

## EFFECTO DE LA PODA DE RENOVACION EN EL CRECIMIENTO, NUTRICION Y PRODUCCION DE NOGALES DE BAJO VIGOR Y ALTERNANCIA COMPLETA\*

### EFFECT OF RENOVATION PRUNING ON GROWTH, NUTRITION AND NUT YIELD OF LOWVIGOR, TOTAL-ALTERNATE-BEARING PECANS

Socorro Héctor Tarango Rivero<sup>1</sup> y Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.C. Investigador en Fruticultura, Campo Experimental Delicias, INIFAP, Apdo. Postal 81, Cd. Delicias, Chihuahua, México. <sup>2</sup>M.C. Profesora-Investigadora, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

#### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la poda de renovación en nogales adultos de la variedad "Western", con un pobre crecimiento vegetativo y una alternancia completa en la producción. La poda disminuyó el crecimiento del tronco, pero incrementó el de los brotes y en un 58% el de las hojas. Esta práctica redujo el rendimiento de 41% a 64% en el año de aplicación, pero mejoró significativamente la calidad de las nueces, aumentando el tamaño en 22% y el contenido de almendra en 4.9 puntos porcentuales, en promedio. La poda incrementó notablemente la concentración foliar de N, P, Zn, Mn y Cu, y ligeramente la de K. Se determinó la dinámica de la concentración foliar de nutrientes a través del ciclo de crecimiento y desarrollo del nogal, encontrando que la de N, P, K y Cu disminuye conforme transcurre el ciclo; la de Ca aumenta; la de Mg es relativamente estable; y la de Zn, Mn y Fe disminuye a mediados de la estación, pero se recupera al final de ésta.

**Palabras clave:** Nogal pecanero, poda, alternancia, estado nutricional.

#### ABSTRACT

The effect of renovation pruning was evaluated on mature trees of "Western" pecan variety, which had poor vegetative growth and complete alternate bearing. Pruning diminished tree trunk growth but increased shoot growth and leaf growth (58%). Although pruning reduced yield (41% to 64%) the year it was applied, significantly improved nut quality through an average 22% increase in nut size and 4.9 points in kernel percentage.

Pruning notably increased the foliar concentration of N, P, Zn, Mn and Cu, and slightly that of K. Changes in foliar concentration of nutrients were monitored during both vegetative and reproductive stages of pecan. It was found that the concentration of N, P, K and Cu diminishes as the season progresses, while that of Ca increases and Mg concentration is relatively stable. Zn, Mn and Fe concentrations diminish at midseason but increase again at the end of the season.

**Key words:** Pecan tree, pruning, alternate bearing, nutrient status.

\* Fecha de recepción : 24 de agosto de 1999

Fecha de aceptación : 22 de noviembre de 1999

## INTRODUCCION

El nogal pecanero, *Carya illinoensis* (Wangeh.) K. Koch es un árbol longevo, que puede producir con fines comerciales por más de 50 años (Salas, 1997). Conforme la edad del nogal aumenta, el crecimiento vegetativo disminuye, la producción irregular se acentúa y se incrementa la formación de frutos, con detrimento en tamaño y calidad (Sparks, 1991; Chávez, 1992); como consecuencia de ello el árbol envejece y se vuelve improductivo prematuramente (Chávez 1992). En nogales adultos el manejo agronómico debe promover un equilibrio entre crecimiento vegetativo y fructificación, para mantener alta la relación hoja/fruto, producir nueces de calidad y minimizar la alternancia (Sparks, 1991).

En nogales adultos, los cuales tienen un alto porcentaje de brotes fructíferos, el aumento en la dosis de fertilizante nitrogenado incrementa el amarre de flores, pero frecuentemente no favorece el crecimiento del brote ni el área foliar; por lo tanto, favorece la producción de un mayor número de frutos por árbol, pero de mala calidad (Sparks, 1987; 1989). En cambio, la poda restablece el crecimiento en nogales de bajo vigor, favorece la relación hoja/fruto y mejora la calidad de la nuez (Worley, 1977; Sparks, 1991; Wood, 1991; Chávez, 1992), aunque reduce el rendimiento en proporción a la cantidad de madera removida (Arreola y Lagarda, 1988).

En la región nogalera de Chihuahua la poda que permite que los nogales recuperen su vigor se le denomina de renovación, y es severa con relación a la cantidad de madera que se elimina (Chávez 1992). De manera particular la variedad Western responde bien a este tipo de poda, debido a que el árbol es precoz y a que puede formar brotes fructíferos en el interior de la copa (Worley 1985). El presente estudio se realizó con el propósito de determinar la respuesta de nogales de bajo vigor y alternancia completa a la poda de renovación, y su efecto en el crecimiento, la

producción, la concentración foliar de nutrimentos y la dinámica estacional de éstos.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio incluyó cuatro experimentos conducidos de 1993 a 1998 (Cuadro 1). En todos los experimentos se escogieron árboles que no produjeron el año anterior, con la finalidad de reducir su variabilidad como unidades experimentales y para que sus reservas balanceadas favorecieran una respuesta vigorosa a la poda. Otra característica común en los árboles incluidos en los cuatro experimentos fue de bajo vigor y alternancia completa. En los árboles de los experimentos 1, 3 y 4 se realizó una poda de renovación (50% de la madera de la copa), propuesta por Chávez (1992), que consistió en los siguientes pasos: primero se hizo un aclareo de ramas primarias, empalmadas y/o mal distribuidas; después las ramas que permanecieron en el árbol a su vez se cortaron donde tenían un grosor de 5.0 a 7.5 cm de diámetro.

En el experimento 2 se realizó una poda selectiva o de aclareo (Worley, 1985), que consistió en cortar aproximadamente la mitad de las ramas secundarias y terciarias en cada nogal, con el criterio de abrir espacios dentro de la copa y eliminar competencia y sombreo entre aquéllas.

En cada uno de los experimentos el número de árboles incluidos fueron las repeticiones por tratamiento y se probaron dos tratamientos: 1) testigo sin podar y 2) poda.

