero cv. Western Schley en la región de Cd. Jiménez, Chih., (1988-1991).

VARIABLE	TIEMPO	AÑOS				DN	DP	DN2	DP2	NP	L	CUA	CUB
		1988	1989	1990	1991								
Rendimiento	**				Lt	**		Lt	**	Lt	Lt	*	**
No. Nueces/Kg	**											**	
% Almendra	**										**		**
Conc. Nitrógeno	**									**	Lt		**
Conc. Fósforo	**	Lt	*				*		Lt		**	**	
Conc. Hierro	**									*	*	*	**
Conc. Zinc	**									**	**		
Conc. Potasio													
Conc. Manganeso													
Conc. Cobre													

\* Significativo    \*\* Altamente significativo    Lt Ligera tendencia

**Cuadro 2.** Resumen del Análisis Estadístico de resultados de los Índices DRIS con la aplicación de Nitrógeno y Fósforo en Nogal Pecanero cv. Western Schley en la región de Cd. Jiménez, Chih., (1988-1991)

VARIABLE	TIEMPO	AÑOS											
		1988	1989	1990	1991	DN	DP	DN2	DP2	NP	LIN	CUA	CUB
DRIS Nitrógeno	**	*						lt		lt		**	
DRIS Fósforo	**			**							**	**	**
DRIS Potasio	**			lt							*	**	*
DRIS Fierro	**										*		*
DRIS Zinc	**	*	Lt	**							**	**	**
DRIS Cobre	**		**	**							**		
DRIS Manganeso	**	*									**	**	
I B N	**	*	*	lt	*	*		*			**		**

\*Significativo

\*\* Altamente significativo

Lt Ligera tendencia

**Cuadro 3.** Respuesta a aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo en Nogal pecanero cv. Western Schley índices DRIS. Huerta el Paraíso en Cd. Jiménez, Chih. 1988

Trat.	Dosis	N <sub>total</sub>	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Rend	IBN	REQUERIMIENTO
1	75-40	-1.4	116.3	1.2	12.7	-123.7	-22.8	17.8	15.75	301.82	Mn>Zn> N> K> Fe> Cu> P
2	75-80	8.1	106.8	5.0	12.6	-132.8	-23.4	23.6	16.25	315.55	Mn> Zn> K> N> Fe> Cu> P
3	150-40	1.6	94.8	4.80	10.8	-117.3	-16.3	21.3	23.75	267.25	Mn> Zn> N> K> Fe> Cu> P
4	150-80	-2.7	85.3	3.30	13.8	-95.0	-19.5	14.8	24.75	237.09	Mn> Zn> N> K >Fe> Cu > P
5	0-40	-7.9	102.2	0.20	16.0	-109.5	-14.5	13.5	26.75	272.70	Mn> Zn> N> K >Fe> Cu > P
6	220-80	-4.7	89.9	13.0	13.5	-111.1	-20.4	19.7	25.75	275.26	Mn> Zn> N> K >Fe> Cu > P
7	75-0	-5.5	92.5	-0.1	9.50	-94.9	-19.0	17.5	20.05	254.27	Mn> Zn> N> K >Fe> Cu > P
8	150- 120	-2.2	100.7	1.00	21.3	-113.9	-22.3	15.3	14.75	280.52	Mn> Zn> N> K> Cu >Fe> P

IBN Índice de Balance Nutricional R Rendimiento de Kgs./árbol/año T Tratamiento Kg/Ha./año DOSIS Kilogramos por Hectárea por año de Nitrógeno y Fósforo aplicados

**Cuadro 4** Respuesta a aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo en Nogal pecanero cv. Western Schley índices DRIS. Huerta el Paraíso en Cd. Jiménez, Chih. 1989

Trat.	Dosis	N <sub>total</sub>	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Rend	IBN	REQUERIMIENTO
1	75-40	15.5	23.9	14.9	20.7	-90.10	-18.50	34.0	18.25	217.36	Mn>Zn> K> N> Fe> P > Cu
2	75-80	12.8	17.7	14.2	17.9	-77.10	-15.40	30.0	17.25	185.33	Mn> Zn> N> P >K> Fe> Cu
3	150-40	13.6	19.1	13.4	22.7	-76.70	-14.40	22.2	17.00	182.35	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
4	150-80	12.6	21.2	13.4	22.7	-80.00	14.50	24.6	19.50	189.23	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
5	0-40	14.5	13.4	10.7	21.1	-70.00	-9.50	19.5	11.25	158.96	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
6	220-80	12.9	20.0	11.4	18.1	-73.10	-17.70	22.3	13.75	170.06	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
7	75-0	13.1	15.0	14.4	22.6	-74.50	-10.90	20.1	13.75	170.89	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
8	150-	14.2	14.7	12.7	20.0	-68.70	-13.0	19.9	16.00	148.44	Mn> Zn> N> K> >Fe> P Cu
	120										

14.9 Índice de Balance Nutricional R Rendimiento de Kgs./árbol/año T Tratamiento Kg/Ha./año DOSIS Kilogramos por Hectárea por año de Nitrógeno y Fósforo aplicados

**Cuadro 5.** Respuesta a aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo en Nogal pecanero cv. Western Schley índices DRIS. Huerta el Paraíso en Cd. Jiménez, Chih. 1990

Trat.	Dosis	N <sub>total</sub>	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Rend	IBN	REQUERIMIENTO
1	75-40	-0.7	29.80	13.1	26.6	-72.2	-5.7	76.9	20.0	168.42	Mn>Zn> N> K> Fe> P> Cu
2	75-80	3.5	23.70	23.7	34.5	-92.3	-11.8	87.1	25.25	229.25	Mn> Zn> N>P> K> Fe> Cu
3	150-40	-1.1	20.0	13.9	43.1	-69.7	-10.3	66.6	21.75	179.65	Mn> Zn> N> K P> > Fe> Cu
4	150-80	-3.5	24.5	16.3	42.9	-81.2	-1.8	63.2	26.75	187.09	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
5	0-40	-2.5	27.2	3.7	47.1	-78.6	-4.1	68.0	26.0	179.60	Mn> Zn> N> K >P> Fe> Cu
6	220-80	3.0	19.3	6.5	39.6	77.4	0.2	77.0	27.25	165.16	Mn> Zn> N> K> P>Fe> Cu
7	75-0	5.6	21.8	8.3	42.0	-80.5	-2.7	66.6	19.75	173.07	Mn> Zn> N> K> P> Fe> Cu
8	150- 120	6.9	39.3	10.7	33.7	-90.3	-3.6	79.3	22.0	180.25	Mn> Zn> N> K> Fe> P> Cu

IBN Índice de Balance Nutricional R Rendimiento de Kgs./árbol/año T Tratamiento Kg/Ha./año DOSIS Kilogramos por Hectárea por año de Nitrógeno y Fósforo aplicados

**Cuadro 6** Respuesta a aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo en Nogal pecanero cv. Western Schley índices DRIS. Huerta el Paraíso en Cd. Jiménez, Chih. 1991

Trat.	Dosis	N <sub>total</sub>	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Rend	IBN	REQUERIMIENTO
1	75-40	-7.1	6.800	18.70	31.80	-64.90	11.10	3.40	12.50	151.50	Mn> N> C u> P > Zn> K> Fe
2	75-80	1.1	13.20	12.50	31.20	-65.60	17.30	-10.10	12.75	165.01	Mn> Cu >N > K >P> Zn> Fe
3	150-40	-5.9	-0.90	14.0	36.50	-43.20	12.50	-13.10	20.50	127.79	Mn> Cu >N > P> Zn> K > Fe
4	150-80	0.60	23.40	8.10	26.30	64.70	14.10	-7.90	13.75	128.17	Mn> Cu >N > K > Zn> P> Fe
5	0-40	-1.7	13.60	11.1	21.50	-48.90	9.90	5.70	11.75	133.71	Mn> N >Cu >Zn > K >P> Fe
6	220-80	-3.2	22.90	13.20	23.60	-66.80	9.20	-0.40	21.50	153.16	Mn> N >Cu >Zn > K >P> Fe
7	75-0	7.40	21.00	11.40	14.30	-56.20	11.20	-9.20	15.25	130.95	Mn> Cu > N >Zn > K> Fe > P
8	150- 120	1.70	5.20	12.50	39.70	-69.00	9.10	0.65	15.50	160.30	Mn> Cu > N > P> Zn >K> Fe

IBN Índice de Balance Nutricional R Rendimiento de Kgs./árbol/año T Tratamiento Kg/Ha./año DOSIS Kilogramos por Hectárea por año de Nitrógeno y Fósforo aplicados

Los resultados obtenidos en este trabajo nos indican la respuesta que presenta el Nogal Pecanero a las dosis de Nitrógeno y Fósforo, de acuerdo a superficie de respuesta, al incrementar significativamente los rendimientos respecto a la fertilización Nitrogenada como lo señala McEachern (1985).

Los incrementos de rendimiento no se mostraron en una forma determinante, pero las aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo si fueron determinantes en mostrar una tendencia al balance de los demás nutrientes, como lo menciona, Elwali y Gascho, (1983), dicho efecto que se obtendrá con el tiempo en cuanto al balance de los nutrientes, y este respecto en el rendimiento.

Las aplicaciones de Nitrógeno impactan fuertemente con respecto al Potasio, Hierro, Zinc y Manganese; las dosis empleadas de Nitrógeno elevan los índices del Potasio como se muestra en los Cuadros 3,4,5 y 6, en los cuales se observa un comportamiento mencionado por Sparks, (1978), Sparks (1985) y Worley, (1990), con una tendencia a estabilizarse para el tercer o cuarto año.

Sin embargo, las dosis bajas de Fósforo empleadas ocasionan una fuerte disminución de los valores de las concentraciones y un comportamiento similar se muestra con los índices DRIS, una interpretación con el primero nos indicaría que se debe de incrementar las dosis de aplicación, con los índices de DRIS y bajo esta metodología, en cambio los valores de intervalos únicamente son significativos para ese mismo año, bajo la metodología DRIS este nutriente no es necesario se incremente la dosis ya que los índices de los tres últimos años están mas cerca del adecuado y además este balance nos induce favorablemente el contenido de Potasio.

La respuesta de las aplicaciones de Fósforo se tiene a bajas concentraciones y en un espacio de tiempo mas prolongado como lo menciona Brison, (1976), Sparks, (1989); además del efecto del balance entre los nutrientes que se logra con una

dosis baja de Fósforo, el cual podría ser mas benéfico que el incremento aparente de la dosis, como lo indican los valores de las concentraciones y con la metodología de intervalos de suficiencia.

