

Manejo del nogal pecanero con base en su fenología



Centro de Investigación Regional Norte-Centro
Campo Experimental Delicias
Cd. Delicias, Chihuahua. Julio de 2012
Folleto técnico Núm. 24. Tercera edición



GOBIERNO
FEDERAL

SAGARPA



Manejo del nogal pecanero con base en su fenología

M.C. Socorro Héctor Tarango Rivero

Investigador en Nogal Pecanero

Folleto técnico No. 24. Tercera edición
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte-Centro
Campo Experimental Delicias
Cd. Delicias, Chihuahua, México.
Julio, 2012

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y
ALIMENTACIÓN

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda

Secretario

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez

Subsecretario de Desarrollo Rural

M. Sc. Mariano Ruíz-Funes Macedo

Subsecretario de Agricultura

Ing. Ernesto Fernández Arias

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

M. Sc. Jesús Antonio Berúmen Preciado

Oficial Mayor

COORDINACIÓN GENERAL DE GANADERÍA

Dr. Everardo González Padilla

Coordinador General

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y
PECUARIAS

Dr. Pedro Brajcich Gallegos

Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. Sc. Arturo Cruz Vázquez

Coordinación de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González

Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes

Director de Investigación

M.C. Manuel Gustavo Chávez Ruiz

Director de Coordinación y Vinculación del Estado de Chihuahua

CAMPO EXPERIMENTAL DELICIAS

M.C. Noé Chávez Sánchez

Jefe de Campo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán, C. P. 04010 México D. F.
Teléfono (55) 3871-8700

Manejo del nogal pecanero con base en su fenología

ISBN: 978-607-425-769-4
Tercera Edición 2012

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la Institución.

Contenido

1. Introducción	5
2. Dormancia	5
<i>Poda</i>	5
<i>Laboreo</i>	5
<i>Análisis de suelo</i>	6
<i>Compensación de frío</i>	6
<i>Riego invernal</i>	6
<i>Abonado orgánico</i>	7
3. Brotación	7
<i>Riego</i>	8
<i>Fertilización</i>	9
<i>Análisis de agua</i>	9
4. Porcentaje de brotación	10
5. Floración	11
<i>Polinización</i>	12
<i>Aspersiones foliares</i>	12
<i>Plagas</i>	12
6. Crecimiento de brote	13
<i>Riego</i>	14
<i>Fertilización</i>	15
<i>Aspersiones foliares</i>	15
<i>Maleza</i>	15
<i>Plagas</i>	16
<i>Enfermedades</i>	16
<i>Poda de rejuvenecimiento</i>	17
7. Crecimiento y desarrollo del fruto	17
7.1. Crecimiento	17
<i>Riego</i>	18
<i>Fertilización</i>	18
<i>Plagas</i>	18
<i>Maleza</i>	18
7.2. Desarrollo	19
<i>Riego</i>	19
<i>Fertilización</i>	21
<i>Plagas</i>	22
<i>Muestreo foliar</i>	23
<i>Cosecha temprana</i>	23
8. Caída de fruto	23
9. Rendimiento y calidad	25
10. Alternancia	27
11. Ejemplo de MIC	27
11.1. Fertilización	28
11.2. Fertilización foliar	29
11.3. Muestreo foliar	30
11.4. Riego	30
11.4.1. Tiempo de fertilización	31
11.5. Manejo de suelo	31
11.6. Manejo de plagas	31
11.7. Poda	32
11.8. Productividad	32
Agradecimientos	33
12. Literatura citada	33

Manejo del nogal pecanero con base en su fenología

1. Introducción

La 'fenología' estudia el comportamiento de plantas y animales en un hábitat determinado; más específicamente, mide y fecha la ocurrencia de las fases fenológicas con relación al clima. En los árboles frutales la respuesta fenológica debe ser evaluada a nivel de variedad, la cual indica el grado de adaptabilidad y el cómo crece y desarrolla en cada región climática (Calderón 1985).

El conocimiento de la fenología del nogal pecanero es básico para la planeación y ejecución de su manejo técnico (Salas 1986). Conocer qué hace el nogal en cada época permite saber qué insumo o práctica cultural aplicarle, de manera oportuna y en la cantidad adecuada.

En este trabajo se describe el comportamiento fenológico de las variedades de nogal Western y Wichita en dos regiones climáticamente distintas del estado de Chihuahua: Delicias, con 3,038 grados-calor (GC) en el ciclo vegetativo ($t_b = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y 372 horas frío (HF) al 100% de probabilidad de ocurrencia; y Ojinaga, con 3,553 GC y 329 HF. También se presentan de manera concisa las prácticas de manejo asociadas con cada fase fenológica. Esta tercera edición se actualiza en algunos datos, muestra resultados a nivel comercial de un programa de manejo integrado de una nogalera y se ilustra con fotografías de las fases fenológicas.

2. Dormancia

Durante el reposo invernal la actividad metabólica y el crecimiento de los árboles caducifolios se reducen al mínimo, lo que les permite resistir el frío en esa época (Díaz 1987). En el nogal pecanero el reposo profundo comprende los meses de diciembre, enero y febrero (Wolstenholme 1990), tiempo en el que se pueden realizar las siguientes prácticas culturales:

Poda. La época tradicional para esta práctica es enero y febrero. Los cortes en este tiempo no exponen al árbol a daño por frío, como ocurre con la poda temprana -diciembre- (Schneider y Scarborough 1979). Una poda tardía -marzo- permite la pérdida de carbohidratos que han sido traslocados a las ramas que se cortan (Calderón 1983).

Laboreo. En nogaleras con problema de compactación de suelo se hace cincelado o subsileo antes del riego de invierno. La roturación se hace cada año en un 25% de la superficie de la huerta, en calles alternas; así, todo el suelo se labora en un ciclo de cuatro años. De esta manera se reduce significativamente el efecto negativo del corte de raíces y las áreas descompactadas se distribuyen por todo el piso de la nogalera (Miyamoto 2002).

Análisis de suelo. Es una buena época para tomar muestras de suelo para su análisis de fertilidad y salinidad, antes del riego de invierno.

Compensación de frío. El reposo y la acumulación de frío se dan a nivel de yema (foto 1). Se estima que las variedades Western y Wichita requieren > 400 horas frío (Díaz 1987). Estos genotipos mejoran su respuesta fenológica cuando después de un invierno benigno (≤ 378 horas frío) reciben un estimulador de la brotación (Tarango 2001). En el centro y sur de Chihuahua se sugiere asperjar los árboles con una solución de nitrato de potasio al 8.0% o peróxido de hidrógeno al 2.5%, la última semana de febrero, con lo cual puede mejorarse el desempeño fenológico de los nogales sin adelantar su brotación (Burrola 2011).



FOTO 1. Yemas de la variedad Western en la época de dormancia. Se aprecia la escama externa dura y de color pardo.

Se ha determinado que cuando un nogal recibe el suficiente enfriamiento invernal, la aplicación de cianamida hidrogenada no aumenta la producción de nueces (Wood 1993, Núñez et al. 2003).