Las variables medidas en todos los experimentos fueron las siguientes: incremento de diámetro del tronco, longitud del brote fructífero, área foliar estimada y concentración foliar de nutrimentos (Herrera, 1983; Whithworth, *et al.*, 1992). El análisis estadístico de los datos se hizo según un diseño completamente aleatorio con el paquete estadístico SAS 6.06 (SAS Institute, 1988).

**Cuadro 1. Localidades y huertas, número de árboles por repetición y edad de los árboles en cada uno de los cuatro experimentos realizados en el estado de Chihuahua de 1993 a 1998.**

	Huerta	Localidad	Año	No. de árboles	Edad de los árboles
1	Villa del Rey	Ojinaga	1993	12	28-30 años
2	El Reznó	Delicias	1995	10	28 años
3	La Perla	Meoqui	1995	6	25-30 años
4	Santa María	Delicias	1998	10	30 años

En el Experimento 1, el área foliar se estimó con la siguiente ecuación:  $Y=169.2+106.2X+3.5X^2$ , donde  $Y$ =área foliar en  $\text{cm}^2$  y  $X$ =número de hojas por brote vegetativo en un intervalo de 1 a 22,  $r^2=0.966$  (Whitworth *et al.*, 1992).

En los experimentos 2, 3 y 4 el área foliar se estimó con la ecuación  $Y=1.56+0.62X$ , donde  $Y$ =área foliar en  $\text{cm}^2$  y  $X$ =largo por ancho del foliolo terminal;  $r^2=0.985$  (Medina, 1993).

Las dosis de fertilización y la época de aplicación de los fertilizantes se presenta a continuación:

**Experimento 1.** La fertilización se realizó con 120 kg de N  $\text{ha}^{-1}$ , aplicados a mediados de marzo, y cuatro aspersiones al follaje de NZN (350 mL 100 L  $\text{L}^{-1}$  agua aspersión $^{-1}$ ) durante abril y mayo, se dieron nueve riegos en el ciclo vegetativo. La poda se realizó la primera quincena de febrero. El muestreo de foliolos para el análisis nutricional se hizo los últimos días de los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, según el procedimiento indicado por Herrera (1983).

**Experimento 2.** Los árboles se fertilizaron con la fórmula 192-23-0. Todo el fósforo se aplicó en marzo, y el nitrógeno se distribuyó en marzo, abril y mayo. Se dieron cinco aspersiones al follaje con 360 g de  $\text{ZnSO}_4$  + 260 g de urea desbiuretizada en 100 L de agua; en la cuarta y quinta aspersiones se adicionaron 25 g de  $\text{CuSO}_4$  se dieron ocho riegos en el ciclo vegetativo; y la poda se realizó en la primera quincena de febrero. El muestreo de foliolos para el análisis nutricional se hizo el 28 de julio.

**Experimento 3.** La fertilización se realizó con la fórmula 140-80-0. Todo el fósforo se aplicó en marzo y el nitrógeno se aplicó en marzo, abril y mayo en la misma proporción. Al follaje se hicieron cuatro aspersiones de NZN (1000 mL 100 L $^{-1}$  de agua), dos de NMg (2000 mL 100 L $^{-1}$  de agua) y tres de  $\text{MnSO}_4$  al 27% (900 g 100 L $^{-1}$  de agua). Se dieron siete riegos en el ciclo vegetativo, y la poda se realizó la segunda quincena de febrero. El muestreo de foliolos se hizo el 4 de agosto.

**Experimento 4.** La fertilización se realizó con la fórmula 200-60-60. Todo el fósforo y el potasio y 100 kg de nitrógeno se aplicaron en marzo. Los 100 kg restantes de nitrógeno se fraccionaron en 60 kg que se aplicaron en abril y 40 kg que se aplicaron en mayo. Se hicieron cinco aspersiones al follaje

de NZN (500 mL 100 L $^{-1}$  de agua). Se dieron nueve riegos durante el ciclo vegetativo. La poda se realizó durante la primera quincena de febrero. El muestreo de foliolos se hizo el 3 de agosto.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Condición de los árboles.** Con la finalidad inferir sobre el vigor y la capacidad productiva de los brotes, previamente a la poda se midió la longitud de los que portaban una rama secundaria del tercio superior de la copa, cuya condición promedio se muestra en el Cuadro 2. Se observa que la mayoría (58.9% a 62.9%) de los brotes se ubica en el intervalo de 1 a 10 cm; en el intervalo de 15.1 a 30 cm sólo queda el 17.7%, en promedio. En el nogal los brotes de la parte superior de la copa son los más vigorosos y es el vigor del brote lo que determina su capacidad de fructificación, de manera curvilínea (Sparks y Heath, 1972). En el caso de nogales «Western» adultos, los brotes más productivos miden de 15 a 30 cm de longitud (McEachern, 1985; Lagarda, 1986).

**Cuadro 2.** Porcentaje de brotes de árboles de nogal variedad «Western», adultos, de bajo vigor y alternancia completa en dos huertas en ocho intervalos de longitud.

Intervalo (cm)	Villa del Rey	El Ruezno
	%	%
<5.0	36.7	23.3
5.1-10.0	26.2	35.6
10.1-15.0	16.1	15.9
15.1-20.0	7.0	8.8
20.1-25.0	6.0	5.6
25.1-30.0	5.0	3.0
30.1-35.0	3.0	3.9
35.1>	0	3.9

En lo que respecta al grado de alternancia, éste se calificó de completo, pues en los árboles (testigo) el rendimiento medio varió de 0 a 38.8 kg en la huerta Villa del Rey y de 0 a 36.9 kg en El Ruezno. Por lo anterior, se considera que nogales con características de crecimiento de brote como las indicadas son de bajo vigor e ineficientes para mantener una producción y calidad de nuez relativamente estables (Arnold, *et al.*, 1981; Chávez, 1992).