Las dosis de Nitrógeno y Fósforo empleadas, aparentemente elevan los valores de Hierro, de los índices DRIS, los cuales a partir del tercer año indican una dispersión de los valores en los tratamientos y se muestra una disminución de estos para el cuarto año, el cual se podría decir que es una respuesta al balance nutrimental que la planta logra con las dosis empleadas, el tiempo y la interacción de los demás nutrimentos el cual es reflejado en la disminución de los IBN a lo largo del presente trabajo con valores de +300 y finaliza con +150, lo cual nos indica que se deben de hacer una fertilización integral y donde se apliquen los elementos encontrados como deficientes, para un mejor balance nutrimental en la planta, además de considerar otros factores tales como el índice del área foliar, la dinámica de los brotes, cuantificación de la caída del fruto, la poda, el riego y en general el manejo integral de la huerta, lo cual permita incrementar y mantener constante la producción y la calidad de la Nuez (Cuadros 3,4,5 y6).

En los Cuadros 3,4,5 y 6 se obtienen los datos de los índices DRIS de Manganeso coinciden con los mencionados por Medina, (1990); en un estudio en el sur del Estado de Chihuahua, especialmente en suelos calcáreos como es el caso, los valores mostrados en el primer año lo carecen como el elemento más deficiente de todos, el cual muestra un comportamiento de disminución con el tiempo y que para el cuarto año los valores se ubican a la mitad de los valores iniciales, este incremento del contenido de Manganeso es en respuesta a los contenidos de Potasio y Fósforo, sin embargo es necesario la aplicación del Manganeso en una fertilización integral de nutrimentos, además de que el orden de requerimientos de los nutrimentos desde el

inicio marcan a este elemento como el mas deficiente, similar a lo mencionado por Medina y Aguilar, (1990).

El balance entre los nutrimentos y la disminución de los índices de balance nutrimental que se tienen en este trabajo se pueden apreciar en la respuesta del Zinc el cual al inicio del estudio se marca como deficiente entre  $-15$  y  $-25$  y para el tercer año muy cerca del adecuado aunque todavía negativo, para el cuarto esta arriba del adecuado y con valores de  $+9$  a  $+18$ , esto como respuesta al incremento de los valores de Potasio, Chávez (1992); y la disminución de los IBN obtenidos, Medina (1990); y la interacción de Nitrógeno-Potasio, mencionado por Guillen, (1992), en que dicha interacción actúa fuertemente en el incremento del contenido de Zinc en la planta (Cuadros 3,4,5 y 6 ).

El comportamiento de los índices DRIS de Cobre, se muestra en los Cuadros 3,4,5 y 6 al inicio del trabajo se consideran arriba del adecuado, se incrementan ligeramente para el segundo año, y para el tercero estos disminuyen, como lo menciona Gorostiola, (1993); aunque aun arriba; ya para el cuarto año los valores en los tratamientos se dispersan tanto arriba como abajo del adecuado y esta estabilidad lograda en este nutrimento es parte de la disminución de los IBN en respuesta a un mejor balance entre los nutrimentos obtenido en el cuarto año del estudio; aunque los contenidos de Cobre disminuyen en forma general con el tiempo dentro de la planta como lo menciona Herrera y Sullivan, (1992).

La interpretación por las dos metodologías usadas en el presente trabajo, nos muestran marcadas diferencias estadísticas siendo la metodología DRIS que nos brinda en forma explícita , el comportamiento en la interacción de los nutrimentos en el Nogal Pecanero cv Western Schley en la región de Jiménez, Chih., lo cual nos

permite tomar una mejor decisión en cuanto a la selección de la dosis a aplicar y de los nutrimentos que se encuentran deficientes para una mejor corrección de estos.

## CONCLUSIONES

En base a la hipótesis planteada y a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye que:

- 1) Existe una respuesta del nogal pecanero a las aplicaciones de Nitrógeno a través del tiempo, debido a un efecto acumulativo, así como una fuerte interacción entre nutrimentos.
- 2) Se muestra estadísticamente que el método DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) indica en una forma clara la interacción nutrimental que ocurre en el nogal.
- 3) Una relación alta entre los nutrimentos con aplicaciones de Nitrógeno respecto a Potasio, Fierro, Zinc y Manganeso así como las variables estimadas de rendimiento, número de nueces por kilogramo y por ciento de almendra.
- 4) Se hace necesaria la aplicación de Nitrógeno y Fósforo en una forma constante, además de los elementos marcados como deficientes, que nos permitan tener un adecuado balance de los nutrimentos dentro del Nogal.
- 5) La producción y calidad de la nuez en una forma constante pueden lograrse al tomar en cuenta otros factores como área foliar, dinámica del brote, cuantificación de la caída del fruto, poda, riegos y en general el manejo de la huerta en forma integral.
- 6) Sobresale la dosis de 150 kilogramos de Nitrógeno por hectárea y 80 kilogramos de Fósforo por hectárea por año, durante los cuatro años de estudio.

## LITERATURA CITADA

Bates, T.W. 1971.: Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. Soil Sci. n. 112. pp. 116-130.

Beaufils, E.R. 1973.: Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS), Soil Sci. bull No. 1 University of Natal. s. Africa. pp. 133.

Beverly, R.B. and R.E. Woorley. 1992.: Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan Hort. Sci. n. 27 (3) pp. 271.

Brison, F.R. 1976.: Cultivo del nogal pecanero (tr. Federico Garza), México, comisión nacional de Fruticultura.

Chávez, S.N. 1992.: Diagnóstico nutricional de huertas nogaleras bajo el criterio del balance entre elementos. Memorias XX Congreso Nacional de Nogaleros Cd. Delicias Chih. pp. 92

Davee, D.E. 1986.: An evaluation of the Dris approach for identifying mineral limitations on yield in "Napolean" sweet cherry, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(6):988-993.

Elwali , A.M.O. and G.J. Gascho. 1983.: Sugarcane response to P, K, and DRIS corrective Treatments on Florida Histosoles, Agronomy Journal. vol. 75, pag. 75-83 january-february.

Guillén, U.L. 1992.: Estudio del comportamiento del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] a la aplicación de zinc en el sur del estado de Chihuahua. Tesis de licenciatura, Fac. de Fruticultura, U.A.CH. p. 84

Gorostiola, H. M.L. 1993.: Análisis Integral de la Fertilización Nitrogenada en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch]. Tesis de Maestría. Facultad de Fruticultura, U.A.CH.

Herrera, E. 1983.: (A) Pecan Orchard Fertilization, Nuevo México, CES Universidad Estatal de Nuevo México, guía H-602.

Herrera, E. 1983.: (B) Interpreting Leaf Analysis and Deficiency symptoms of Pecan. Guía H-617. CES Universidad Estatal de Nuevo México.

Herrera, A.E. and D.T. Sullivan. 1982.: Pecan leaf sampling: a review sixteenth western pecan conference en proc. NMSU-CES, pp. 75-94.

Kilby, M.W. 1990. Pecan Fertilization. In.: Proc. Nineteenth West Pecan Conf. Ces-NMSU. USA

Marquard, R. 1990.: Pecan biology en second pecan orchard management shortcourse, Nuevo México, NMSU-CES.

Mceachern, G.R. 1985.: Pecan fertilization en texas pecan orchard management handbook, Texas, TAES-texas A&M University, pp. 90-91.

Medina, M. M. del C. 1990.: Diagnóstico nutrimental con el método DRIS del nogal pecanero en la comarca lagunera, en memoras 10a. Convención de nogaleros, México, AANDZA, pp. 274-284.

Medina, M. E.D.J. y J. H. Aguilar. 1986.: Pruebas de respuesta a manganeso en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en el norte de Coahuila, informe de investigación de suelos y Fruticultura CAEZAR-CIAN-INIFAP.

Medina, M., E.J. y J.H. Aguilar. 1990.: Curva de respuesta a Fósforo en nogal pecanero en el norte de Coahuila en Memorias del 8vo. Congreso Nacional de la ciencia del suelo, México SMCS, P. 77.

Meetze J. D. 1991.: Management techniques to improve underground water quality, twenty-fifth. Western pecan conf en proc. NMSU-ces. Pp. 17

Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1979.: Principles of plant nutrition 2da. edición Justus liebig university giessen/federal republic of germany.

O'Barr R: D: y J. M. McBride. 1980.: Pecan leaf sampling for comercial graves, pecan south n. 7 pp. 43-45

Ojeda, B.D.L. 1986.: Respuesta del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] a la adición de fertilizantes y estiércol de bovino en Saltillo, Coah. Tesis

Robson A.D. and M.G. Pitman 1983.: Interaction between nutrients in higher plants. In inorganic plant nutrition, encyclopaedia of plant physiology new series. Vol. 15 pp.147.

Sánchez, V.L.R. 1988.: Programa fortran generalizado para el calculo de las normas DRIS Informe de investigación de Computo y Estadística. CIFAP REGIÓN Lagunera- INIFAP.

SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT™ User's Guide. Release 6.03. edition

Sparks, D. 1976.: Iron deficiency in pecan, pecan south vol. 3, n. 4, pp. 448-449.

Smith N.W. 1991.: Pecan Nutrition, and pecan husbandry challenges and opportunities. First Nat pecan work, proc., USDA-ARS, pp. 152-157.

Sparks, D. 1978.: Fruiting effects on scorch, defoliation, and nutrient status of Chickasaw pecan leaves, pecan south, vol. 5. n. 1, pp. 34-39.

Sparks, D. 1985.: Potassium nutrition of pecan, en potassium in Agriculture, ASA-CSSA-SSSA pp. 1135-1153.

Sparks, D. 1986.: Growth and Nutrition of pecan seedling from potassium phosphate foliar sprays, Hort. Science. vol. 21 n. 1, pp. 108-109.

Sparks, D. 1988.: Growth and nutritional status of pecan response to phosphorus. J. Amer.Soc. Hort. Sci. vol. 113, n. 6 pp. 850-859.

Sparks, D. 1989.: Pecan nutrition, twenty-thyrd western Pecan conf. en proc. NMSU-CES, pp. 55-96.

Stockton A.1985. Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis in Proc. Nineteenth West. Pecan Conf. New Mexico, CES- NMSU. pp 99-100.

Summer, M.E. 1982.: The disgnosis and recomendation integrated system (DRIS) soil/plant analisis workshop. coencil on soil testing and plant. analisis. anaheim ca. 20 p.

Summer, M.E. and M.P.W. Farina. 1986.: Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field cropping system. Soils Sci. n. 5, pp. 201-236.

Ulrich, A. 1978.: Plant tisssee analisis. plant análisis as a guide fertilizer crops. Soil and plant tissue testing in california, bull. div. of agric. sci. pp. 1-4.

Worley, R.E. 1974.: Effect de N, P, K, and lime on yield, nut quality, tree growth, and leaf analisis of pecan (*Carya illinoensis* W.). J. Amer. Soc. Hort. Sci., vol. 99(1): 49-57.

Worley, R.E. 1990.: Long-term performance of pecan tree when nitrogen application is based on prescribed threshold concentration in leaf tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci., vol. 115(5):745-749.