Riego invernal. En general, las nogaleras no reciben riego de octubre a mediados de marzo. En esos cinco meses el suelo se reseca de manera severa, particularmente si no hay lluvias invernales, lo que ocasiona la muerte de raicillas delgadas y superficiales (Stockton 1985b). Por ello puede reponerse la humedad del suelo regando durante la segunda quincena de enero. Se considera que en la época dormante un nogal adulto requiere 50 L de agua por día (Valdez 2001). No debe rastrearse el suelo en esta época, pues ello favorece la pérdida de humedad (Winkler 1981).

Abonado orgánico. El estiércol vacuno nuevo y bajo en sales es una buena fuente (y muy barata) de materia orgánica, fósforo, potasio, fierro y zinc. Se pueden aplicar de 5 a 10 t/ha por año (Sweeten et al. 1982).

3. Brotación

En el nogal esta fase se considera cuando la yema se hincha y desprende la escama externa, quedando expuesta la escama interna de color amarillo limón (foto 2). El primordio foliar aparece días después, de color verde claro, al separarse la escama interna (foto 3). En el nogal cuando dicho tejido foliar tiene 2.5 cm de longitud promedio se hace la primera aspersión con zinc. La época típica de brotación en dos regiones nogaleras de Chihuahua se muestra en el cuadro 1. La ocurrencia de la fase varía entre regiones y la variedad Wichita generalmente es más temprana que la Western.



FOTO 2. Brotación en la variedad Western. La yema se hincha, se rompe y separa la escama externa y aparece la escama interna de color amarillo verdoso.

Un parámetro que ilustra la capacidad adaptativa de estas variedades es que brotan con una probabilidad de ocurrencia de heladas (POH) baja. Al inicio de brotación, en la región de Delicias la Western tiene una POH de 27% y la Wichita de 30% (Tarango 2001); en la región de Ojinaga la Western tiene una POH de 4% y la Wichita de 5% (Tarango 1989).



FOTO 3. Brotación en la variedad Western. Se separa la escama interna y aparece el primordio foliar de color verde claro y brillante.

Cuadro 1. Fechas promedio de inicio (I) y plenitud (P) de brotación de dos variedades de nogal en dos regiones de Chihuahua.

Variedad	Delicias ¹		Ojinaga ²	
	I	P	I	P
Western	23 mar	31 mar	27 mar	2 abr
Wichita	19 mar	3 abr	23 mar	28 mar

Adaptado de: ¹Salas (1986) y Hernández (2002), ²Tarango (1989).

Con relación a esta fase fenológica hay varias prácticas culturales a realizar en las huertas:

Riego³. Cuando se riega por gravedad, la aplicación del primer riego a mediados de marzo (del día 15 al 20) vigoriza la brotación y permite que el inicio del crecimiento del brote sea fuerte. Con riego presurizado en prebrotación un nogal con copa de 12 m de diámetro necesita 360 L de agua por día (Hernández 2003).

³El calendario de riegos referido se indica para un suelo de textura media. Los consumos mensuales son estimados a partir de una historia de datos climáticos y fueron realizados por las fuentes citadas para las regiones de El Paso, Texas, y Jiménez, Chihuahua. En gravedad se considera una lámina de 15 cm por riego.

Fertilización. Un nogal adulto requiere el 60% del nitrógeno que se aporta en el ciclo para su crecimiento total (Wood 2006). En la región de Delicias, la raíz de un nogal y la traslocación de sustancias de reserva se activan alrededor de dos semanas antes de la brotación (Tarango 2001). Para asegurar una provisión adecuada de nitrógeno durante el periodo de crecimiento rápido del brote, este nutrimento debe aplicarse desde mediados de marzo. Cuando se riega por gravedad, en suelos arcillosos se recomienda incorporar la mitad de la dosis de nitrógeno (McEachern 1985, Storey 1990) y todo el fósforo y potasio (Walworth 2002) en esta época. Si el suelo es de textura media o arenosa se incorpora sólo un 30% del nutrimento a mediados de marzo (figura 1).

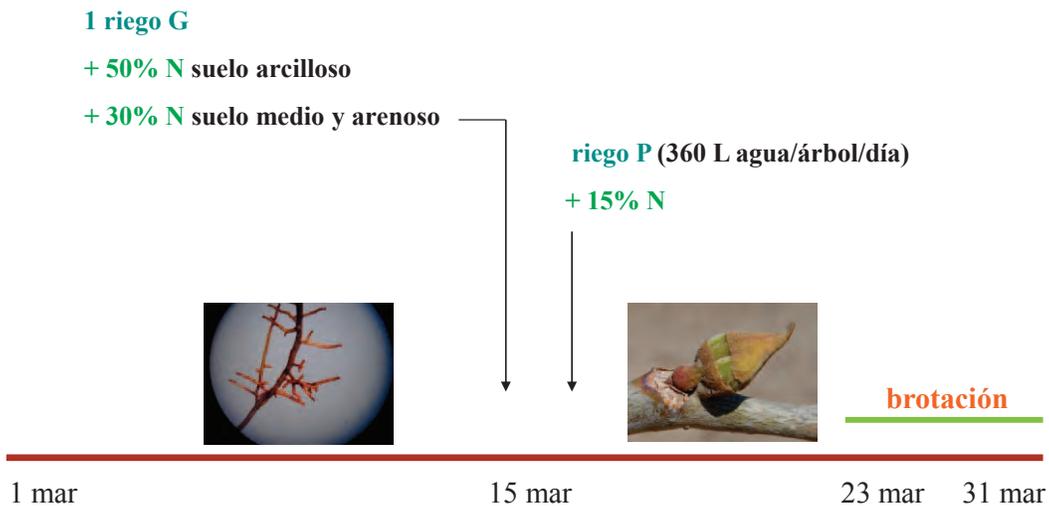


Figura 1. Época de brotación del nogal Western y fecha del riego y la fertilización de prebrotación. La raíz se activa antes ($t_b = 7\text{ }^\circ\text{C}$) que las yemas ($t_b = 10\text{ }^\circ\text{C}$). G= por gravedad, P= presurizado, N= nitrógeno.

Cuando se fertirriga, en dicha época se aplica únicamente el 15% del nitrógeno de la dosis total y como se usan fuentes muy solubles de fósforo y potasio la dosis de éstos se divide entre las veces que se aplica fertilizante (de marzo a agosto). Ver cuadro 6. Tal fraccionamiento del fósforo y potasio es conveniente dado que son requeridos por el nogal para el crecimiento de brotes, hojas y frutos, y no sólo durante el llenado de la almendra (Sparks 1989, 1992, 1993a).

Análisis de agua. Es conveniente conocer el tipo y la cantidad de sales del agua de riego que se utilizará en la huerta, particularmente cuando es de pozo, para determinar las necesidades de acidificación y seleccionar adecuadamente los fertilizantes. Los datos del análisis de agua y de suelo se usan conjuntamente, sobre todo cuando se fertirriga.