**Crecimiento.** El crecimiento del tronco tendió a ser menor en los árboles podados (Cuadro 3), y según Mika (1986) esto se explica porque una gran cantidad de carbohidratos y nutrimentos minerales se utilizan en el desarrollo de nuevos brotes, estableciéndose una competencia entre éstos y el tronco. Si se considera que el crecimiento del tronco es un indicador del tamaño de un nogal (Koch y Hunter 1957), el resultado anterior significa que la poda regula el porte de un árbol, efecto benéfico para su desarrollo equilibrado.

**Cuadro 3. Incremento anual del grosor del tronco (ICT) y longitud del brote fructífero (LBF) en nogales "Western" adultos, con y sin poda, en los huertos incluidos en el estudio.**

Tratamiento	ICT (cm)	LBF(cm)
Villa del Rey		
Testigo	2.6	6.9
Poda de renovación	2.3	7.1
El Ruezno		
Testigo	2.3 a <sup>y</sup>	12.2
Poda selectiva	1.5 b	13.2
La Perla		
Testigo	0.37	11.7
Poda de renovación	0.37	9.4
Santa María		
Testigo	n.d. <sup>z</sup>	9.0
Poda de renovación	n.d.	11.5

<sup>y</sup> En cada huerto, medias con distintas letras son diferentes al 5% (Tukey).

<sup>z</sup> Datos no disponibles.

En cuanto al brote fructífero, su longitud tendió a ser mayor en los árboles podados (Cuadro 3), pero sin diferencia estadística. Los brotes medidos fueron los del ecuador de la copa de los nogales, y aunque su vigor mejoró con la poda el efecto resultó mínimo; en cambio, los brotes vegetativos que se formaron justo abajo de los cortes fueron numerosos y muy vigorosos (observación visual). Esto se debe a varios factores: el efecto del corte es muy localizado en las ramas podadas (Crane y Dodge citados por Worley, 1991), por lo que los brotes más vigorosos se forman junto a los cortes, el nuevo ápice de la rama (Kramer *et al.*, 1982); dichos brotes vegetativos apicales se comportan como dominantes en la utilización de nutrimentos (Warlaw citado por Mika, 1986). Por otro lado, los brotes fructíferos detienen su elongación muy temprano en el ciclo, debido a la emisión de la inflorescencia. No obstante, la respuesta anterior es

favorable para el nogal, pues el mantener un 30% de brotes vegetativos con poda selectiva mejora su relación hoja/fruto (Wood, 1991).

**Area foliar.** Existe una alta correlación lineal y positiva entre el área foliar específica y la masa foliar de un nogal. Esto significa que el área es un buen indicador de la cantidad total de hojas de un árbol, y por lo tanto de la cantidad de tejido potencialmente fotosintetizador (Frías-Ramírez y Jones, 1999). Según Barden (1977) y Rom (1994), el tamaño de la hoja se relaciona directamente con la fotosíntesis neta.

En este trabajo, el tamaño del foliolo de brotes fructíferos fue significativamente mayor en los nogales podados. El área foliar se incrementó de 1.57 a 3.86 veces debido a la poda (Cuadro 4). Esta es una respuesta típica de los nogales a dicha práctica cultural (Wood, 1991) y se explica porque al podar severamente se elimina una gran cantidad de madera y de yemas, por lo que el árbol redistribuye su energía en menos puntos de crecimiento, cuyos brotes y hojas serán más vigorosos (Mika, 1986; Worley 1991; Chávez, 1992). Esto significa una mejor relación hoja/fruto, condición que favorece la calidad de la nuez (Wood, 1991) y tiende a reducir la alternancia (Sparks, 1986). Hojas más grandes y mejor iluminadas (la poda realizada elimina en un alto grado el sombreado dentro y entre nogales) son más eficientes para la fotosíntesis, lo cual junto con la reducción del rendimiento debido a la poda, les permite a los árboles recuperar su vigor y productividad.

**Cuadro 4. Tamaño estimado de foliolos (TEF) de brotes fructíferos de nogales "Western" adultos, con y sin poda, en los huertos estudiados.**

Huerta	Tratamiento	TEF (cm <sup>2</sup> )
Villa del Rey <sup>x</sup>	Testigo	465 a <sup>z</sup>
	Poda de renovación	1,798 b
El Ruezno <sup>y</sup>	Testigo	14.9 a
	Poda selectiva	23.4 b
La Perla <sup>y</sup>	Testigo	13.0
	Poda de renovación	32.2 b
Santa María <sup>y</sup>	Testigo	10.6 a
	Poda de renovación	28.9 b

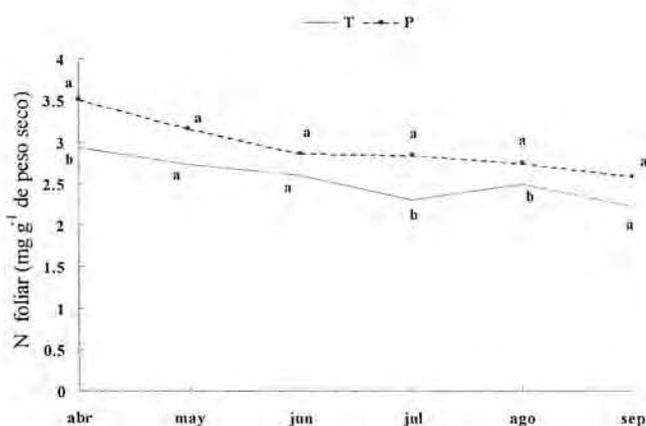
<sup>x</sup> Se estimó el área de la hoja

<sup>y</sup> Se estimó el área del foliolo terminal.

<sup>z</sup> En cada huerta, medias con distinta letra son diferentes al 5% (Tukey).

**Concentración foliar de nutrimentos.** Al podar un árbol se elimina una considerable cantidad de madera de la copa de los nogales, por lo que se reduce el número de yemas florales y vegetativas. Por lo tanto, con menos puntos de demanda e igual sistema radical y provisión de fertilizante, un árbol podado redistribuye los nutrimentos en comparación con uno sin podar (Schneider y Scarborough 1979; Jarrel y Beverly 1981).