# FERTIRRIGACIÓN DE NITRÓGENO EN NOGAL PECANERO

## Nitrogen Fertigation on Pecan Trees

**Dámaris L. Ojeda-Barrios<sup>1</sup>, Alfonso Reyes-López<sup>2</sup>, Homero Ramírez-Rodríguez<sup>2</sup>, Francisco Chávez-González<sup>3</sup>, Angel Lagarda-Murrieta<sup>3</sup>,  
Jaime Xavier Uvalle-Bueno<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>FACIATEC-UACH. Apdo. Postal. # 24 Chihuahua, Chih., México, <sup>2</sup>UAAAN Depto de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coah., México, <sup>3</sup>CAELALA Matamoros, Coah. México.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, fertirrigación nitrogenada

Index words: *Carya illinoensis*, nitrogen fertigation

## RESUMEN

Con el advenimiento del siglo, la región nogalera del Estado de Chihuahua, refrenda su importancia tanto a nivel nacional como internacional, no solo por su superficie ( 35, 846 ha), sino también por la excelente calidad de su nuez reconocida mundialmente. Los nogaleros de este Estado se han preocupado por ir a la vanguardia en lo que se refiere al establecimiento de nuevas tecnologías, así es como el uso de sistemas de riego presurizados se ha generalizado debido al interés de eficientizar el agua, esto ha generado la necesidad de implementar un programa de fertilización especialmente la nitrogenada por ser el nutrimento más requerido con el fin de determinar dosis, fuente y época de aplicación. El presente estudio se propone aportar a los nogaleros la información para que esta práctica sea más eficiente y permita incrementar la producción y calidad de nuez.

El experimento se estableció en la región nogalera de Jiménez, Chih., por ser la más importante del Estado (10,956 ha) de Chihuahua en una Huerta que cuenta con riego por goteo en árboles de 7 a 8 años de edad plantados en marco real de la variedad 'Western Schley'. La selección de árboles fue de acuerdo al perímetro de tronco, el diseño fue de bloques aleatorizados lo más homogéneos posibles con diez repeticiones y cinco tratamientos (100, 150, 200, 250 kg de N/ha y Testigo Regional). Los fertilizantes utilizados fueron sulfato de amonio (20.5% N) y nitrato de amonio (33% N): Las variables evaluadas: planta: a) vegetativas-longitudes de brote y perímetro de tronco, b) hojas: N total, NO<sub>3</sub>, porcentaje total de macro y micro nutrimentos .

Los resultados obtenidos en el primer año de evaluación indican que: no se detecta aún influencia estadística en los tratamientos evaluados, sin embargo se obtuvo el comportamiento del N a nivel foliar como N total y  $\text{NO}_3$ , se caracterizó el suelo donde se estableció el experimento de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas y se obtuvo el comportamiento del N en forma de  $\text{NO}_3$ ; para las variables vegetativas no se observa una respuesta clara . Durante el segundo año de evaluación se observa una respuesta estadística a los tratamientos de nitrógeno el cual se manifiesta en la concentración de N y  $\text{NO}_3$  ; se observa también que existe un efecto a épocas en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{++}$ , Nt y  $\text{NO}_3$  altamente significativo. Existe una tendencia que indica que la mejor dosis es de 200 kg N/ha de acuerdo a las variables analizados.

## ABSTRACT

In the next century, Chihuahua state with 35846 ha, establish of pecan trees will be an important area at the national and international level, due to his high nut quality production.

Pressurized irrigation systems have been introduced in ordenst to improve water efficiency. The purpose of this project is to develop a nitrogen fertilization program in pecan orchard thats is: to establish its concentration, source and time of application through this systems wich would be of great valve to farmers.

Field experiments were established in Jimenez city en compassing 10956 has of pecan orchards. It was chosen an orchard with drip irrigation and pecans trees 7 to 8 years old, using the cv. Western Schley. The trees were selected with a trunk perimeter. The experiments were arranged in a randomized complete block design with ten replications and five treatments (100, 150, 200, 250 kg N/ha and the control area). The nitrogen sources were ammonium sulfate (20.5%N) and ammonium nitrate (33%N): Sampling consisted of: plant: a)shoot size and trunk perimeter, B)leaves: total N(Nt), NO<sub>3</sub>, total percentage of major and minor nutrients. There was not significant difference among treatments during the first year; however, the nitrogen behave in the leaves as total N and NO<sub>3</sub>, the soil was physical and chemical analysed in the research plot and it was found that N behave as NO<sub>3</sub>; there was neither a clear response from the vegetative plant parts, or the nut quality, due to the tree age. During the second evaluation year, there was a significant response in both: the nitrogen treatments and the time of application, which was manifested through the Nt, NO<sub>3</sub> and the Na<sup>+</sup>, Cu<sup>+</sup>, Nt and NO<sub>3</sub> respectively. According with the variables tested the best doses was 200 kg N/ha.

## INTRODUCCIÓN

En México, el Estado de Chihuahua aporta el 58 por ciento de la producción nacional de nuez que lo hace el primer productor en el país, con una superficie plantada de 36,000 has de la cuales 27,000 has se encuentran en producción y 9,000 has y una producción de 32,000 ton para el ciclo 1999-2000. a nivel regional el municipio de Jiménez es el principal productor de nuez en el Estado, con 9,622 ha de nogal pecanero plantadas en 1999, de las cuales 5,228 están en producción y 4,394 ha en desarrollo, con un rendimiento aproximado de 1.6 ton/ha.

La producción de nuez se localiza en una zona árida con suelos alcalinos ricos en carbonato de calcio, medios en materia orgánica y nitrógeno, con buen drenaje y libre de sales, donde el desarrollo de la fertirrigación puede justificarse ampliamente al reducir los costos de producción, incrementando los rendimientos y garantizar los parámetros de calidad.

En el cultivo la fertilización nitrogenada ha manifestado su efecto en rendimiento a través del incremento en el número de nueces producidas por árbol. Sin embargo se requiere eficientar su uso y manejo, con el menor impacto ecológico posible, de ahí la importancia de estudiar dosis y época de aplicación del nitrógeno en sistemas de riego presurizado, lo cual es motivo de este trabajo.

Uno de los problemas que enfrentan los productores de nuez es el uso y manejo de Agua y Suelo, ligado a esto una alternativa es el empleo de sistemas de fertirrigación por los beneficios de ahorro de agua aunado a una eficiencia en la utilización de la nutrición, donde el suministro de nutrimentos es de acuerdo al requerimiento fenológico.

El fomentar el establecimiento de sistemas de riego presurizado, que han demostrado ser altamente eficientes, nos obliga a adoptar nuevas tecnologías en el manejo de huertas que sean producto de investigación con la finalidad de eficientizar los costos, así como los insumos que tiendan a elevar la producción y calidad de nuez. El determinar un programa de fertilización nitrogenada en nogal dentro del esquema de fertirrigación es un apoyo importante para los nogaleros del Estado. El presente trabajo tiene como objetivo: Evaluar la respuesta del nogal pecanero a la aplicación de nitrógeno en términos de parámetros vegetativos y de la concentración nutrimental de las hojas en un sistema fertirrigado.

La **hipótesis** de este trabajo es: Mientras mayor es la dosis de nitrógeno aplicado, mayor es la respuesta en tamaño de los parámetros vegetativos y la fuente y época de aplicación de nitrógeno no influye en la magnitud de la respuesta.

## REVISIÓN DE LITERATURA

El cultivo del nogal se inició en el Estado de Chihuahua desde hace en el Estado de Chihuahua con una superficie plantada de 35,135 ha y una producción de 31,800 toneladas para el ciclo 98-99 que equivale a un 25 por ciento de la producción mundial y el 58 por ciento del total nacional que lo hace el primer productor de nuez en el país. En el manejo de huertas una estrategia importante es bajar los costos tanto de producción como los de comercialización para hacer que el precio de la venta de nuez sea accesible al público. Actualmente, la fertilización (que es el ámbito aplicado de la nutrición vegetal) es una de las labores que más consume en cuanto a costos de producción se refiere, la toma de decisión en cuanto a la selección de nutrimentos, dosis, tipos de fertilizante a usar, época de aplicación y manejo (total o fraccionada), deben basarse en un estudio amplio de investigación sobre nutrición.

Dentro de este contexto, se observa que existe una diferencia sustancial entre nutrir a los nogales y el simple hecho de proveerles fertilizante. Igualmente, hay que tener presente el reto de incrementar productividad con un ahorro considerable, así como preservar el medio ambiente. El uso irracional del nitrógeno es un problema que merece solución ya que está impactando negativamente en las nogaleras del estado, motivo por el cual es menester generar respuestas bajo las condiciones locales de cultivo, mediante investigación regional con la finalidad de ofrecer respuestas a los productores de nogal de nuestro estado.

Se han realizado varios trabajos de fertilización nitrogenada ( Ojeda, 1986 ; Gorostiola, 1993, Basurto, 1995 y Marta, 1995) en la región de Jiménez, Chih., con la variedad Western Schley y los resultados nos indican una respuesta errática a pesar de que en el análisis estadístico se acumuló el efecto a través de los años esto

quizá debido a las variables estudiadas : producción (evaluada en kg/árbol, número de nueces/kg., y porcentaje de almendra), N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn foliar que no impactaban el comportamiento del árbol, ya que se asume que la adición anual de una dosis determinada, finalmente tendrá un efecto en las variables estudiadas.

Worley (1990) estudió durante 16 años la respuesta de nogales Stuart mayores de 50 años a las aplicaciones de nitrógeno con base en la concentración umbral del nutrimento en la hoja. Para mantener 2.25 por ciento de N en el follaje, solo en cuatro años de los 16 se requirió la presencia del fertilizante. La diferencia en fertilizante requerido entre 2.75 y 3 por ciento de N foliar fue mínima. El rendimiento varió de año a año debido a la alternancia. El rendimiento medio fue similar para los tratamientos que mantuvieron 2.25 y 2.5 por ciento de N foliar. El crecimiento del tronco y del brote no se incrementó en los tratamientos que mantuvieron 2.5 por ciento de N foliar o más. Los árboles que recibieron las mayores dosis de nitrógeno mostraron una apariencia más vigorosa y un follaje de color verde oscuro. Mantener 2.75 por ciento de N en la hoja obtuvo la mayor tasa de retorno económico y el mayor rendimiento promedio. En cuanto a la calidad de las nueces, no hubo diferencias consistentes en el porcentaje y el grado de almendra entre tratamientos, la dosis alta reduce el tamaño de la nuez y el por ciento de almendra. La concentración foliar de 2.75 por ciento de N parece dar la mejor relación, tamaño de la nuez / rendimiento.

En trabajos recientes de fertirrigación no se ha encontrado una respuesta clara a la fertilización donde se indican que las dosis 50, 100, 150 y 200 se comportan de manera similar en las variables estudiadas que fueron determinación de nutrimentos a

nivel foliar y edáfico así como monitoreo del pH del suelo en la zona de sombreado del árbol (Worley et al., 1996 y Worley y Mullinix 1995).