4. Porcentaje de brotación

Es la proporción entre yemas totales y brotes emitidos por una ramilla de un año de edad. Debido a la dominancia apical el porcentaje de brotación de los nogales es bajo (cuadro 2). En nogales jóvenes la poda de despunte mejora la brotación lateral y en árboles adultos lo hace la aplicación de dosis bajas de cianamida hidrogenada (Tarango 2001). El que un árbol tenga más brotes (laterales) significa más área foliar y más puntos de fructificación, lo que conviene a la producción (foto 4).



FOTO 4. Formación de brotes laterales en una ramilla de un año de edad con poda de despunte.

En el cuadro 2 se observa que la acumulación de horas frío en el invierno precedente promueve en los nogales un mayor porcentaje de brotación, y que en inviernos benignos la aplicación de cianamida hidrogenada compensa adecuadamente un enfriamiento invernal insuficiente, aunque dosis de 2.0% o mayores adelantan la fecha de brotación y exponen a los árboles a daño por helada (Tarango 2001).

Cuadro 2. Porcentaje de brotación de dos variedades de nogal en dos regiones de Chihuahua.

Variedad	Delicias ¹	Delicias ²		Ojinaga ⁵
		N ³	CH ⁴	
Western	26.1	18.9	32.5	28.8
Wichita	22.1	18.9	28.8	21.9

De: ¹Salas (1986), con 540 horas frío; ²Tarango (2001), con 378 horas frío. ³N= al natural, ⁴CH= cianamida hidrogenada al 2.0%. ⁵Tarango (1989).

5. Floración

La mayoría de las variedades de nogal pecanero son parcial o completamente dicogámicas, por lo que la polinización cruzada es necesaria o conveniente (Sparks 1992). La Western es una de las variedades con menor grado de dicogamia, cuyo periodo de receptividad de estigma (foto 5) es bien cubierto por el periodo de liberación de polen de Wichita (foto 6) y complementado por Ideal (a veces llamada Bradley); a su vez, Wichita es bien polinizada por Western (figura 2).



FOTO 5. Racimo de flores femeninas de la variedad Western en la fase de receptividad de estigma. Éste aparece turgente, de color verde marrón y brillante.



FOTO 6. Abundancia de amentos (flores masculinas) en una ramilla de un año de edad en la variedad Wichita, en la fase de liberación de polen.

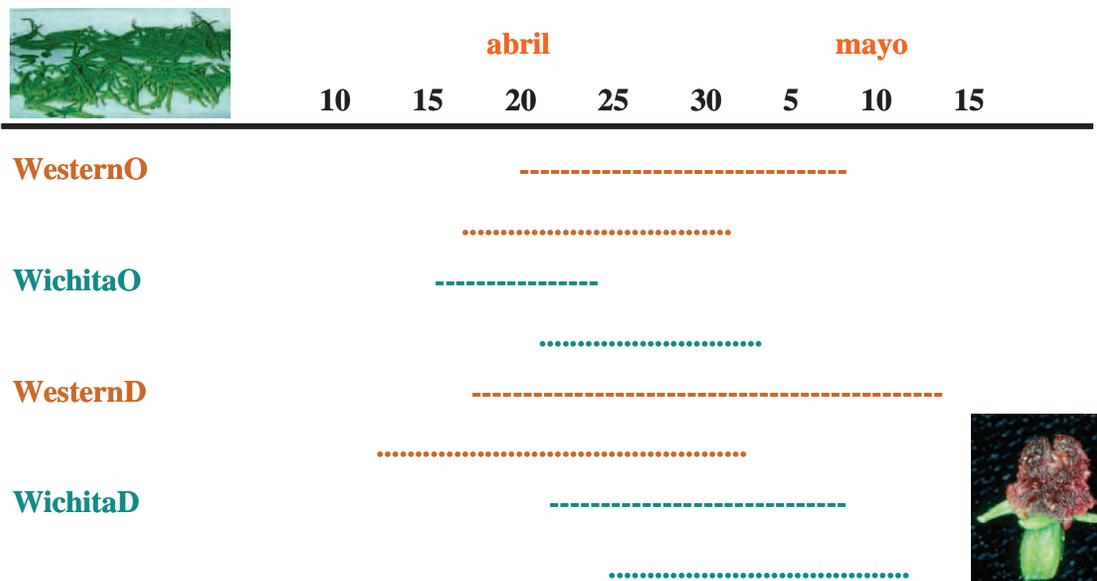


Figura 2. Fechas promedio de receptividad de estigma (—) y liberación de polen (...) de dos variedades de nogal en dos regiones de Chihuahua (De: Salas 1986, Tarango 1989). O= en Ojinaga, D= en Delicias.

Polinización. En una huerta se recomienda plantar el 80% de los árboles de la variedad productora y el 20% de árboles polinizadores. La fuente de polen debe estar preferentemente a menos de 50 m de distancia. Aunque Western es una de las variedades menos afectadas por la autopolinización, cuando recibe polen de Wichita su almendra aumenta de 10 a 30% su peso seco (Marquard 1988) y disminuye el porcentaje de la tercera caída de frutos (Sparks y Madden 1985).

Cuando se establecen de manera adecuada los árboles polinizadores, la polinización artificial no es necesaria en una nogalera (Marquard 1991). Así, el amarre de frutos en nogales bien manejados es de tal magnitud que el raleo natural es necesario para tener nueces de buena calidad (Sparks 1992).

Aspersiones foliares. Durante la floración pueden realizarse las aplicaciones de zinc al follaje de los nogales, con las fuentes convencionales sulfato de zinc más urea o nitrato de zinc. La práctica de aplicar boro en prefloración no se justifica, pues los suelos y el agua de las regiones semiáridas contienen suficiente de este nutrimento para abastecer con facilidad las 50-200 ppm que necesita el nogal en sus hojas (Herrera 1983, Sparks 1989). Kilby et al. (1998) demostraron que no hay ningún efecto en el amarre de frutos al asperjar boro a los nogales.

Plagas. Durante la floración y en pospolinización (foto 7), de mediados de abril a mediados de mayo, se presenta una población alta de adultos del ‘gusano barrenador del ruzno’ (GBR). En esta época dicho insecto no causa ningún daño a las flores o a los pequeños frutos, por lo que no deben implementarse medidas de control (Calcote y Hyder 1980, Tarango y Nava 1998).



FOTO 7. Racimo de flores femeninas de la variedad Western después de la polinización. El estigma aparece seco y de color negrusco.

En pospolinización aparece la generación de primavera del ‘gusano barrenador de la nuez’ (GBN), durante mayo. Previamente a esta fase fenológica deben colocarse en la huerta las trampas con feromona sexual, para atender el muestreo y control de esta plaga, tal como lo explican Tarango y González (2007).

6. Crecimiento de brote

En nogales adultos el periodo de crecimiento del brote comprende de finales de marzo a mediados de junio, pero la época de ‘crecimiento rápido’ se presenta de principios de abril a mediados de mayo (foto 8, figura 3). En general, en los 45 días posteriores a la brotación ocurre el 75% del crecimiento total del brote (Marquard 1990).



FOTO 8. Brotes del año en el mes de abril, en la fase de crecimiento rápido.