Después del agua, el nitrógeno es el insumo que más influye en el crecimiento y desarrollo de los nogales (Sparks, 1989). En la Figura 1 se observa que la poda aumentó la concentración foliar de N de manera consistente durante todo el ciclo vegetativo. En el muestreo normal de verano (última semana de julio o la primera de agosto), la poda favoreció el incremento de N foliar en los árboles de las cuatro huertas, aunque sólo se detectó diferencia estadística con una de ellas (Cuadro 5). Dicho efecto en este nutrimento también fue observado por Worley (1991) en nogales «Stuart». Un mayor contenido de nitrógeno mejora el vigor de los árboles, expresado en este estudio con brotes vegetativos muy vigorosos y hojas más grandes.



**Figura 1.** Dinámica estacional de la concentración foliar de N en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).

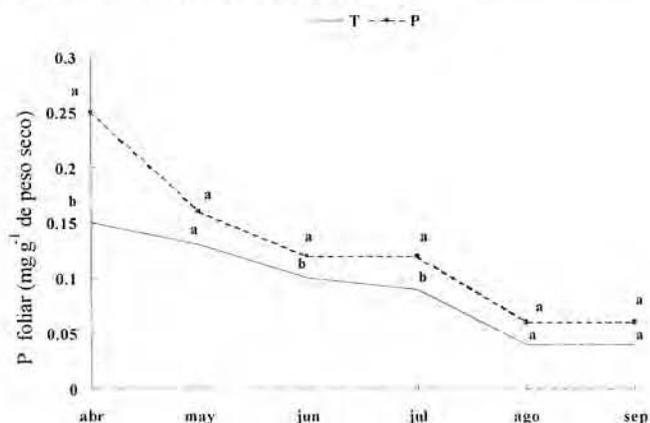
La Figura 2 muestra que en los nogales podados, la concentración foliar de fósforo fue mayor durante todo el ciclo vegetativo, siendo el efecto más notable después de la brotación (en abril). Cuando el follaje sólo se analiza a finales de julio o principios de agosto (Muestreo Normal de Verano), el efecto de concentración del P no es tan claro. En los nogales que recibieron fertilizante fosforado (El Ruezno, La Perla y Santa María), la concentración foliar de P tendió a ser ligeramente

**Cuadro 5.** Concentración ( $\text{mg g}^{-1}$ ) foliar de nutrimento en el muestreo normal de verano y en nogales "Western" adultos, con y sin poda, en los huertos estudiados.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
Villa del Rey					
Testigo	2.31a <sup>2</sup>	0.09a	1.28	1.78	0.28
Poda de renovación	2.85 b	0.12 b	1.20	2.19	0.28
El Ruezno					
Testigo	2.23	0.11	0.91	1.40a	0.14
Poda selectiva	2.36	0.10	1.01	1.51b	0.14
La Perla					
Testigo	2.19	0.13	1.21	1.28a	0.13
Poda de renovación	2.34	0.12	1.50	1.73 b	0.14
Santa María					
Testigo	2.17	0.21	1.01	1.41a	0.36
Poda de renovación	2.20	0.19	1.0	1.97b	0.41

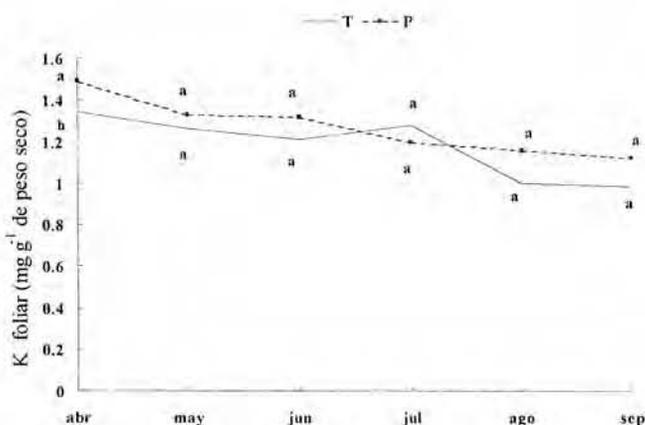
<sup>1</sup> Es el muestreo convencional que se hace en las huertas la última semana de julio o la primera de agosto. <sup>2</sup> En cada huerta, medias con distinta letra son diferentes al 5% (Tukey).

menor con la poda, aunque sin diferencia estadística; pero donde no se aplicó (Villa del Rey, Figura 2) la concentración del elemento fue significativamente mayor en los árboles podados (Cuadro 5), tal como encontró Worley (1991) en nogales "Stuart". Los nogales produjeron de 35 a 64% más nueces y tuvieron más puntos de crecimiento que los árboles sin podar, y si se considera que los frutos extraen cantidades considerables de P de las hojas (Sparks 1986), no es muy claro el que ambos tratamientos tengan prácticamente la misma concentración de este nutrimento.



**Figura 2.** Dinámica estacional de la concentración foliar de P en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).

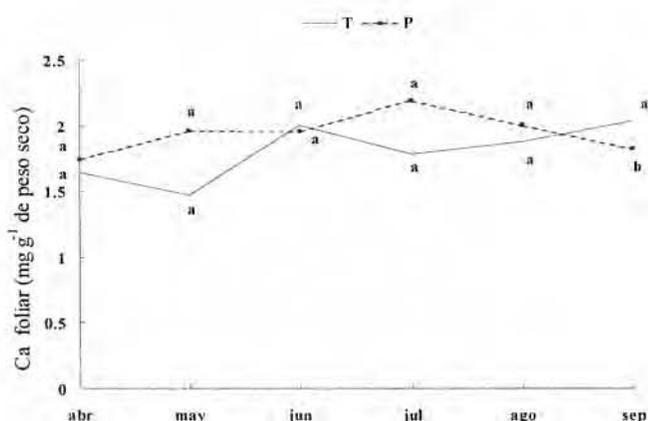
En la Figura 3 se observa que la poda favorece la concentración del potasio del follaje; no obstante, en el Muestreo Normal de Verano (MNV) no se detectó ninguna tendencia, pues el K foliar aumentó en unas huertas y disminuyó en otras, sin diferencia estadística (Cuadro 5). Al respecto, Worley (1991) observó que el K de la hoja se reduce ligeramente con la poda. Esto sugiere una combinación de los efectos de concentración y dilución (Jarrel y Beverly, 1981). En los árboles testigo la abundante fructificación consume mucho K (Sparks, 1986) y en los podados el K que podía concentrarse al eliminar puntos de crecimiento, se diluyó al aumentar el tamaño de brotes, hojas y frutos.