De Marzo a Junio de 1996, en tres nogales adultos de la variedad Western Schley al sur de Las Cruces N. M. fueron fertilizados con  $N^{15}$  (10.4% átomos) como sulfato de amonio con una aportación de seis aplicaciones de 221 Kg de N/ha, aplicados manualmente con un rastrillo y riego después a nogales adultos en una huerta comercial, para determinar la distribución del fertilizante en el árbol y en el suelo. Las concentraciones de  $N^{15}$  y nitrógeno total fueron determinadas en varios tejidos, así como a través del perfil del suelo a una profundidad de 2.75 m. En Noviembre de 1996, se encontraron niveles elevados de  $N^{15}$  cerca del espejo de agua (2.7 m), esto sugiere una pérdida de fertilizante como N lixiviado. Los datos encontrados ese año fueron 19.5% para tejido y 35.4% para suelo. La cosecha removió 4.0% del nitrógeno fertilizado, y 6.5% fue reciclado en las hojas y el ruzno. En 1997 sin la adición de fertilizante marcado, los tejidos continuaron exhibiendo  $N^{15}$  marcado. Para finales de la estación de crecimiento los niveles decrecieron a través del perfil del suelo y esto fue más evidente a mayor profundidad cerca del espejo del agua. La recuperación estimada de  $N^{15}$  del tejido del nogal (excluyendo raíz) y suelo para finales de 1997 fue de 8.4% y 12.5% respectivamente. De 1996 a 1997, las determinaciones de  $N^{15}$  indican una acumulación de fertilizante nitrogenado en los tejidos y una pérdida de fertilizante nitrogenado en el agua y en el suelo. En el crecimiento temprano de primavera, la floración y el desarrollo embrionario utilizaron fertilizante aplicado en la estación anterior, así como el aplicado ese año. La cantidad de nitrógeno que salió de la huerta en la nuez cosechada fue de 3.9 Kg de nitrógeno (de un total aplicado de 221 Kg aplicados a una hectárea). En cuatro años (de 1996 a 1999) el total de nitrógeno que fue removido de la huerta en la nuez

cosechada fue de aproximadamente 5 Kg; 3.4 Kg fueron almacenados en raíz y madera del árbol; 1.27 Kg se encontraron en hojas y ruzno y 10 Kg en el suelo. Aproximadamente 69.5 Kg se perdieron por volatilización a lixiviación. Los resultados enfatizan la pérdida de nitrógeno que ocurre durante las aplicaciones en las huertas nogaleras (Kraimer et al., 2001).

En todos los estudios revisados; la fertilización con nitrógeno incrementó los kilogramos de nuez por árbol, aunque el grado de respuesta ha sido mayor en árboles jóvenes (Tarango, 1992). El principal efecto del nitrógeno en el rendimiento es que incrementa el número de nueces producidas por árbol. Sin embargo, Sparks (1989) sugiere que para máximos rendimientos de alta calidad de nueces, tanto el nitrógeno como la humedad del suelo deben mantenerse simultáneamente en niveles de suficiencia.

Wood (2002), menciona que la aplicación a huertas de nogal ha sido una muy controversial, sobre todo en los siguientes factores tales como fertilizante nitrogenado, tiempo, frecuencia de aplicación, colocación y métodos. Existen muchos criterios para el manejo del nitrógeno, sobre todo debido a la complejidad de todos los factores que regulan tanto edáficos, tipo de fertilizante, cultivar, alternancia, método de irrigación, edad fisiológica del árbol, poda, contenido de nitrógeno del árbol, desarrollo del dosel, temperatura, profundidad de las raíces y profundidad del espejo del agua. El efecto del nitrógeno esta relacionado con el desarrollo de las flores femeninas, en el tamaño y llenado de la almendra, con lo cual un manejo adecuado podría superar de cierta manera la alternancia. Sugiere que las aplicaciones de nitrógeno son muy importantes después del rompimiento de las yemas en un período aproximado de dos a tres semanas una vez que la reserva de nitrógeno se ha agotado y una segunda aplicación en el verano una tercera parte de la

cantidad de primavera en el llenado del fruto. Una vez que el fruto esta lleno, una o dos semanas antes de la apertura del ruezno y las nueces empezarán a cosecharse la demanda de nitrógeno disminuye rápidamente. La aplicación en dosis diferentes a través de la estación de crecimiento sería muy beneficioso, sobre todo en épocas críticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo tuvo una duración de dos ciclos vegetativos durante los años 1999 y 2000 en la Huerta “La Vega” municipio de Jiménez, Chih., propiedad del cooperante Ing. Carlos González Castañón ubicada en el km 4.5 de la Autopista Jiménez-Torreón y a 256 kms de la capital del estado. Ésta localidad está situada a 27°8' Latitud Norte y 104°8' Longitud Oeste con una altitud de 1,381 msnm.

El sitio es una zona árida con precipitación media anual de 369.8 mm., un período libre de heladas de 240-250 días; las condiciones climatológicas de la región según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) es BWhw, que corresponde a un clima desértico caliente con invierno seco; la temperatura media anual es de 18.6°C, la del mes más frío es -3°C y la del mes más caliente 28°C.

El suelo donde se efectuó el experimento es alcalino y con alto contenido de carbonato de calcio, buen drenaje y contenido medio de materia orgánica y nitrógeno. En forma global, en base a las características analizadas se considera un suelo homogéneo y representativo de las zonas productoras del cultivo del nogal.

El material vegetal consistió de 50 árboles de siete a ocho años de edad de la variedad ‘Western Schley’. Los árboles se seleccionaron de acuerdo al perímetro del tronco y se realizaron los bloques correspondientes.

La Huerta tiene un diseño de plantación de Marco Real con una distancia de 12 x 12 metros entre árboles e hileras respectivamente, se cuenta con riego por goteo, cada hilera es abastecida por dos líneas y el suministro por árbol es por 33 goteros, de los cuales tienen un gasto de 2.5 l / hr / gotero, utilizando 25 m<sup>3</sup>/Ha de agua, el suelo se encuentra a Capacidad de Campo, el riego es diario, de esta manera la

aplicación de fertilizante también es diaria, se cuenta con programa de aspersión foliar con énfasis en zinc, control fitosanitario y poda de líder central.

El factor de estudio fue la dosis de fertilizante nitrogenado en diferentes niveles: N: 100, 150, 200, 250 y testigo (207) kg/ha las fuentes nutrimentales que se utilizaron para fertilizar el experimento fueron: sulfato de amonio (20.5%N) y nitrato de amonio ( 33.5% N). El fertilizante fue aplicado diariamente en una unidad a partir del 10 de marzo , hasta terminar las dosis establecidas.

El presente estudio se estableció con el diseño de bloques aleatorizados completos; con cinco tratamientos y diez repeticiones; donde la unidad experimental es un árbol.

Las variables evaluadas en hojas: Contenido nutrimental de macro y micro nutrimentos y nitratos.

Variables de Planta: vegetativos: Diámetro de tronco, Longitud de brote; durante los dos años de estudio se realizaron seis muestreos foliares de Abril a Septiembre los días 27 , para el año de 1999 y de Mayo a Octubre los días 27 para el 2000, las muestras se enviaron para su análisis en el Laboratorio de Agua-Suelo-Planta de Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza de cada uno de los nutrimentos evaluados, en forma independiente para cada muestreo. Por otra parte, para determinar el efecto de la dosis de nitrógeno sobre cada una de las variables evaluadas, se realizó el análisis de regresión lineal y cuadrática; todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete estadístico SAS (Sas, Release 6.03).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el primer año de evaluación la longitud de brote y el perímetro de tronco; aunque se encuentran muy ligados a las cantidades de nitrógeno son variables que no muestran una significancia al principio de las evaluaciones como lo demuestran los trabajos de McEachern, (1985) y Herrera, (1983).

Los análisis foliares de este primer año, nos indican que no se detecta una influencia estadística en los tratamientos evaluados como lo mencionan Worley et al (1995) y Wood (2002).

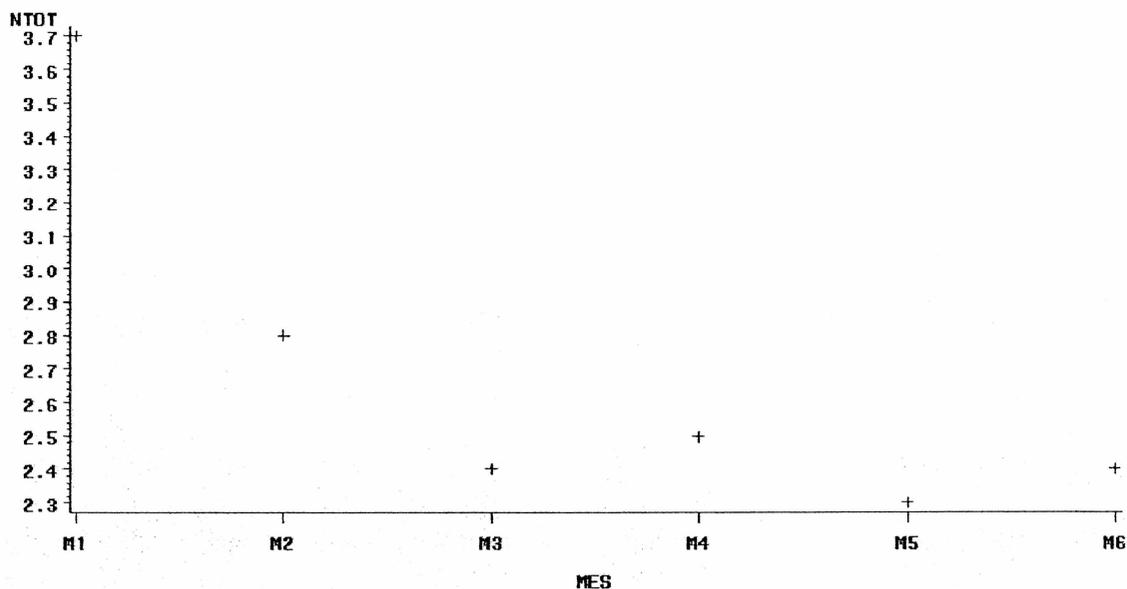
Se obtuvo el comportamiento de nitrógeno total y nitrato, como se muestra en la Fig. 1 y en la Fig. 2 los contenidos foliares son mayores en abril debido a que se está utilizando el nitrógeno de reserva, una vez que se agota este, aproximadamente durante la última mitad de la expansión de la hoja, la demanda se incrementa, ocurre aproximadamente de dos a tres semanas después del rompimiento de yemas, y es en esta etapa donde se sugiere que se adicione edáficamente, es el momento del crecimiento y expansión foliar, se empieza a desarrollar el dosel, sin embargo, un excesivo vigor de las porciones vegetativas del árbol puede alterar los equilibrios fisiológicos tales que el follaje puede competir con las nueces al estarse desarrollando. Cuando avanza el ciclo el contenido foliar desciende, después del amarre del fruto, da comienzo el crecimiento de la nuez y se convierte en el centro de demanda, los valores alcanzan sus valores más bajos en agosto, que es una etapa crítica, ya que la el fruto esta en la fase de llenado y la demanda estará en función de la producción de nueces, una cantidad considerable de nitrógeno es enviado de las hojas maduras a tejidos de almacenamiento en los árboles especialmente en las ramas y yemas formadas recientemente, existe un evidencia substancial para indicar que el

nivel de las reservas de nitrógeno influye tanto en la iniciación como en el desarrollo de flores femeninas de la siguiente primavera , si por alguna circunstancia el nitrógeno no esta disponible para la formación de proteínas y expansión de la almendra utilizará el nitrógeno del follaje adyacente, esto será más evidente de Septiembre a Noviembre, con una senescencia rápida o deterioración del follaje después de la caída del fruto, por lo tanto cuando los árboles se encuentran en la estación de dormancia con bajas reservas, producirán menos flores femeninas la siguiente primavera y afectarán el rendimiento (Wood, 2002). Es importante mencionar que se sugiere una segunda aplicación edáfica de por lo menos una tercera parte de la cantidad que se aplico en primavera, para cubrir este período crítico. Para Septiembre los contenidos se incrementan debido a la cantidad de nitrógeno que el nogal va almacenar, este nutrimento va a ser retraslocado en forma de aminoácidos y amidas primeramente a las raíces y posiblemente después a las ramas.