Brotes vigorosos con suficiente área foliar producen más flores, retienen más nueces (foto 9) y llenan mejor las almendras (Sparks 1992). En la variedad Western brotes de 15 a 30 cm de longitud con hojas grandes son suficientes para una buena cosecha (McEachern 1985), mientras que en Wichita los brotes más productivos son los de 25 a 45 cm (López 1985).

Por lo anterior, el manejo durante la época de crecimiento rápido del brote y la expansión de las hojas (foto 10) es clave para la productividad del nogal:



FOTO 9. El vigor del brote determina el número y la calidad de los frutos y el área foliar.



FOTO 10. Hoja y foliolos en la fase de expansión rápida, durante abril y principios de mayo.

Riego. Durante esta fase fenológica el nogal requiere suficiente humedad en el suelo para tener brotes y hojas vigorosos (Marquard 1990). Si el riego es por gravedad uno se aplica del 10 al 15 de abril y otro del 1 al 5 de mayo. Con riego presurizado y un suelo de textura migajonosa, en esta fase un nogal con copa de 12 m de diámetro necesita 600 L en abril y 800 L en mayo, de agua por día (Worthington y Stein 1990, Hernández 2003).

Fertilización. En el periodo de crecimiento rápido el brote y las hojas del nogal son muy demandantes de nitrógeno (Wood 2002). En huertas con riego por gravedad y suelo arcilloso el nitrógeno para todo el periodo de crecimiento se aplica desde marzo; en suelos medios o ligeros se aporta un 30% de la dosis del elemento a mediados de abril (en la plenitud del crecimiento rápido). En las que se fertirriga un 17.5% de la dosis total de nitrógeno se aplica el 1 de abril, otro 17.5% el 15 de abril y un 10% el 1 de mayo. Con dicho esquema se asegura la provisión del nutrimento en la época más importante de crecimiento del brote y las hojas (figura 3).

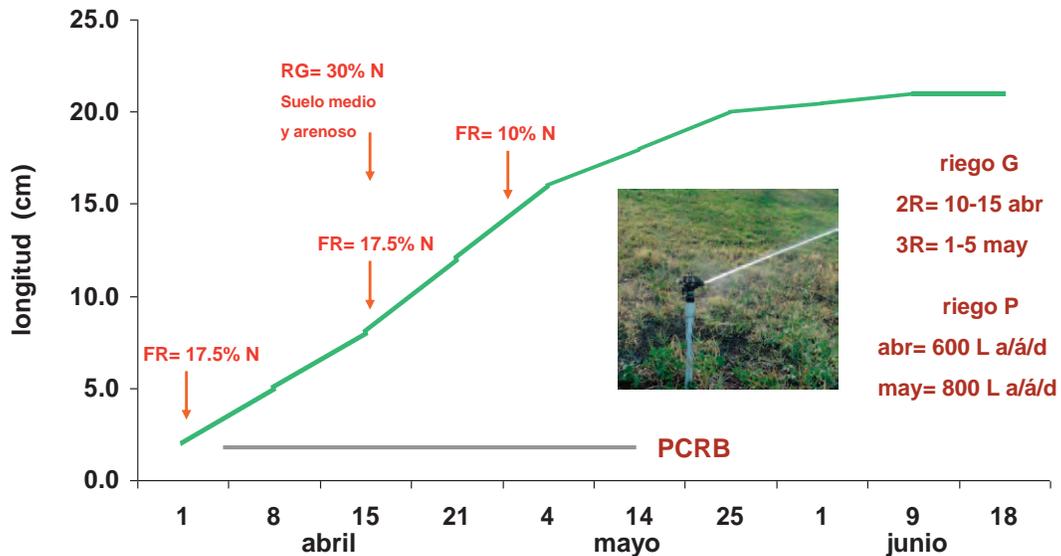


Figura 3. Curva de crecimiento del brote fructífero de la variedad Western y fechas de aplicación de nitrógeno (N) y riego (R). Ojinaga, Chihuahua (Tarango 1989). PCRB= periodo de crecimiento rápido de brote. RG= riego gravedad, FR= fertirriego.

Durante abril y mayo el nogal pecanero exhibe la primera etapa de crecimiento fuerte de sus raíces, por lo que el fertilizante aplicado en dicha época será mejor aprovechado y favorecerá el crecimiento del frutal (Kilby 1999).

Aspersiones foliares. La primera aplicación de zinc se hace una vez que el tejido foliar queda expuesto (foto 3), lo cual ocurre a principios de abril. La segunda aspersion se realiza una semana después (mediados de abril) y la tercera 10 días más tarde, finales de abril a principios de mayo. Una cuarta aplicación se hace a mediados de mayo y la quinta a finales de dicho mes o a principios de junio (Medina 1980, Storey 1990). La aplicación en esta época de otros micronutrientes al follaje debe basarse en el análisis foliar (Sparks 1989). Ver figura 4.

Maleza. En esta fase debe evitarse la competencia de las plantas arvenses por agua y nutrimentos; las hierbas absorben nitrógeno más rápido que la raíz de los árboles (Miyamoto

2002). Para ello, la cobertura de plantas nativas se corta antes de la emisión de tallo floral (20 cm de altura); de esta manera su descomposición es rápida, aportando al suelo cantidades importantes de materia orgánica (Skroch y Shribbs 1986).

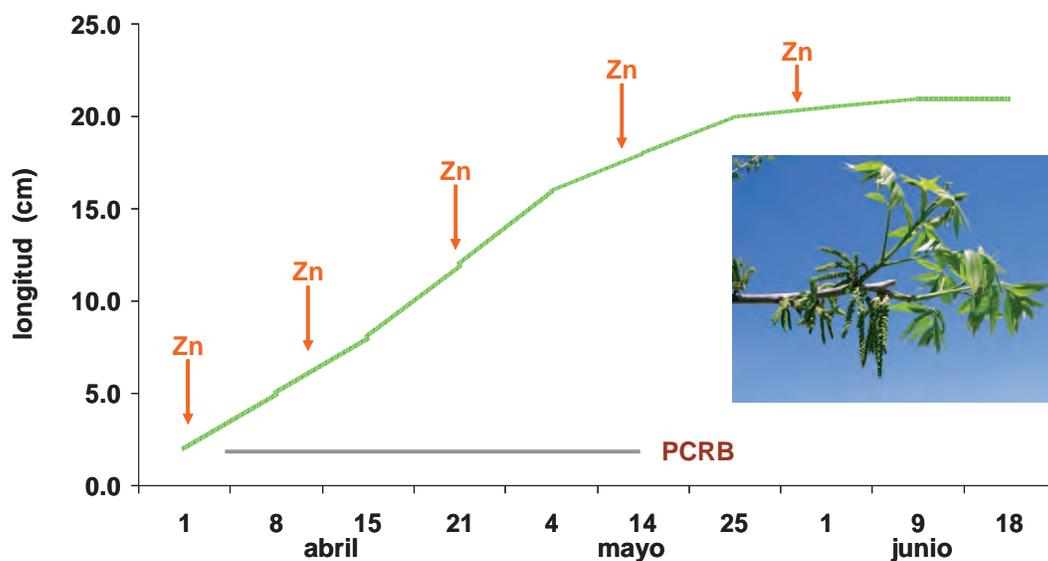


Figura 4. Curva de crecimiento del brote fructífero de la variedad Western y fechas de aplicación de zinc (Zn). Ojinaga, Chihuahua (Tarango 1989). PCRB= periodo de crecimiento rápido de brote.