**Figura 3.** Dinámica estacional de la concentración foliar de K en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993 (en cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey)).

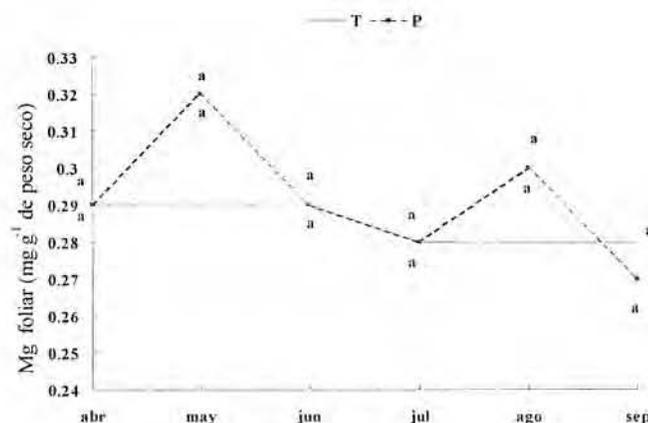
En el caso del calcio la poda tiende a favorecer su concentración en las hojas (Figura 4). En el MNV fue el elemento que resultó más consistentemente y aumento por la poda (Cuadro 5). El alto contenido de Ca de los suelos de las áreas áridas permite su adecuada provisión a los nogales; además de que las nueces compiten muy poco con las hojas por el nutrimento (Sparks, 1989). El incremento del Ca foliar en los árboles podados puede deberse a un efecto de concentración.

La poda no tuvo efecto en el Mg de la hoja (Figura 5) como se encontró en otros estudios (Worley, 1991). Se ha establecido que en suelos con una alta relación Ca/Mg, como es el caso de los suelos de las regiones semiáridas, la absorción del Mg se reduce (Sparks, 1976). Lo anterior sugiere que la deficiencia del nutrimento en árboles con diferentes condiciones vegetativas y de rendimiento, se debe



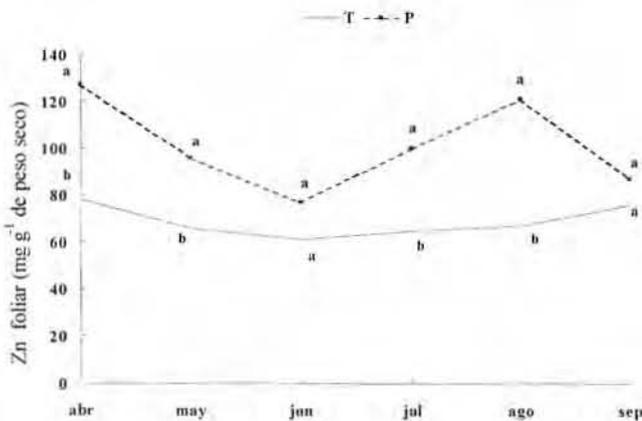
**Figura 4.** Dinámica estacional de la concentración foliar de Ca en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).

a un problema de absorción. Por otro lado, en los nogales bien provistos de Mg (huerta Santa María, Cuadro 5) la poda tendió a concentrar el nutrimento.



**Figura 5.** Dinámica estacional de la concentración foliar de Mg en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).

En regiones semiáridas, después del agua y el N, el zinc es el nutrimento más involucrado con el crecimiento de brotes y hojas de nogales cultivados en regiones semiáridas (Storey, 1985). La poda aumenta la concentración foliar del Zn durante todo el ciclo de crecimiento (Figura 6).



**Figura 6.** Dinámica estacional de la concentración foliar de Zn en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).

No obstante, en el MNV el efecto de dicha práctica no fue el mismo para las cuatro huertas, el Zn foliar se incrementó significativamente cuando en los árboles testigo la concentración del elemento estaba cercana al límite mínimo de suficiencia (Storey 1997) (huertas Villa del Rey y El Ruezno), no fue afectada en los árboles que se encontraban en el intervalo normal (huerta La Perla) y tendió a disminuir en los árboles con deficiencia del nutriente (huerta Santa María) (Cuadro 6). En los nogales deficientes de Zn, la

**Cuadro 6.** Concentración ( $\text{g g}^{-1}$ ) foliar de micronutrientes en el muestreo normal de verano y en nogales "Western" adultos con y sin poda, en los huertos estudiados.

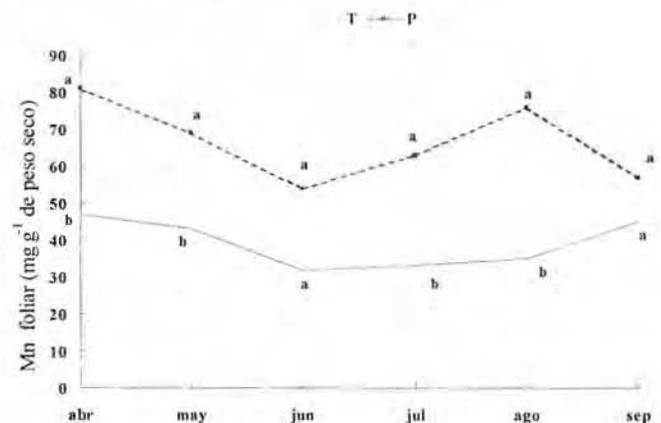
Tratamiento	Zn	Mn	Fe	Cu
Villa del Rey				
Testigo	65 a <sup>2</sup>	33 a	125	8.7 a
Poda de renovación	100 a	63 b	126	13.3 b
El Ruezno				
Testigo	54 a	183	97	7.1
Poda selectiva	77 b	210	87	8.5
La Perla				
Testigo	75	243	128	4.8
Poda de renovación	73	255	110	5.1
Santa María				
Testigo	40.3	155	113	3.3
Poda de renovación	33.3	165	103	3.7

<sup>1</sup> Es el muestreo convencional que se hace en las huertas la última semana de julio o la primera de agosto.