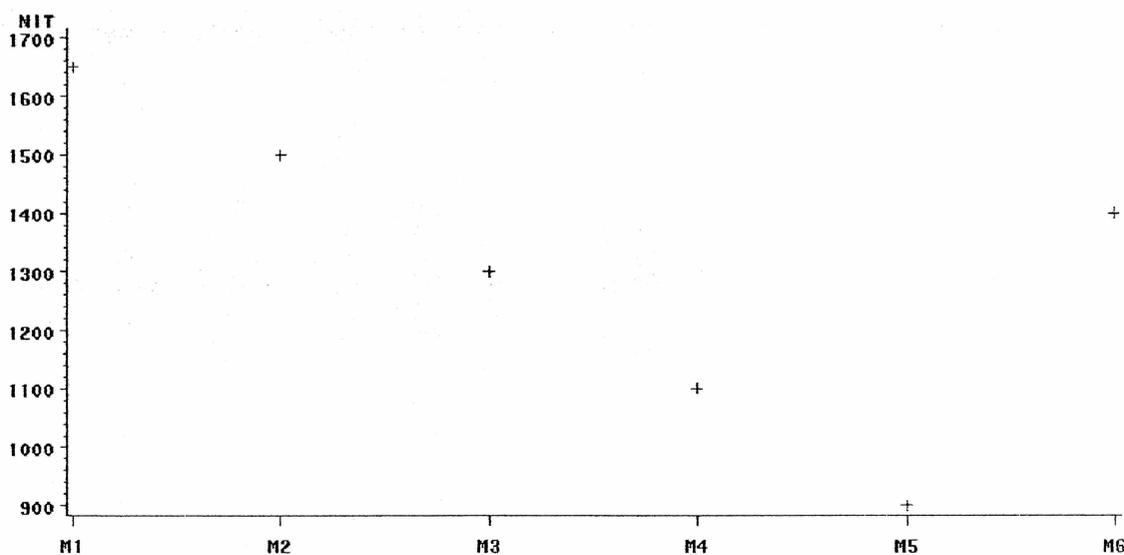
Las reservas de nitrógeno se encuentran estrechamente relacionadas al comportamiento alternante del árbol (Tarango, 1992 y Wood, 2002).

Excesos de nitrógeno afectan el tamaño de nuez y su llenado, se altera la composición química de la almendra reduciendo los ácidos grasos saludables y el contenido proteínico.

Se caracterizó el suelo en donde se estableció el experimento de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas y se obtuvo el complemento de nitratos a través de la estación de crecimiento; para las variables vegetativas no se observa una respuesta clara como lo mencionan los trabajos de Ojeda (1986), Gorostiola (1993) Basurto (1995), Worley et al (1995) y Wood (2002) .



**Fig.1** Medias del contenido de Nitrógeno foliar durante el ciclo vegetativo .Nogal pecanero. Jiménez ,Chih.,1999



**Fig.2** Medias del contenido de Nitratos foliares durante el ciclo vegetativo .Nogal pecanero. Jiménez ,Chih.,1999

Para el segundo año de evaluación en lo que respecta a circunferencia del tronco no se encontró una respuesta estadística significativa a la dosis de nitrógeno,

esto nos indica que los árboles tienen una dimensión muy similar las cuales varían de 39.07 cm a 42.93 cm con una diferencia de solo 3.86 cm. En lo que respecta a longitud de brote se encontró un efecto estadísticamente significativo a la dosis de nitrógeno del testigo (207 kg/ha de N) ya que este tiene una longitud de brote superior a los otros tratamientos, le siguen los efectos de la dosis de 100 y 150 así como la de 200 y 250 lo cual indica un comportamiento errático demostrado en muchos trabajos de este tipo Sparks (1989) y Worley y Mullinix (1996) realizaron estudios por periodos de diez o mas años con este tipo de resultados, esto podría explicarse a través de las reservas de nitrógeno, que son muy importantes, para definir el comportamiento del árbol, durante ese ciclo y del siguiente .

Considerando el análisis dentro de repeticiones se observa que en dos de ellos existe un efecto cuadrático estadísticamente significativo donde se logran la máxima longitud de brote con la dosis de 170 a 190 kg de N/ha, de acuerdo a la ecuación

$$y = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + E$$

Para el segundo año el muestreo foliar fue de Mayo a Octubre los días 27 de cada mes; los resultados nos indican de acuerdo al ANVA que las dosis aplicadas de nitrógeno tienen una influencia directa sobre la concentración de este nutrimento la cual se manifiesta en el contenido de nitrógeno total y nitratos; por otro lado se observa que esta ocasiona una fuerte interacción con otros nutrimentos, ya que se observa un efecto altamente significativo para todos los nutrimentos analizados como se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza de la concentraciones foliares de macro y micro nutrimento en nogal pecanero, Cd. Jiménez, Chih., Ciclo vegetativo 2000.

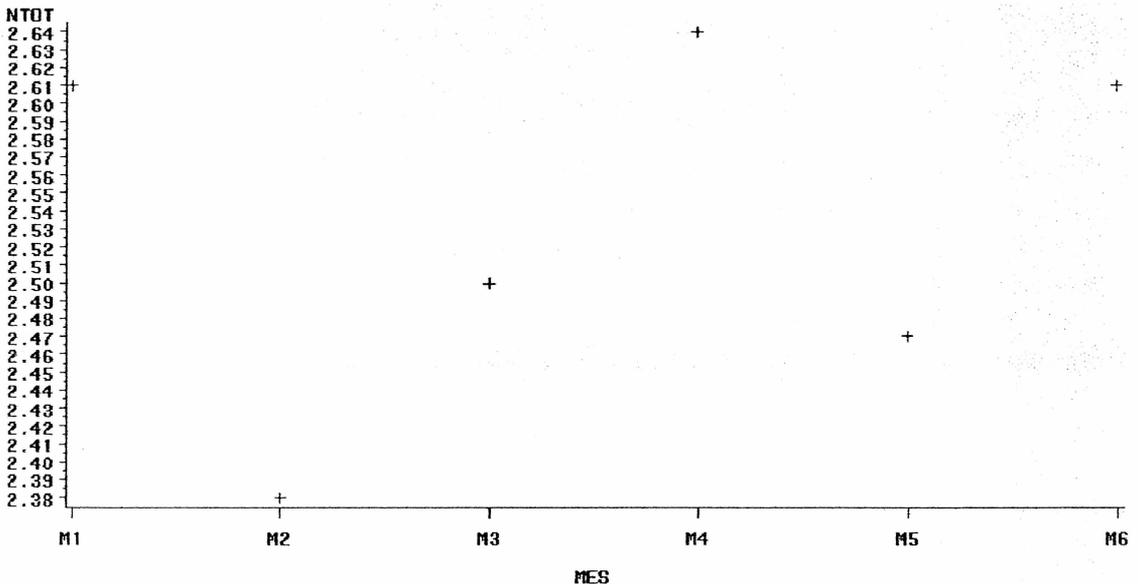
Meses	N	NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
Mayo	**	*	**	NS	NS	NS	NA	NS	NS	**	**
Junio	*	**	NS	**	*	NS	**	*	NS	**	**
Julio	NS	NS	**	**	**	**	**	NS	**	**	NS
Agosto	*	**	NS	**	**	**	NS	NS	**	*	NS
Sept.	NS	NS	*	**	NS	**	NS	NS	*	NS	NS

NS:No significativo \* Significativo \*\*Altamente significativo

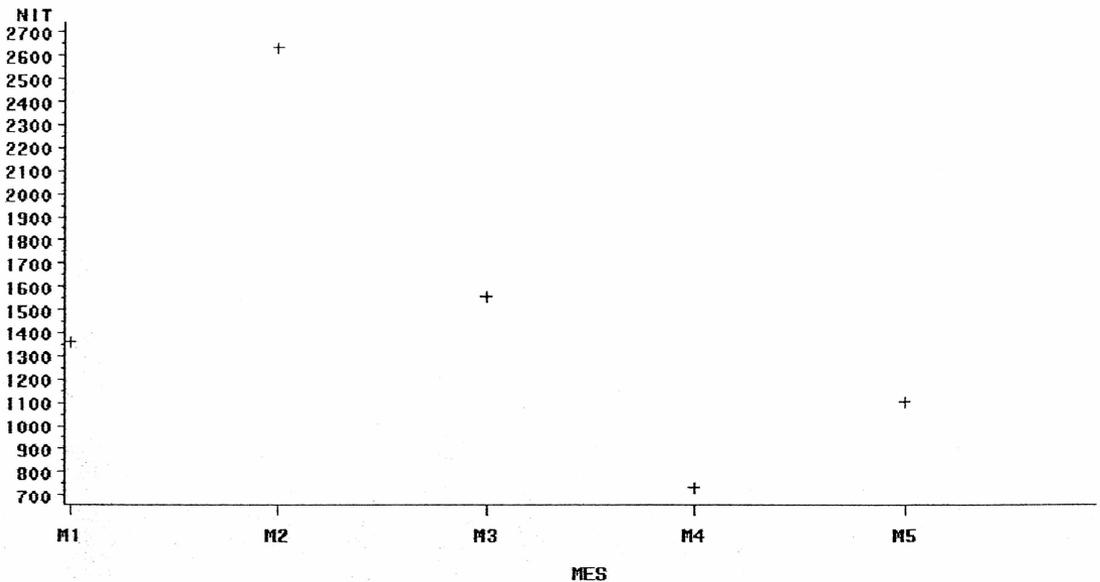
Este efecto de los tratamientos se muestra en diferentes épocas rompimiento de yemas, crecimiento del brote, floración masculina y femenina, amarre de fruto , fase acuosa del fruto (Mayo – Junio). Se observa que existe un efecto de los tratamientos sobre Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Nt y NO<sub>3</sub> altamente significativo, esto esta muy ligado a alta demanda de estos nutrimento en estos meses como lo demuestra Kraimer et al. (2001) en un estudio de N<sup>15</sup> y Wood (2002) en una revisión de fertilización de nitrógeno. Por otro lado desde Junio hasta Septiembre se tiene un efecto muy marcado sobre el potasio lo cual origina que también exista un efecto con calcio y magnesio elementos que se encuentran muy relacionados fisiológicamente (Marschner, 1986). La etapa de mayor demanda de nitrógeno, inicia en Junio en la fase acuosa donde se observa una mayor influencia de los tratamientos, posteriormente esta tendencia se observa en los meses de Julio y Agosto que son meses donde es requerido para la formación y llenado de la nuez, de acuerdo a la producción, si es totalmente requerido, muy poco será destinado a la formación de flores femeninas por lo cual es considerando época critica Wood (2002), en

Septiembre disminuye considerablemente hasta apertura de ruzno y cosecha, como se demuestra en el Cuadro 1.