Plagas. Cuando comienza el crecimiento del brote aparecen los adultos de origen invernante del GBN, a principios de abril. El muestreo de las larvas se hace buscando en los brotes el tapón negrusco típico de este insecto (Tarango et al. 2003a).

En mayo se presenta la primera generación de áfidos amarillos. En esta época los insectos benéficos nativos generalmente dan un buen control, por lo que deben muestrearse junto con la plaga. Si se requiere apoyar con control biológico inducido se liberan 10,000 huevecillos/ha de crisopas¹ o 3,000 de catarinitas grises² (Tarango 2005).

Enfermedades. Abril es el mes para la aplicación del hongo benéfico *Trichoderma* sp. cepas Pasto 28 + TC-74, para el control de la pudrición radical causada por el hongo *Phymatotrichopsis omnivora* ('pudrición texana').

¹Laboratorio de crisopas Biotecno-Jiménez: (629)542-4423

²Laboratorio de Insectos Benéficos : (639) 501-9307

Poda de rejuvenecimiento. Cuando el crecimiento del brote no puede mantenerse en el rango adecuado con la fertilización nitrogenada y el riego, debe considerarse un tipo de poda (invernal) para recuperar el vigor (Chávez 1992).

7. Crecimiento y desarrollo del fruto

El fruto del nogal pecanero exhibe dos etapas fenológicas claramente definidas: 1) crecimiento de la nuez y desarrollo del endospermo líquido, y 2) llenado de la almendra y crecimiento del embrión (Wolstenholme y Storey 1970).

7.1. Crecimiento

Después de la polinización, a mediados de mayo, el fruto no crece, pues es cuando ocurre la fertilización del óvulo (Wolstenholme y Storey 1970). Con ligeras variaciones entre regiones y años, en la figura 5 se muestra que la nuecesilla comienza a crecer de manera lenta a finales de mayo, y de principios de junio a mediados de julio se presenta la etapa de 'crecimiento rápido del fruto' (foto 11). A finales de julio la tasa de crecimiento del fruto es menor, para alcanzar su tamaño total a principios de agosto; después sólo ocurre un ligero incremento en el grosor del ruezno (Tarango 1989).



FOTO 11. Frutos de la variedad Western en la fase de crecimiento rápido.

El tamaño final de la nuez está influenciado por las características de la variedad, condición fisiológica del árbol, manejo de la huerta y clima. Brotes vigorosos forman nueces de mayor tamaño, nogales con muchos frutos dan nueces más pequeñas. Los frutos crecen más cuando la temperatura media de abril es >20.3 °C y la de mayo de >24.2 °C (Brison 1976, Sparks 1986).

Riego. En buena medida el tamaño de la nuez está determinado por la provisión de agua en la época de su crecimiento rápido (Sparks 1986), durante junio y hasta mediados de julio. Cuando es por gravedad se riega el 1 de junio, el 25 de junio y el 15 de julio. Con riego presurizado un nogal con copa de 12 m de diámetro necesita 1,000 L en junio y 1,200 L en julio, de agua por día (Worthington y Stein 1990, Hernández 2003). Ver figura 5.

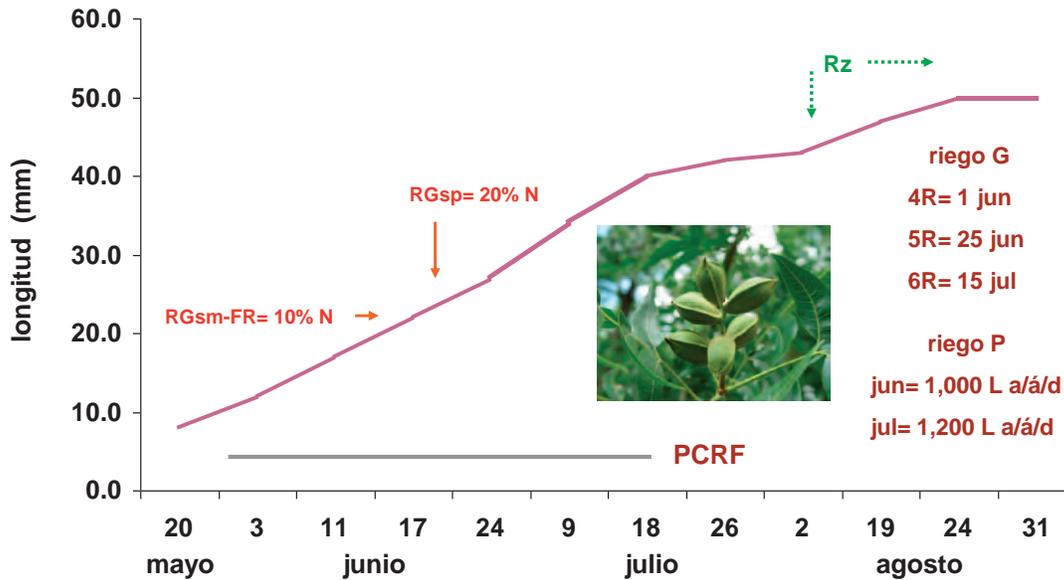


Figura 5. Curva de crecimiento (largo) del fruto de la variedad Western y fechas de aplicación de nitrógeno (N) y riego (R). Ojinaga, Chihuahua (Tarango 1989). PCRF= periodo de crecimiento rápido de fruto. RG= riego gravedad, FR= fertirriego, Rz= sólo crece el ruezno, sp= suelo pesado, sm= suelo medio.

Fertilización. El crecimiento del fruto requiere nitrógeno, pero en cantidades conservadoras (Wood 2002, 2006). En riego por gravedad y suelo arcilloso se aporta 20% de la dosis total de N, en suelo medio o arenoso un 10%, y con fertirriego un 10%; la aplicación se hace a mediados de junio (figura 5).

Plagas. Deben controlarse las poblaciones de áfidos, para evitar que su extracción de carbohidratos afecte el crecimiento del fruto (Tedders y Wood 1985).

Maleza. Cuando el fruto crece rápido las hierbas deben mantenerse controladas, pues le compiten mucho a los nogales por la humedad de la capa arable del suelo (Aldaba 1997). Conviene segar la hierba para favorecer a las características físicas del suelo (Apel y Hinrichs 1977).

7.2. Desarrollo

En cuanto a su desarrollo el fruto del nogal presenta fases bien definidas. Su época de ocurrencia difiere un tanto entre variedades, regiones y años, tal como se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Fechas promedio del inicio de cuatro fases fenológicas del fruto de dos variedades de nogal en dos regiones de Chihuahua.