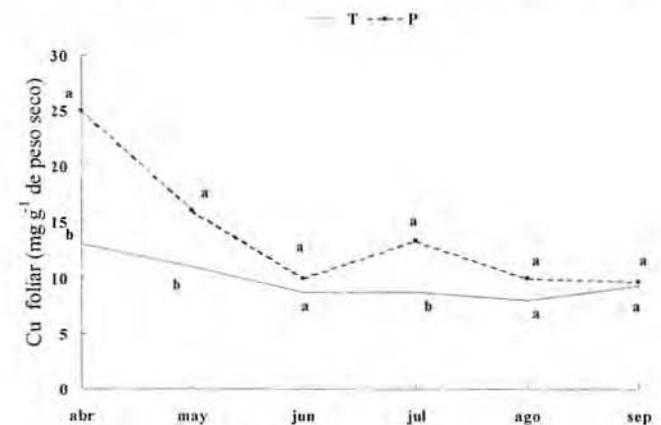
<sup>2</sup> En cada huerta, medias con distinta letra son diferentes al 5% (Tukey).

poda promovió significativamente el crecimiento vegetativo, por lo que es posible un efecto de dilución del elemento en los árboles podados y mal provistos del nutriente.

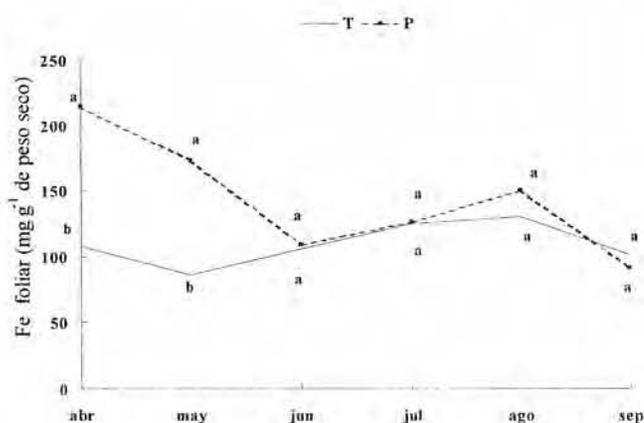
La concentración de manganeso en las hojas se incrementa notablemente con la poda, durante todo el ciclo vegetativo (Figura 7), y la de cobre sigue la misma tendencia, aunque en menor grado de junio a septiembre (Figura 8). En el MNV el efecto fue el mismo, si bien menos intenso conforme los árboles tuvieron menos del elemento (Cuadro 6). En el caso del hierro la poda incrementó su concentración al inicio de la temporada (Figura 9) y en el MNV la tendencia fue a la inversa (Cuadro 6).



**Figura 7.** Dinámica estacional de la concentración foliar de Mn en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).



**Figura 8.** Dinámica estacional de la concentración foliar de Cu en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).



**Figura 9. Dinámica estacional de la concentración foliar de Fe en nogales "Western" con (P) y sin (T) poda. Huerta Villa del Rey, 1993. En cada mes, medias con la misma letra son iguales al 5% (Tukey).**

**Dinámica estacional de la concentración foliar de nutrientes.** La concentración de nutrientes en las hojas varía a través del ciclo vegetativo, debido principalmente a la demanda por el crecimiento y desarrollo de los distintos órganos de las plantas (Black, 1993; Rom, 1994) y a la edad del tejido foliar (Faust, 1989). La dinámica de los elementos en las hojas a través de la estación tiene una relación práctica con la época de muestreo para el análisis y diagnóstico nutricional (Uriu *et al.*, 1990; Rom, 1994). En algunos frutales el muestreo de folíolos se recomienda hacer cuando la mayoría de los elementos alcanzan una concentración mínima relativamente estable (Uriu y Crane, 1977; Faust, 1989), que sería la época de mayor demanda.

En este estudio, la dinámica estacional de nutrientes en el follaje se siguió sólo en la huerta Villa del Rey. El nitrógeno exhibió su concentración más alta en abril, al inicio del crecimiento rápido del brote, debido a las reservas almacenadas en la raíz, tronco y ramas (Faust, 1989; Rom, 1994), a la menor masa vegetal y a la fertilización de marzo; luego descendió paulatinamente hasta alcanzar su nivel más bajo a finales de julio. En dicho periodo ocurrió el crecimiento de brotes, flores, hojas y frutos. En agosto, cuando el embrión estaba en elongación plena, el N foliar se recupera ligeramente, para descender nuevamente en septiembre, durante el llenado de la almendra (Figura 1). Un patrón similar sigue el nutriente en el pistachero (Uriu y Crane, 1977) y en otros árboles frutales caducifolios (Westwood, 1982). Dicha dinámica estacional del N también fue encontrada en nogales en la región de Delicias, Chihuahua (Ramírez, 1998).

La mayor concentración de fósforo se encontró después de la brotación, luego disminuyó de manera sostenida hasta alcanzar su menor nivel en agosto y mantenerlo en septiembre (Figura 2). Dicha respuesta se debe a que el P es un elemento móvil, que se desplaza a los órganos de mayor demanda (Rom, 1994), particularmente a las nueces, las cuales conforme crecen y desarrollan extraen fósforo de las hojas (Sparks, 1986). También en parte puede deberse al consumo del P soluble del suelo (Black, 1993). Esta es la dinámica típica del P foliar en el pistachero (Uriu y Crane, 1977), en otros cultivos (Black, 1993) y en el nogal en otras regiones (Ramírez, 1998).