Los contenidos foliares de nitrógeno y nitrato se muestran en las Fig. 3 y Fig. 4 para el segundo ciclo de evaluación, el comportamiento de los contenidos foliares es similar al de 1999, en este año de evaluación se obtuvieron los valores para el mes de Octubre, el comportamiento a través del ciclo es muy similares al del año anterior.



**Fig.3** Medias del contenido de Nitrógeno foliar durante el ciclo vegetativo .Nogal pecanero. Jiménez ,Chih.,2000.



**Fig.4** Medias del contenido de Nitratos foliares durante el ciclo vegetativo .Nogal pecanero. Jiménez ,Chih.,2000

Esto también lo menciona Kraimer et al (2001) donde determinó la cantidad de  $N^{15}$  presente a nivel foliar y determinó las cantidades removidas a través del ciclo vegetativo, es importante señalar que una parte de este Nitrógeno es utilizado tanto el aportado este año como el del ciclo anterior. El nitrógeno perdido por lixiviación es aproximadamente 35.4 por ciento.

Se observa que hubo un efecto cuadrático en la concentración de nitrógeno en los meses de Mayo y Junio y lineal para nitratos los meses de Mayo, Junio y Agosto y para nitrógeno el mes de Septiembre como se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Análisis de Regresión Lineal y cuadrática del efecto de la dosis sobre la concentración de nutrimentos y longitud de brote.

	Long. de Brote	Mayo		Junio		Agosto		Septiembre	
		N	NO <sub>3</sub>	N	NO <sub>3</sub>	N	NO <sub>3</sub>	N	NO <sub>3</sub>
<b>Lineal</b>									
Int	NS	NS	NS	NS	**	NS	**	**	NS
D	NS	NS	**	NS	**	NS	**	**	NS
<b>Cuadrático</b>									
Int	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
D	**	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
D <sup>2</sup>	**	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS

En relación a este estudio la mejor dosis fue de 203.6 kg de N/ha, de acuerdo a la ecuación  $y = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + E$  aunque aun no ocurre una tendencia clara como lo mencionan Worley et al (1995) y Worley y Mullinix, (1996).

Hernández, 1995; en un estudio realizado en nogal pecanero variedad Western Schley en la region de Lázaro Cardenas, Chih, describió el comportamiento de las yemas primarias en función del contenido de agua para definir un patrón en dormancia, encontró que dicho contenido empieza a disminuir a partir del 25 de Octubre y este descenso es más marcado del 22 de noviembre al 8 de Enero, alcanzando su punto más bajo el 6 de Febrero, este mecanismo tiene un modelo de aclimatación al frío, para el 11 de Febrero inicia un incremento en la cantidad de agua y da comienzo la rehidratación de los tejidos, período previo al rompimiento de las yemas, esta es una condición la define como una condición ecodormante, bien, en base a esto se podría entonces suponer por los contenidos foliares de nitrógeno total

y nitratos que vuelven a incrementarse en los meses de Septiembre y Octubre, que este nitrógeno es el que es retraslocado de las hojas maduras a otras porciones del árbol para ser almacenado en forma de aminoácidos y amidas, y va a ser utilizado al rompimiento de las yemas del ciclo siguiente.

## CONCLUSIONES

- Se observa una respuesta estadística de las dosis de nitrógeno a la concentración de nitrógeno total y nitratos foliar.
- En base al modelo de regresión obtenida se determinó la dosis de nitrógeno en la que se obtiene la mayor concentración de nitrógeno y nitratos la cual corresponde a 200 kg N/ha.

**LITERATURA CITADA**

- Basurto, S.M. 1995. : Análisis Integral de la Fertilización nitrogenada y fosfatada en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangh) K. Koch] Tesis de Maestría. México U.A.CH.
- Cerrato, M.E. and Blackmer, A.M. 1990.: Comparison of Models for Describing Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer. Agron. J. 82: 138-143.
- Gorostiola, H.M.L. 1993.: Análisis Integral de la Fertilización Nitrogenada en Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] ( Tesis de Maestría ) : México. U.A.CH.
- Herrera, E. 1983.: Pecan orchard fertilization. Guide h-602-New Mexico State University.
- Hernández, R.O.A. 1992.: Reporte de Análisis Foliare. Facultad de Fruticultura. U.A.CH.
- Kilby, M.W. 1990.: Pecan Fertilization. In.: Proc. Nineteenth West Pecan Conf. Ces-NMSU. USA.
- INEGI, 2000.: Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua. Mexico.

- Kraimer, A.R., Lindemann, C. and Herrera, E. 2001. Distribution of is  $N^{15}$ - labeled Fertilizer Applied to Pecan: A Case Study. Hort Science, Vol. 36(2), 308-312.
- Malstrom, H. L., Fenn, L.B. and Riley, T. 1983. Nitrogen fertilization of pecan in far west Texas. The Pecan Quarterly, vol. 17, No. 2p. 5-13
- Marta, M.G. 1995. Estudio del comportamiento del Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch ] variedad Western Schley a la fertilización nitrogenada. (Tesis de Licenciatura) U.A.CH. México.
- McEachern, G.R. 1985. Pecan Fertilization. In. Texas Pecan Orchard Management Handbook. TAES-Texas
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. 2<sup>da</sup>. (London) L.T.P. 674p.
- Ojeda, B.D.L. 1986. Respuesta del Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wang) K. Koch] a la adición de Fertilizante y Estiércol de Bovino en Saltillo, Coah. (Tesis de Maestría): México. UAAAN.
- Romero, M.L.M. 1996. Diagnóstico Nutricional del Manzano. Depto. Biología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España.
- SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT™ User's Guide. Release 6.03. edition

- Sparks, D. 1989. Pecan nutrition, twenty-thyrd Wester Pecan conf. en proc. NMSU. Pp.55-96.
- Tarango, R. S.H. 1992. : Fertilización del nogal, nutrición y productividad. Colección Agropecuaria. de camino, AALD-PNN-UACH. 121 P.
- Wood , W.B. 1990. Alternate Bearing of Pecan in: Pecan Husbandry: Challenges and Opportunities. First National Pecan. Work shop Proceedings. Unicar State Park, Georgia.
- Wood , W.B. 2002. Late Nitrogen Fertilization in pecan Orchards: A review. Proc. 36<sup>th</sup> Western Pecan Conference. Las Cruces NM. USDA. pp.47-59.
- Worley, R.W., 1990.:Long-Term-Performance of Pecan trees when Nitrogen Application is Based on Prescribed Threshold Concentration in Leaf Tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 115, No. 5; 745-749.
- Worley, R.E., Daniel. ,J.W., Dutcher J.D, Harrison K.A. and
- Mullinix, B.G. 1995.:A Long-term. Comparison of Broadcast Aplication Versus Drip Fertigation of Nitrogen for Mature Pecan Trees. Hort Technology Vol. 5 (1): 43-47.
- Worley, R.E. and Mullinix, B.G. 1996.: Fertigation and Leaf Analysis reduce Nitrogen requirements of Pecan. Hort Technology. Vol. 6 (4): 401-405.

## DISCUSIÓN

Las huertas establecidas en el estado, son relativamente jóvenes, esto habla aproximadamente de 50 años, desde entonces, la aplicación apropiada de nitrógeno ha sido muy controversial, esto se ha suscitado principalmente por factores tales como tipo de fertilizante nitrogenado, tiempo y frecuencia de aplicación, colocación y método de riego. Existen diferentes opiniones de cómo manejar el nitrógeno. Esta diversidad de opiniones está basada en el poco conocimiento o entendimiento debido a la ausencia de datos claves de investigación y por otra parte a la complejidad del manejo del nitrógeno. Esta complejidad significa que no existe una estrategia específica en el manejo del nitrógeno que sea acorde para todas las operaciones en el manejo del nogal (Brison, 1976; Ojeda, 1986 ; Sparks, 1989; Worley, 1990; Gorostiola, 1993; Basurto, 1995 y Wood, 2002).

Existen factores del suelo que regulan el manejo de nitrógeno, tales como pH, textura, capacidad de intercambio catiónico, atmósfera, microflora, humedad, tiempo y velocidad del agua a través del perfil, cubierta, tipo y costo del fertilizante nitrogenado, cultivar, alternancia, rendimiento, cantidad y métodos de irrigación, edad fisiológica del árbol, poda, nivel nutricional del árbol, desarrollo del dosel, temperatura del aire, profundidad de las raíces, profundidad del espejo de agua. Esto permite concluir que la tarea de abastecer nitrógeno a la planta es una tarea compleja (Hernández, 1992; Tarango, 1992).

Actualmente, existe evidencia para indicar que el nivel de las reservas de nitrógeno en algunos tejidos del árbol, influye en la iniciación del desarrollo de las flores femeninas del próximo ciclo. Estas reservas dentro y adyacentes a las yemas

meristemáticas en los crecimientos del año anterior de crecimiento influyen en el desarrollo de las yemas florales en la primavera. Debido a esto los árboles mejor abastecidos al llegar a dormancia producirán más flores y por consecuencia más producción (Sparks, 1989 y Wood, 2002).

Los excesos de nitrógeno durante la estación afectan los rendimientos reduciendo el tamaño de nuez y su llenado, un exceso de vigor de las porciones vegetativas del árbol pueden alterar los equilibrios fisiológicos tales que el follaje puede competir por nitrógeno con las nueces al estarse desarrollando, con reducción en el porcentaje de almendra; así como una alteración en la composición química de la almendra reduciendo los ácidos grasos y la composición proteica de las almendras también es modificado (McEachern, 1985; Ojeda, 1986; Worley, 1990; Worley y Mullinix, 1996).