Variedad	Estado acuoso	Endurecimiento de cáscara	Llenado de almendra	Apertura de ruezno
<i>Delicias</i> ¹				
Western	18 jun	22 jul	2 ago	25 sep
Wichita	12 jun	19 jul	24 jul	22 sep
<i>Ojinaga</i> ²				
Western	1 jun	21 jul	1 ago	6 oct
Wichita	29 may	17 jul	25 jul	1 oct

Adaptado de: ¹Salas (1986) y Hernández (2002), ²Tarango (1989).

Riego. La formación del saco del endospermo ('estado acuoso', foto 12), el crecimiento de la cáscara, el llenado de la almendra (foto 13) y la apertura del ruezno son fases críticas en cuanto a consumo de agua por el nogal (Sparks 1986). De manera particular, una buena provisión de humedad durante agosto y la primera quincena de septiembre determina la calidad de la almendra, y regar hasta el inicio de apertura del ruezno (foto 14) uniformiza esta fase y disminuye el problema de ruezno pegado y de nuez nacida (Stein et al. 1989). Cuando es por gravedad se riega el 1 y 20 de agosto y el 15 de septiembre. En riego presurizado un nogal con copa de 12 m de diámetro necesita 920 L en agosto y 600 L en septiembre, de agua por día (Worthington y Stein 1990, Hernández 2003). Ver figura 6.



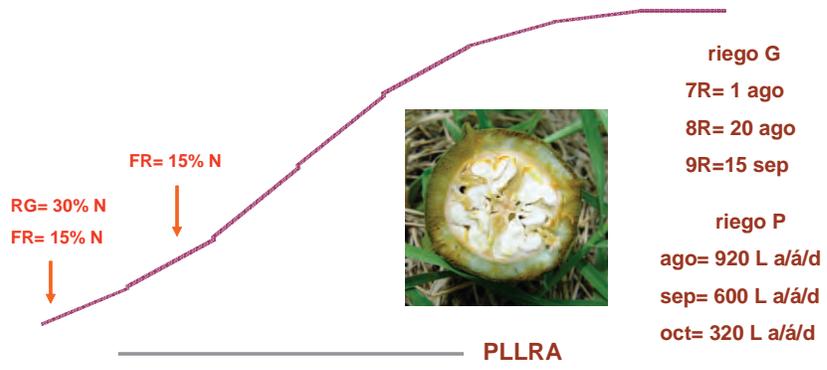
FOTO 12. Fruto de la variedad Western en la fase de estado acuoso. Note la forma de huso y la formación de la cubierta del endospermo, que se llena de líquido.



FOTO 13. Corte transversal de una nuez en la fase de llenado rápido de almendra. Note que el ruezno está firmemente unido a la cáscara y que la almendra va llenando lo que fue la cavidad del endospermo.



FOTO 14. Cuando el ruezno inicia su apertura, en la mayoría de las nueces ya se ha separado la cáscara del ruezno.



Durante agosto y septiembre el nogal pecanero exhibe la segunda etapa de crecimiento fuerte de sus raíces, por lo que el fertilizante aplicado en dicha época será mejor aprovechado y favorecerá el llenado de la almendra de la nuez y la obtención de nutrimentos de reserva para el frutal (Kilby 1999).

Plagas. La ocurrencia de las distintas fases de desarrollo del fruto comprende una época amplia en tiempo (cuadro 3); por ello es común la incidencia de varias plagas:

ÁFIDOS. La alimentación intensiva de los áfidos amarillos puede disminuir en 12% el peso seco de la almendra (Teddars y Wood 1985). En agosto y septiembre se presenta la segunda generación de áfidos amarillos, cuyo control biológico natural es eficaz en términos de regulación; comúnmente dicho control se apoya con liberaciones de 10,000 huevecillos/ha de crisopas o 3,000 de catarinitas, con aspersiones de 50 g de detergente Foca/100 L agua (Tarango 2005) y/o de 500 g de nitrato de potasio + 30 mL de ADH/100 L agua (Wood et al. 1995). En algunos años aparece el pulgón negro (cuando hay tiempo fresco), el cual se controla con aspersiones de 50 mL de Perfekthion + 50 g de detergente Foca/100 L agua (Tarango 2005).

GBN. En pospolinización y al inicio del crecimiento del fruto, de mediados de mayo a mediados de junio, se presenta la generación más importante del GBN. El muestreo incluye la revisión de racimos para detectar la primera entrada a los frutos de la larva. Un adecuado control de esta plaga se obtiene aplicando el regulador del crecimiento de insectos Intrepid, 25 mL/100 L agua (Tarango y González 2007). Durante mayo y junio el control biológico natural de este insecto puede ser muy eficaz, por lo que se recomienda muestrear a los insectos benéficos asociados y su actividad reguladora, y si este es el caso no se aplican plaguicidas (Tarango 2006).

GBR. En algunos años este insecto puede atacar la nuez a mediados de junio, causando su caída de mediados a finales de julio. Casi cada año se presenta una generación del GBR de mediados de agosto a mediados de septiembre que afecta el llenado de la almendra, que ésta se manche y que el ruezno no abra bien. Una vez que inicia la apertura del ruezno la presencia de la plaga no causa daño económico (Tarango y Nava 1998). El muestreo del GBR con trampas de feromona sexual se lleva de junio a septiembre, y su control se hace con aplicaciones del regulador del crecimiento de insectos Intrepid (25 mL/100 L agua) o con el plaguicida biorracional Exalt (40 mL/100 L agua), que dan un periodo de protección de 14 a 21 días y respetan los insectos benéficos de las huertas (Tarango et al. 2003a).

CHINCHES. En la época de crecimiento rápido del fruto y del estado acuoso una punción por chinches causa la caída de la nuez. En agosto y septiembre puede presentarse la chinche de patas laminadas y en septiembre y octubre la conchuela, cuya alimentación ocasiona el manchado

de la almendra. El muestreo periódico en dicha época es necesario para el manejo de estos insectos (Tarango et al. 2003b). Las prácticas de control incluyen el segado de la hierba alrededor y dentro de las huertas, y el anillado de las mismas con un plaguicida de amplia residualidad y baja toxicidad (Smith 1998).

Muestreo foliar. Conocer el estado nutrimental de un nogal es fundamental para el diseño de los programas de fertilización (Stockton 1985a). Tradicionalmente se ha recomendado que el muestreo de folíolos para su análisis nutrimental se haga durante la primera semana de agosto, cuando el crecimiento y desarrollo del fruto tienen una alta demanda por nutrientes de las hojas (Ramírez 1998). No obstante, para los nuevos esquemas de fertilización que incluyen aportar nutrientes en agosto debe determinarse la época adecuada para el muestreo foliar.

Cosecha temprana. Esta práctica permite obtener una almendra con un color más claro, reducir el porcentaje de nuez nacida y llegar más temprano al mercado; sin embargo, exige mayor mecanización de la cosecha y se pierde hasta un 5% en peso seco de la almendra. Se realiza cuando la nuez se separa del ruzno y las suturas de éste comienzan a abrir (Sparks 1993b). En la región la cosecha temprana puede iniciarse a partir de la segunda decena de octubre.