La concentración de potasio en las hojas descendió gradualmente a partir de abril, llegando a su concentración más baja en septiembre (Figura 3). Un comportamiento similar observó Sparks (1985) en nogales "Stuart" cultivados en una región subhúmeda, Ramírez (1998) en nogales "Western" de una región semiárida y Westwood (1982) en otros frutales caducifolios. Según Sparks (1985), esto se explica porque a partir de la brotación el K se acumula de manera rápida en todos los órganos del nogal, particularmente en los frutos, lo que motiva la dilución del elemento.

El calcio exhibió su concentración más baja al inicio de la estación de crecimiento, luego aumentó en junio, descendió de nuevo en julio, para volver a incrementarse en agosto y septiembre (árboles testigo, Figura 4), prácticamente la misma dinámica que observó Ramírez (1998) en la región de Delicias; sin embargo, la tendencia promedio de las curvas fue a la alza, comportamiento que sigue el Ca en la hoja en varios frutales (Westwood, 1982; Faust, 1989), como el pistachero (Uriu y Crane, 1977). Este aumento de la concentración estacional del Ca se explica en parte porque en las regiones áridas, el alto contenido del elemento en los suelos permite su adecuada provisión a los nogales, además de que los frutos le compiten muy poco a las hojas el nutriente (Sparks, 1989).

La concentración del magnesio foliar fue relativamente estable durante toda la estación de crecimiento, ocurriendo su valor más bajo en agosto (árboles testigo, Figura 5). Durante su crecimiento el fruto del nogal incrementa su contenido de Mg tres veces (Sparks, 1989), lo cual junto con su movilidad en el árbol (Faust, 1989) explica en parte que no se acumule en las hojas. Esta dinámica del nutriente ha sido confirmada en nogales en unas regiones (Ramírez, 1998), pero en otras se ha indicado que tiende a aumentar

conforme transcurre el ciclo (Herrera y Sullivan, 1982), como ocurre en otros frutales (Uriu y Crane, 1977; Westwood, 1982).

La concentración del Zn en el follaje fue alta luego de la brotación, pero descendió de abril a junio, época en que los brotes y hojas exhibieron todo su crecimiento. Durante julio, agosto y septiembre, el elemento incrementó su concentración foliar (Figura 6), cuando los órganos vegetativos ya no lo exigieron; además de que el Zn es poco requerido por las nueces (Sparks, 1986). Esta dinámica del Zn foliar ha sido consignada por Ramírez (1998); sin embargo, Herrera y Sullivan (1982) también señalan que la concentración del elemento en el nogal disminuye conforme transcurre el ciclo vegetativo, como ocurre en el pistachero (Uriu y Crane, 1977). Esta divergencia se debe en buena parte a que las aspersiones rutinarias del nutrimento al follaje afectan su dinámica estacional en el mismo.

La concentración del Mn es alta en abril y disminuyó de manera rápida hasta finales de junio, esto es, se diluyó en la época de crecimiento del nogal; de julio a septiembre el nutrimento aumentó su nivel en el follaje (Figura 7). El cobre exhibió su concentración más alta después de la brotación, en abril, la cual disminuyó de manera rápida en mayo y junio y alcanzó su nivel más bajo en agosto, pero se recuperó ligeramente en septiembre (Figura 8). La dinámica del fierro foliar fue más variable; su concentración fue alta al inicio de crecimiento del brote, pero baja drásticamente hasta finales de mayo, luego se recupera durante junio, julio y agosto, para descender nuevamente en septiembre (Figura 9). El patrón estacional de estos micronutrientes es similar al observado en el nogal en otras regiones (Herrera y Sullivan, 1982; Ramírez, 1998).

**Rendimiento y calidad.** Está bien establecido que entre más intensa es la poda que recibe un nogal, menor es su producción (Worley, 1977; Arreola y Lagarda, 1988; White *et al.*, 1988), pero también que una respuesta a mediano plazo será el mejoramiento de su productividad, debido a la formación de nueva madera fructífera (Worley, 1977), de brotes vegetativos vigorosos, de hojas más grandes y más verdes (Chávez, 1982), de una mayor relación hoja/fruto y de una mejor iluminación del follaje (Wood, 1991). En este estudio la poda de renovación redujo el rendimiento de un 41% a un 64% en el año del tratamiento; en cambio la calidad, expresada como tamaño de la nuez y porcentaje de almendra, mejoró significativamente (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Rendimiento y calidad de nuez en nogales "Western" adultos, con y sin poda, en tres huertos.**

Tratamiento	kg/árbol	g/nuez	% almendra
		Villa del Rey	
Testigo	n.d. <sup>y</sup>	3.9 <sup>z</sup>	45.4 a
Poda de renovación	n.d.	6.2 b	55.6 b
		El Ruezno	
Testigo	38.5 b	3.6 a	54.3
Poda selectiva	13.8 a	4.6 b	55.9
		La Perla	
Testigo	36.9 b	4.7 a	52.9 a
Poda de renovación	21.6 a	5.1 b	55.7 b

<sup>y</sup> Los datos de rendimiento para la huerta Villa del Rey y los de rendimiento y calidad para la huerta Santa María, no están disponibles. <sup>z</sup> En cada huerta, medias con distinta letra son diferentes al 1% (Tukey).

## CONCLUSIONES

1. La poda de renovación incrementó (recuperó) el vigor de los nogales.
2. La poda mejoró el estado nutrimental en los nogales.
3. El análisis foliar de verano no fue suficiente para detectar los cambios en la concentración de nutrimentos que promueve la poda de renovación.
4. Se conoció la dinámica estacional de los nutrimentos, lo que permitió apoyar la interpretación de los análisis foliares.
5. La poda de renovación redujo drásticamente el rendimiento pero mejoró la calidad de las nueces.

## LITERATURA CITADA

- Arnold, C.V., T.E. Crocker and J.H. Aldrich. 1981. Rejuvenation of a mature pecan orchard by dehorning and subsequent chemical applications. *The Pecan Quarterly* 15(3):15-19.
- Arreola A., J. y A. Lagarda M. 1988. Efecto de la poda mecánica y manual sobre el rendimiento y calidad de nuez de nogales con problemas de sombreo. Torreón, Coah., México. SARH, INIFAP, CELALA. (Informe de investigación).