En árboles en dormancia al no existe fruta, tiene poca demanda de nitrógeno del suelo. Cuando el nitrógeno no es escaso a pesar del llenado de fruto, una cantidad considerable de este nutrimento es almacenado en ramas y yemas de la estación. Por lo tanto al entrar en dormancia, lo hace con grandes reservas de nitrógeno y carbohidratos. Esto ofrece la probabilidad de que para el siguiente ciclo tenga una excelente cosecha Tarango, 1992).

En lo que respecta al suelo, una gran porción del nitrógeno se encuentra ligado a la materia orgánica. Este nitrógeno orgánico inmóvil juega un papel muy importante supliendo las necesidades de nitrógeno en los árboles, típicamente comprende el 95 por ciento de este nutrimento en el suelo en cualquier tiempo. Por lo

que la acumulación de materia orgánica es generalmente benéfico para proveer de nitrógeno liberado lentamente. La textura del suelo juega un rol crítico, esto influye en “cuándo” y “cómo” debe ser aplicado el nitrógeno. Esta característica del suelo influye de manera decisiva en su manejo (Herrera, 1983).

El nitrógeno es frecuentemente aplicado a los suelos en forma de nitrato, urea y amonio anhidro. Cuando el nitrógeno es aplicado en suelos tibios y húmedos como forma neutral de urea con un ion amonio positivamente cargado ( $\text{NH}_4$ ) se convertirá a un anión negativamente cargado ( $\text{NO}_3$ ) que es el nitrato, después de dos semanas de haber sido aplicado, este anión es altamente móvil en la solución del agua-suelo y rápidamente se moverá a través del perfil del suelo, más allá de la profundidad de la raíz hasta alcanzar el espejo del agua a no ser que sean capturados por las raíces y/o partículas. La mayoría de las partículas de suelo poseen cargas negativas, por lo que repelen a estos aniones. Por lo que existe una gran pérdida de nitrógeno por esta causa. Por lo que grandes cantidades de nitrato o urea con aplicaciones prolongadas de agua, puede dar lugar a pérdidas considerables. Es por eso que se sugiere aplicar en grandes cantidades al principio del ciclo, cuando existe mayor demanda, aunque también se puede fraccionar cuando los iones son positivos y pueden ser atrapados por las cargas negativas del suelo. Los iones amonio no se pierden rápidamente debido a que son tomados por las raíces a menos que el suelo sea arenoso y se aplique una gran cantidad de agua y el suelo contenga arcilla fina y exista una gran cantidad de potasio de tal manera que este lo bloquee por su radio iónico y no lo deje unirse a las partículas de arcilla (Gorostiola, 1993).

La toma de nitrógeno por las raíces disminuye con la velocidad del crecimiento de las mismas. Es tomado en su mayoría como amonio o nitrato. Cuando lo hace en forma de amonio es convertido en aminoácidos y amidas en las mismas raíces siendo transportado después al xilema a los puntos de crecimiento del árbol. La absorción del nitrógeno (también la del potasio, fósforo, calcio y magnesio) se debe principalmente y solamente a la demanda del árbol. Esto es regulada en función de la formación de las hojas, fruto y la síntesis de los compuestos químicos que contienen nitrógeno como proteínas. Por consecuencia es mayor la toma cuando los árboles con alta producción. La demanda de nitrógeno depende grandemente de la presencia de hojas y tallos en desarrollo y del crecimiento del fruto. Debido a la expansión de hojas y fruto están ocurriendo en tiempos específicos durante la estación de crecimiento la absorción de nitrógeno varía durante el ciclo. La toma de nitrógeno es generalmente una absorción activa, por lo cual requiere de que el árbol se encuentre metabolizando cantidades significativas de nitrógeno (Marschner, 1986).

Dentro de los fertilizantes aplicados en las huertas nogaleras los más comunes son: el sulfato de amonio (21% de N y 24% de azufre) , nitrato de amonio (34 por ciento de N ) , urea (45% de N ) y la solución urea-nitrato de amonio o UAN (28-32% de N ). La decisión del fertilizante nitrogenado dependerá de las condiciones del suelo, manejo de la huerta, necesidades del árbol y precio por unidad de fertilizante. Bajo algunas condiciones el nitrógeno puede convertirse a gas y perderse en la atmósfera. Las pérdidas son mayores con el incremento de la temperatura, pH y condiciones anaeróbicas. Por lo tanto en suelos alcalinos tibios saturados son suelos susceptibles a perder más nitrógeno. El nitrato de amonio es más factible a los

procesos de desnitrificación. En suelos calcáreos la volatilización del amonio es mayor con los fertilizantes de urea que con los que contienen sales de amonio. Este proceso ocurre también con la aplicación al voleo. La pérdida al aplicar sulfato de amonio al voleo en suelos alcalinos se sitúa alrededor o por encima del cincuenta por ciento (Worley y Mullinix, 1996).

La absorción de nitrógeno por las raíces requiere de suelos húmedos, también deben permanecer de esta manera durante el desarrollo y expansión de las hojas y el fruto. La absorción por las raíces de nogal ocurre principalmente en el primer estrato de suelo, dependiendo del tipo de labranza que se realice en la huerta. En este estrato es donde están concentradas la mayoría de raíces absorbentes (Basurto, 1995).

Debido a las diferentes demandas de nitrógeno por las raíces, hojas, madera y crecimiento del fruto, los requerimientos de los árboles deben ser diferentes, así como también si estos están activos o en dormancia. Debido a la expansión de los frutos y al llenado de almendra se requiere de una cantidad de nitrógeno, de no estar disponible en el suelo, este nutrimento es tomado de las hojas ocasionando escasez que el nivel de nitrógeno foliar descienda, los resultados de este fenómeno es que el árbol entrará a dormancia con bajas reservas, como consecuencia en el próximo ciclo en brotación, por lo que será consumido rápidamente, esto es que requiere de nitrógeno para producir nueva madera y follaje, en un período aproximado de dos a tres semanas, esto es muy importante si se trata de que el árbol tenga una área de dosel maximizada y una eficiente producción de proteínas y clorofila para elevar los niveles fotosintéticos (Wood, 2002).

Cuando las hojas alcanzan la máxima expansión, la demanda disminuye, esto permanecerá así hasta el verano cuando inicie el llenado de almendra, la demanda estará en función del número de nueces y/o de la producción. En esta época de nuevo es importante que el árbol se encuentre bien abastecido, ya que una gran cantidad de nitrógeno es movilizado desde las hojas maduras a tejidos de almacenamiento especialmente a yemas y ramas formadas recientemente, si existen grandes reservas de nitrógeno y carbohidratos serán destinados a formar el follaje y las flores de la siguiente primavera, cuando estos árboles estén activos de nuevo. A ciencia cierta aún se desconoce si el árbol realiza absorción durante la dormancia, pero se piensa que de alguna manera el árbol toma este nutrimento en este período y que debe estar muy ligado a la reserva del nitrógeno del árbol, en base a lo anteriormente descrito, es muy importante resaltar la aportación de nitrógeno en el llenado de almendra, por las repercusiones que tendrá en el siguiente período (Chávez, 1992).

Al principio de la estación de crecimiento, el árbol debe poseer alta reserva interna de nitrógeno y carbohidratos para producir altos rendimientos, todo parece indicar que los árboles tomarán el nitrógeno del suelo, hasta que sus reservas se hayan agotado, por lo cual empezarán a tomarlo de tres a cuatro semanas después del crecimiento de las yemas. La demanda de nitrógeno es altamente significativa durante el desarrollo del dosel ( 100 – 200 Kg de N/Ha ) y debido a que la almendra contiene de 10 a 15 por ciento de proteínas (75 – 150 Kg de N/Ha ) para cultivos grandes y moderados. Esto es el llenado de nuez en el verano. De no ocurrir de esta manera, el resultado es que el llenado de la almendra es pobre y las reservas de nitrógeno disminuirán, el resultado es que el follaje exhibe signos de senescencia después de un par de semanas de la caída del fruto. Esto provoca que existe una

retraslocación del nitrógeno en forma de proteínas de las hojas maduras a otras porciones del árbol, posiblemente raíces y ramas en forma de aminoácidos y amidas, por lo que estos árboles entran en dormancia en condiciones desfavorables y requerirán de mayor cantidad de nitrógeno al principio del siguiente ciclo. Una vez que el fruto está lleno, esto es una o dos semanas antes de la apertura del ruezno y las nueces empiezan a cosecharse la demanda de nitrógeno por el árbol disminuye, por lo que aplicaciones en poscosecha podrían no ser útiles, debido a que los árboles toman muy poco nitrógeno en dormancia y las aplicaciones a través del suelo estarán sujetas a lixiviación, sobre todo en suelos arenosos. Cuando se aplica nitrógeno en cada riego, esto podría ser de beneficio, ya que este nutrimento se encontrará disponible durante todo el ciclo, es importante mencionar que las cantidades deberán ser mayores al principio del ciclo y al llenado de la nuez. Todo lo aquí descrito podría superar de cierta manera la alternancia ( Sparks, 1989 y Wood, 2002).

## CONCLUSIONES

1.- En base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos, se concluye: Existe respuesta del nogal pecanero a la aplicación de Nitrógeno a través del tiempo, debido a un efecto acumulativo, detectado por observaciones repetidas, dependiendo fuertemente de la dosis suministrada.

- No se detecta influencia estadística entre aplicar el fertilizante en forma total o fraccionada.
- Se obtuvo una relación alta entre el Nitrógeno suministrado y los estimadores de kilogramo por árbol, número de nueces por kilogramo y concentración foliar de macro y micronutrientes, sobresaliendo la dosis de 100 kg de N/ha, aplicado en forma total.

2.- En base a la hipótesis planteada y a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye que:

- Existe una respuesta del nogal pecanero a las aplicaciones de Nitrógeno a través del tiempo, debido a un efecto acumulativo, así como una fuerte interacción entre nutrientes.
- Se muestra estadísticamente que el método DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación) indica en una forma clara la interacción nutrimental que ocurre en el nogal.

Una relación alta entre los nutrientes con aplicaciones de Nitrógeno respecto a Potasio, Hierro, Zinc y Manganeso así como las variables estimadas de rendimiento, número de nueces por kilogramo y por ciento de almendra.

- Se hace necesaria la aplicación de Nitrógeno y Fósforo en una forma constante, además de los elementos marcados como deficientes, que nos permitan tener un adecuado balance de los nutrientes dentro del Nogal.

- La producción y calidad de la nuez en una forma constante pueden lograrse al tomar en cuenta otros factores como área foliar, dinámica del brote, cuantificación de la caída del fruto, poda, riegos y en general el manejo de la huerta en forma integral.
- Sobresale la dosis de 150 kilogramos de Nitrógeno por hectárea y 80 kilogramos de Fósforo por hectárea por año, durante los cuatro años de estudio.

3.- De acuerdo a los objetivos planteados se observa una respuesta estadística de las dosis de nitrógeno a la concentración de nitrógeno total y nitratos foliares.