8. Caída de fruto

De manera natural los nogales tiran flores y frutos prácticamente durante todo el ciclo vegetativo. El grado de caída está influenciado por la variedad, el manejo de los árboles y factores ambientales (Sparks 1992). La caída de fruto en desarrollo es diferente entre variedades y años, y Western y Wichita son genotipos que muestran menor tendencia a este fenómeno –cuadro 4– (Tarango 1989).

Cuadro 4. Porcentaje promedio¹ de caída de frutos de cinco variedades de nogal pecanero en Ojinaga, Chihuahua.

Variedad	Caída total	Caída mensual			
		Mayo	Junio	Julio	Agosto
Western	28.7	4.8	8.9	9.8	4.7
Wichita	29.3	11.3	4.7	4.6	7.6
Mahan	43.1	13.9	9.0	8.6	7.9
Burkett	46.1	22.4	15.7	0	5.9
Stuart	60.0	31.1	18.7	3.9	0

¹De tres años de estudio.

Adaptado de: Tarango (1989).

Típicamente se consideran tres 'caídas' de nueces en el ciclo vegetativo del nogal. La *primera* caída es de flores débiles y mal desarrolladas y de flores normales no polinizadas, y ocurre de mediados a fines de mayo (foto 16). Para reducirla debe promoverse que los brotes fructíferos sean vigorosos y ubicar bien los árboles polinizadores. La *segunda* caída, que se presenta en junio y julio, incluye flores que no fueron fertilizadas y nuecesillas con insuficiencia nutrimental del embrión; es más intensa en árboles con tensiones nutrimentales o de humedad y en aquellos con fuerte carga de frutos. La *tercer* caída se ubica en agosto y se considera causada por aborto del embrión y está asociada con el rápido incremento del peso seco de la almendra, lo que implica una competencia nutrimental entre frutos y entre éstos y las hojas del nogal (Madden et al. 1975, Sparks y Heath 1972, Sparks 1986).



FOTO 16. Primera caída, de flores mal desarrolladas y/o que no fueron polinizadas. Comúnmente esta es la caída de mayor cuantía.

Adicionalmente a la caída natural como proceso de raleo de frutos por el árbol, un manejo deficiente de la huerta, el daño por insectos o un estrés calórico durante el estado acuoso pueden incrementar el grado de caída de nueces (Medina 1980).

En general, un manejo integrado de la nogalera que permita un buen desempeño vegetativo y reproductivo y la sanidad de los árboles limitará la caída de frutos a un porcentaje normal. Además, debe tenerse en cuenta que este raleo natural de frutos es conveniente para obtener nueces de buen tamaño y calidad (Brison 1976, Sparks 1986).

9. Rendimiento y calidad

Una buena cosecha de nueces con almendras bien llenas es el resultado de un manejo adecuado en cada fase fenológica del nogal. El potencial de rendimiento de la variedad Western en las regiones semiáridas de Estados Unidos, bajo condiciones de muy buen manejo, es de 2,240 kg/ha (Kilby 1990, Sparks 1992). En distintas regiones nogaleras del estado de Chihuahua y en condiciones de manejo comercial, el rendimiento promedio de los últimos cinco años varía de 1.44 a 2.36 t/ha. Esto es, para la entidad un nivel de referencia para alta productividad puede fijarse en 2.3 t/ha/año.

En el centro-sur de Chihuahua, en huertas con muy buen manejo, un excelente estado nutrimental (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, Mn y B) y un rendimiento de 3.1 t/ha de buena nuez, el potencial de fructificación disminuye sustancialmente el siguiente año (S.H. Tarango, datos no publicados). Dicho efecto se debe a la disminución obligada de la reserva de carbohidratos el año de alta cosecha (Davis y Sparks 1974), condición documentada incluso en nogaleras de manejo muy tecnificado (Reid y Eikenbary 1991, Sparks 1991, McCraw et al. 2004).

En nogales adultos la producción está determinada en gran medida por la región (acumulación de frío y de calor), el tipo de suelo, la poda, el riego, la nutrición y el control de plagas, por lo que varía sustancialmente entre zonas y esquemas de manejo de las huertas. De acuerdo con los datos del cuadro 5, es evidente que mucho nitrógeno o mucha agua, un sistema de riego presurizado moderno, poda mecanizada o un clima adecuado, por si solos no significan altos rendimientos de nuez.

Específicamente, de la información del cuadro 5 se infiere que aportar más nitrógeno como práctica única no significa un incremento automático de la producción. Con fertirrigación la nogalera 'B' rindió sustancialmente más que la huerta 'C' que recibió un 20-50% más N. La plantación 'D' con fertirriego y un 34-45% menos N produce prácticamente lo mismo que la huerta 'E' con fertirriego y poda mecanizada.

Se observa también que una cantidad apropiada de nitrógeno fraccionada en las fases fenológicas de mayor demanda por el nogal, mediante la fertirrigación, mejora notablemente la respuesta productiva de los árboles. La referencia 'A' y 'B' es la misma huerta pero con dos condiciones de manejo, y el cambio de fertilización en banda con tres aplicaciones y riego por gravedad a un esquema de fertirrigación (con un aumento de 10-20% de N) permitió una mejora del rendimiento de 75% (cuadro 5). Otro buen ejemplo es la huerta 'D' con fertirriego, que con

una dosis moderada de nitrógeno (160-200 kg/ha) y su aplicación fraccionada, exhibe una alta productividad.

Cuadro 5. Rendimiento promedio¹ de nogales adultos de la variedad Western en diferentes regiones del estado de Chihuahua y condiciones de manejo.

Región/huerta	Nitrógeno kg/ha	Tipo de riego	Nueces kg/árbol
Delicias ² A	180-200	Gravedad	18.9
Delicias ² B	200-240	Aspersión-F ⁵	33.1
Rosales ³ C	300	Aspersión-F	21.5
Jiménez ⁴ D	160-200	Aspersión-F	33.9
Jiménez ⁴ E	240-360	Aspersión-FP ⁶	34.2
Jiménez ⁴ F	540-702	Aspersión-S ⁷ P	28.6

¹De tres y cuatro años; árboles de 22 a 35 años de edad; distancia de plantación 10X10 m.

^{2,4}De: S.H. Tarango (datos no publicados).

³De: Hernández (2002).

⁵F= fertirrigación, ⁶P= poda mecanizada.

⁷S= fertilización superficial.

El manejo adecuado del fertilizante es tan importante como la dosis. Debe tenerse en cuenta que el suficiente aprovechamiento del fertilizante nitrogenado sólo se logra cuando el contenido de humedad del suelo es el adecuado (Sparks 1991, Wood 2006). Al fertilizar en épocas de demanda por el nogal (brotación, crecimiento del brote, crecimiento del fruto y llenado de la almendra) y de manera fraccionada se disminuyen sustancialmente las pérdidas de N (Wood 2002). De los ejemplos del cuadro 5, las nogaleras con los mayores rendimientos promedio (B, D y E) reciben su nitrógeno en las fases fenológicas señaladas y fraccionado en siete aplicaciones. En las huertas C y F el nitrógeno se fracciona en tres aplicaciones, pero no se provee de manera estricta según la fenología del nogal y sobre todo no se aporta en agosto.