- Barden, J.A. 1977. Apple tree growth, photosynthesis, dark respiration, and specific leaf weight as affected by continuous and intermittent shade. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(4): 391-394.
- Black, C.A. 1993. Soil fertility evaluation and control. USA. Lewis Publishers. 746 p.
- Chávez O., O. 1982. Guía práctica de la poda del nogal pecanero. Chapingo, Edo. de México, UACH. 96 p. (Colección Agropecuaria. AALDPNN).
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. USA, John Wiley & Sons. 338 p.
- Frías-Ramírez, J.E. and T.L. Jones. 1999. Leaf area-leaf mass relationship in pecan trees. *In: McCraw, B., E.H. Dean and B.W. Wood (eds.). Pecan industry: current situation and future challenges. Third Nat. Pecan Work. Proc. USDA-ARS.* p.224-232.
- Herrera, E. 1983. Sampling pecan leaves for analysis. CES, USA, New México State University (Guide H-602).
- Herrera A., E. and D.T. Sullivan. 1982. Pecan leaf sampling, a review. *Proc. Sixteenth West. Pecan Conf. USA, CES-New Mexico State University.* p.75-94.
- Jerrel, W.M. and R.B. Beverly. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Adv. Agronomy* 34:197-223.
- Koch, E.J. and J.H. Hunter. 1957. The use of experimental design and covariance techniques for increasing precision of pecan experiments. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69:170-175.
- Kramer, S., R. Achuricht y G. Friedrich. 1982. Fruticultura. Trad. 1a. ed. México, D.F. CECSA. 276 p.
- Lagarda M., A. 1986. Capacidad reproductiva de las yemas de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.). *In: Memoria XI Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética.* p.163.
- 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. 1993. Estimación del área foliar con medidas lineales y peso seco de la hoja, en nogal pecanero. *In: Memorias V Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas.* p.132.
- Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Hort. Rev.* 8:337-367.
- Ramírez Q., R. 1998. Ajuste de la fecha de muestreo foliar y concentración nutrimental en el nogal. 4to. ciclo 1997. Tesis de licenciatura. Delicias, Chih., México, Fac. de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. 93 p.
- Rom, C. 1994. Fruit tree growth and development. *In: Peterson, A.B. and R.G. Stevens (eds.). Tree fruit nutrition. Good Fruit Grower.* p.1-17.
- Salas F., A. 1997. El cultivo del nogal. *In: Rodríguez del Bosque L.A. y S.H. Tarango R. (eds.). Manejo integrado de plagas del nogal. México. INIFAP-FPCH-FPNL.* p.25-33.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT user's guide. Release 6.06 ed. Cary, N.C., U.S.A, SAS Institute Inc.
- Schneider, G.W. y C.C. Scarborough. 1979. Cultivo de árboles frutales, Trad. Celedonio Sevillano M. 13a. ed. México, D.F. CECSA. 445 p.
- Sparks D. 1976. Magnesium nutrition of the pecan. A review. *Pecan South* 3(3):384-387.
- Sparks, D. 1985. Potassium nutrition of pecans. *In: Potassium in agriculture. USA. ASA-CSSA-SSSA.* p.1135-1153.
- Sparks, D. 1986. Pecan. *In: Handbook of fruit set and development. USA, CRC Press.* p.331-332.
- Sparks, D. 1987. Nitrogen. Re-evaluation of its effect on pecan yield and nut growth. *Pecan South (May-Jun).* p.16-19.
- Sparks, D. 1989. Pecan nutrition. Twenty-third West. Pecan Conf. WIPGA-CES-New Mexico State University. p.55-96.
- Sparks, D. 1991. Cultural practices. *In: Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. USDA ARS.* p.22-33.
- Sparks, D. and J.L. Heath. 1972. Pistillate flower and fruit drops of pecans as a function of time and shoot length. *Hort. Science* 7(4):402-404.
- Storey, J.B. 1985. Zinc nutrition. *In: Pecan orchard management handbook. TAES-Texas A&M University.* p.92-99.
- Storey, J.B. 1997. Fertilization. *In: Texas pecan profitability handbook. TAES-Texas A&M University System.* p.VI-1.
- Uriu, K. and J.C. Crane. 1977. Mineral elements changes in pistachio leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(2): 155-158.
- Uriu, K., J. Pearson, R. Teranishi, B. Beede and P. Brown. 1990. Diagnosis and treatment of pistachio nutritional deficiencies. *In: Pistachio culture. A pomology shortcourse. USA, University of California.*
- Westwood, M.N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. España, Mundi-Prensa. 441 p.

- White, J.M., S.G. Helemos and E. Herrera. 1988. Pruning mature pecan trees. USA, CES-New Mexico State University. (Guide H-629).
- Whithworth, J.L., A. Mauromoustakos and M.W. Smith. 1992. A nondestructive method for estimation of leaf area in pecan. Hort. Science 27(7):851.
- Wood, B.W. 1991. Alternate bearing of pecan. *In*: Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. USDA-ARS. p.180-190.
- Worley, R.E. 1977. Progress in pruning research for large trees. Pecan South 4(4):164-184.
- Worley, R.E. 1985. Effects of hedging and selective limb pruning of Elliott, Desirable, and Farley pecan trees under tire irrigation regimes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(1):12-16.

- Worley, R.E. 1991. Selective limb pruning intensity influences mature pecan tree and nut characteristics. Hort. Science 26(2):126-129.

#### **AGRADECIMIENTOS**

A los señores Mucio Rey L., Alfredo Chávez V., Ing. Octavio Chávez O. e Ing. Guadalupe López G. por permitirnos realizar el trabajo experimental en sus huertas. Al Dr. Rafael Parra Quezada del Campo Experimental Sierra de Chihuahua, al M.C. Noé Chávez Sánchez del Campo Experimental Delicias y a los revisores de la revista, por la corrección y sugerencias al manuscrito.