- En base al modelo de regresión obtenida se determinó la dosis de nitrógeno en la que se obtiene la mayor concentración de nitrógeno y nitratos la cual corresponde a 200 kg N/ha.

## LITERATURA CITADA

- Basurto, S.M. 1995. Análisis Integral de la Fertilización nitrogenada y fosfatada en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangh) K. Koch] Tesis de Maestría. México. U.A.CH.
- Bates, T.W. 1971.: Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. Soil Sci. n. 112. pp. 116-130.
- Beaufils, E.R. 1973.: Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS), Soil Sci. bull No. 1 University of Natal. s. Africa. pp. 133.
- Beverly, R.B. and R.E. Woorley 1992.: Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan Hort. Sci. n. 27 (3) pp. 271.
- Brison, F.R. 1976.: Cultivo del nogal pecanero (tr. Federico Garza), México, comisión nacional de Fruticultura.
- Cerrato, M.E. and A.M. Blackmer,. 1990. Comparison of Models for Describing Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer. Agron. J. 82: 138-143.
- Chávez S.N. 1992.: Diagnóstico nutricional de huertas nogaleras bajo el criterio del balance entre elementos. Memorias XX Congreso Nacional de Nogaleros Cd. Delicias Chih. pp. 92
- Davee D.E., 1986.: An evaluation of the Dris approach for identifying mineral limitations on yield in "Napolean" sweet cherry, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(6):988-993.
- Elwali A.M.O. and G.J. Gascho 1983.: Sugarcane response to P, K, and DRIS corrective Treatments on Florida Histosoles, Agronomy Journal. vol. 75, pag. 75-83 January-February 1983.
- Gorostiola, H.M.L. 1993. Análisis Integral de la Fertilización Nitrogenada en Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] (Tesis de Maestría ): Facultad de Fruticultura, U.A.CH. México. .
- Guillen U.L. 1992 .: Estudio del comportamiento del nogal pecanero [*Carya*

- illinoensis* (Wangenh) C. Koch] a la aplicación de zinc en el sur del estado de Chihuahua. Tesis de licenciatura, Fac. de Fruticultura, U.A.CH. p. 84
- Hernández, O:E., 1995.: Caracterización y manejo de dormancia en el nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. Tesis de Maestría. Facultad de Fruticulrtura, UACH
- Hernández, R. O. A. 1992. Reporte de Análisis Foliare. Facultad de Fruticultura. U.A.CH.
- Herrera A.,E. and D.T. Sullivan 1982.: Pecan leaf sampling: a review sixteenth western pecan conference en proc. NMSU-CES, pp. 75-94.
- Herrera E. 1983 (B):. Interpreting Leaf Analysis and Deficiency symptoms of Pecan. Guía H-617. CES UNIVERSIDAD Estatal de Nuevo México.
- Herrera, E. 1983 (A):. Pecan Orchard Fertilization, Nuevo México, CES Universidad Estatal de Nuevo México, guía H-602.
- Herrera, E. 1983. Pecan orchard fertilization. Guide h-602-New México State-University.
- INEGI, 2000. Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua. México.
- Kilby, M.W. 1990 Pecan Fertilization. In.: Proc. Nineteenth West Pecan Conf. Ces-NMSU. USA.
- Kraimer,A.R., Lindemann, C. and Herrrera,E. 2001. Distribution of is  $N^{15}$ - habeled Fertilizer Applied to Pecan: A Case Study. Hort Science, Vol. 36(2), 308-312.
- Malstrom, H.L., Fenn, L.B. and Riley, T. 1983. Nitrogen fertilization of pecan in far west Texas. The pecan Quarterly, Vol. 17, No. 2 p. 5-13.
- Malstron, H. L., Fenn, L.B. and Riley, T. 1983. Nitrogen fertilization of pecan in far West Texas. The Pecan Quarterly, vol. 17, No. 2p. 5-13

- Marquard, R. 1990.: Pecan biology en second pecan orchard management short course, Nuevo México, NMSU-CES.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. 2<sup>da</sup>. (London) L.T.P. 674p.
- Marta, M.G. 1995. Estudio del comportamiento del Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* Wangenh) C. Koch ] variedad Western Schley a la fertilización nitrogenada. (Tesis de Licenciatura) U.A.CH. México.
- McEachern G.R. 1985.: Pecan fertilization en texas pecan orchard management handbook, texas, TAES-texas A&M University, pp. 90-91.
- McEachernN, G.R. 1985. Pecan Fertilization. In. Texas Pecan Orchard Management Handbook. TAES-Texas A& M University. P. 90-91
- Medina M., E.D.J. y J. H. Aguilar. 1986.: Pruebas de respuesta a manganeso en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en el norte de Coahuila, informe de investigación de suelos y Fruticultura CAEZAR-CIAN-INIFAP.
- Medina M., M. del C. 1990.: Diagnóstico nutrimental con el método DRIS del nogal pecanero en la comarca lagunera, en memoras 10a. Convención de nogaleros, México, AANDZA, pp. 274-284.
- Medina, M., E.J. y J.H. Aguilar P. 1990.: Curva de respuesta a Fósforo en nogal pecanero en el norte de Coahuila en Memorias del 8vo. Congreso Nacional de la ciencia del suelo, México SMCS, P. 77.
- Medina, M.,M. del C. 1992. Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en experimentos de fertilización en nogal pecanero en: Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo Acapulco, Gro. México.
- Meetze J. D. 1991.: Management techniques to improve underground water quality, twenty-fifth. Western pecan conf en proc. NMSU-ces. Pp. 17
- Méndez, R.I.; Posadas, A.; Mundo E. y Marín, S. 1992. Análisis de Experimentos con observaciones repetidas. Ponencia presentada en el VII Foro de Estadística. Puebla, México.

- Mengel K. y Ernest, A., Kirkby. 1979.: Principles of plant nutrition 2da. edición Justus Liebig university giessen/federal republic of Germany.
- O'Barr R: D: y J. M. McBride. 1980.: Pecan leaf sampling for comercial graves, pecan south n. 7 pp. 43-45
- Oaks A. 1994. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. Can. J. Bot. 72:739-750
- Ojeda, B.D.L. 1986. Respuesta del Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wang) K. Koch] a la adición de Fertilizante y Estiércol de Bovino en Saltillo, Coah. (Tesis de Maestría): México. UAAAN.
- Robson A.D. and M.G. Pitman 1983.:Interaction between nutrients in higher plants. In inorganic plant nutrition, encyclopaedia of plant physiology new series. Vol. 15 pp.147.
- Romero, M.L.M. 1996. Diagnóstico Nutricional del Manzano. Depto. Biología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España.
- Ruiz- Saenz, J. and Romero L.1999a Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. Sci. Hort 81: 113-123.
- Ruiz- Saenz, J. and Romero L.1999b.Cucumber Yield and Nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. Sci Hort.( En prensa).
- Ruiz- Saenz, J.1999. Respuesta de algunos procesos metabólicos en planta de Tabaco (*Nicotiana tabacum* L. Var.Tennessee 86)ante la aplicación conjunta de Boro y Calcio. Tesis Doctoral Universidad de Granada . España.1999.
- Salisbury F.B. and Ross C.W. 1985. Plant Physiology. 3a. Edición .Wadsworth Pub. Co., Belmont, Cal., USA, pp 211-226.
- Sánchez V.L.R. 1988Program fortran generalizado para calculo de las normas DRIS. Informe de investigación de computo y Estadística . CIFAP región Laguna-INIFAP.

DRIS Informe de investigación de Computo y Estadística. CIFAP Región Lagunera- INIFAP.

SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT™ User's Guide. Release 6.03. edition.

Smith N.W. 1991.: Pecan Nutrition, and pecan husbandry challenges and opportunities. First Nat pecan work, proc., USDA-ARS, pp. 152-157.

Sparks, D. 1976.: Iron deficiency in pecan, pecan south vol. 3, n. 4, pp. 448-449.

Sparks, D. 1978.: Fruiting effects on scorch, defoliation, and nutrient status of Chickasaw pecan leaves, pecan south, vol. 5. n. 1, pp. 34-39.

Sparks, D. 1985.: Potassium nutrition of pecan, en potassium in Agriculture, ASA-CSCA-SSSA pp.1135-1153

Sparks, D. 1986.: Growth and Nutrition of pecan seedling from potassium phosphate foliar sprays, Hort. Science. vol 21 n. 1 pp 108-109.

Sparks, D. 1988.: Growth and nutritional status of pecan response to phosphorus. J. Amert. Soc. Hort. Sci. vol 113, n.6 pp.850-859.

Sparks, D. 1989.: Pecan nutrition, twenty-thyrd western Pecan conf. en proc. NMSU-CES, pp. 55-96.

Stockton A. 1985. Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis in Proc. Nineteenth West. Pecan Conf. New Mexico, CES- NMSU. pp 99-100.

Summer, M.E. 1982.: The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) soil/plant analysis workshop. council on soil testing and plant. analysis. Anaheim Ca. 20 p.

Summer, M.E. and M.P.W. Farina 1986.: Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field cropping system. Soils Sci. n. 5, pp. 201-236.

Tarango R. S. H. 1992.: Fertilización del nogal, nutrición y productividad. Colección Agropecuaria. de camino, AALD-PNN-UACH. 121p.

- Urich, A. 1978.: Plant tissue analysis. plant analysis as a guide fertilizer crops. Soil and plant tissue testing in California, bull. div. of agric. sci. pp. 1-4.
- Wood , W.B. 1990. Alternate Bearing of Pecan in: Pecan Husbandry: Challenges and Opportunities. First National Pecan. Work shop Proceedings. Unicar State Park, Georgia.
- Wood , W.B. 2002. Late Nitrogen Fertilization in pecan Orchards: A review. Proc. 36<sup>th</sup> Western Pecan Conference. Las Cruces NM. USDA. pp.47-59.
- Worley R.E. 1974.: Effect de N, P, K, and lime on yield, nut quality tree growth, and leaf analysis of Pecan (*Carya illinoensis* W) J. Amer. Soc. Hort. Sci., vol 99, n. 1. pp. 49-57.
- Worley, R.E. 1990.: Long-term performance of pecan tree when nitrogen application is based on prescribed threshold concentration in leaf tissue, J. Amer. Soc. Hort. Sci., vol. 115, pp. 745-749.
- Worley, R.E. and Mullinix, B.G. 1996. : Fertigation and Leaf Analysis reduce Nitrogen requirements of Pecan. Hort Technology. Vol. 6 (4): 401-405.
- Worley, R.E., Damoehn, J.W., Dutcher,J.D., Harrison, K.A. and Mullinix, B.G. 1995. A Long-term. Comparison of Broadcast Application Versus Drip Fertigation of Nitrogen for Mature Pecan Trees. Hort Technology. Vol. 5 (1): 43-47.
- Worley, R.W., 1990. Long-Term-Performance of Pecan trees when Nitrogen Application is Based on Prescribed Threshold Concentration in Leaf Tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 115, No. 5; 745-749.