En cuanto a calidad se refiere, el contenido de almendra en primer lugar y su color en segundo término son las principales variables evaluadas comercialmente (Sparks 1992). El porcentaje de almendra está influenciado por muchos factores, y una nuez bien llenada es el resultado de un buen manejo del árbol. De acuerdo con la región, la edad y la condición vegetativa

de los nogales, los valores de referencia para evaluar la calidad de una cosecha son de 54 a 60% de porcentaje de almendra en la variedad Western y de 57 a 63% en la variedad Wichita. En cuanto a tamaño los valores de referencia son 6.9 g para la nuez Western y 8.1 g para la Wichita (Madden et al. 1975, Brison 1976, Herrera 1982).

10. Alternancia

Los nogales tienen una tendencia natural a producir cosechas altas y bajas en años sucesivos (producción irregular), condición que se acentúa cuando el manejo de la nogalera es ineficiente (Wood 1991, Sparks 1992). El grado de alternancia difiere entre variedades de nogal, condiciones de manejo y entre regiones (Núñez 2001).

La producción irregular está determinada en gran parte por las reservas de carbohidratos y de nitrógeno con las que entra el nogal al reposo invernal (Wood 1991, 2002). El 85% del peso seco de la nuez se acumula en los últimos tres meses del ciclo vegetativo, por lo que le queda muy poco tiempo al árbol antes del invierno para recuperar reservas nutrimentales (Davis y Sparks 1974). Los carbohidratos y el nitrógeno almacenados en la raíz, tronco, ramas y brotes son utilizados en el crecimiento inicial de brotes y hojas y en la diferenciación floral en la siguiente primavera (Lockwood y Sparks 1978, Wood 2002). Más específicamente, en regiones semiáridas el nogal Western utiliza para el crecimiento inicial de primavera, la floración y el desarrollo del embrión, tanto nitrógeno de reserva como del aplicado el año en curso (Kraimer et al. 2001).

Cuando los nogales son manejados para maximizar la eficiencia fotosintética, mejorar la relación hoja/fruto, prolongar la permanencia del follaje en el otoño (foto 17) y aumentar las reservas de nutrimentos al inicio de la dormancia, el grado de alternancia se reduce sustancialmente (Lagarda 1986, Wood 1991). La proporción entre brotes vegetativos y fructíferos es clave para la productividad de un nogal; en la variedad Western un 60% de brotes fructíferos y en la Wichita un 50% permiten mantener un buen rendimiento cada año (McCraw et al. 2004).

Teniendo como punto de partida un suelo y clima adecuados para el nogal, el concepto y la práctica de 'manejo integrado del cultivo' (MIC) es la estrategia para tener huertas productivas. Un buen manejo del nogal implica combinar bien las diferentes prácticas culturales, de tal manera que el efecto individual de cada una de ellas favorezca el resultado total.

11. Ejemplo de MIC

Un programa de manejo integrado de una nogalera no tiene que ser complicado, ni mucho menos de alto uso de insumos; a lo más será laborioso y exigente en el detalle técnico. Enseguida se muestran algunos aspectos de manejo de la Huerta Santa María, en Delicias (Chihuahua), y su productividad en un periodo de nueve años.



FOTO 17. Árbol Western en excelente condición poscosecha. Note las pocas hojas que cayeron con la vibrada y el abundante follaje de color verde intenso que permanece entre la cosecha y las primeras heladas.

11.1. Fertilización

Dicha plantación se fertilizó al suelo y se regó por gravedad por 30 años. Los últimos seis años se ha manejado con el concepto MIC, con énfasis en la fertilización según las fases fenológicas de mayor demanda nutrimental (cuadro 6). El criterio de fraccionado es empírico y sólo se usan fertilizantes simples. Con dicho esquema se pretende proveer los nutrimentos cuando el nogal los necesita y disminuir las pérdidas por lixiviación y volatilización del nitrógeno.

Cuadro 6. Fraccionamiento del fertilizante¹ por fase fenológica del nogal Western para su aplicación con el agua de riego². Huerta Santa María. Delicias, Chihuahua.

Fase fenológica	% de la dosis total		
	N	P	K
Prebrotación	15	14	14
Inicio de crecimiento rápido de brote	17.5	14	14
Plenitud de crecimiento rápido de brote y expansión foliar	17.5	14	14
Fin de crecimiento rápido de brote	10	14	14
Plenitud de crecimiento rápido de fruto	10	14	14
Inicio de llenado de almendra	15	15	15
Plenitud de llenado de almendra	15	15	15

¹Fuentes: N= nitrato de amonio o urea, P= ácido fosfórico ámbar, K= nitrato de potasio.

²Por aspersión.

11.2. Fertilización foliar

Se basa en el análisis nutrimental del follaje y sólo se utilizan sales simples, que son eficaces y económicas. Típicamente se hacen cinco aspersiones y por cada 100 litros de agua se disuelven:

1^a. Brote de 1 pulgada= 250 g de sulfato de zinc (36%)
 200 g de urea (convencional)
 1.5 ml ácido nítrico (D = 1.5)

2^a. 10 días después (DD)= 250 g sulfato de zinc
 250 g de urea
 2.0 ml ácido nítrico

3^a. 10 DD= 250 g sulfato de zinc
 250 g urea
 100 g sulfato de cobre (25%)
 2.5 ml ácido nítrico

4^a. 15 DD= 250 g sulfato de zinc
 250 g urea
 400 g sulfato de magnesio (10%)
 3.0 ml ácido nítrico

- 5ª. 15 DD= 250 g sulfato de zinc
- 250 g urea
- 400 g sulfato de magnesio
- 3.0 ml ácido nítrico

11.3. Muestreo foliar

La recolección de los folíolos para el análisis nutrimental se hace el 15 de agosto.

11.4. Riego

En esta huerta se irriga de marzo a septiembre, no se da riego invernal. El primer (18 de marzo) y segundo (25 de marzo) riegos se dan de 24 horas, para restablecer la reserva de humedad del suelo. El intervalo de riego es de siete días. En el cuadro 7 se muestra el esquema de aporte de agua mediante un sistema de riego por aspersión. La textura del suelo es migajón arcillo arenosa.

Cuadro 7. Esquema de riego para nogales adultos de la Huerta Santa María, lote 485. Delicias, Chihuahua.

Mes	Litros de agua por nogal/día	Horas de riego cada 7 días			
		Sección			
		I	II	III	Etcétera
Abril ¹	600				
Abril ²	700				
Mayo	800				
Junio	1,000				
Julio	1,200				
Agosto ¹	1,000				
Agosto ²	900				
Septiembre ¹	750				
Septiembre ²	600				

¹= primera quincena del mes.

²= segunda quincena del mes.

La cantidad de agua diaria indicada se multiplica por el número de días que se deja entre un riego y otro (7 días), y luego se divide entre el gasto del aspersor (litros/hora) para obtener el tiempo de cada riego (en horas).

11.4.1. Tiempo de fertilización

Se usa un esquema 30%-50%-20%. Por ejemplo, si el tiempo de riego es de 12 horas se maneja así: 3.6 horas con pura agua, para mojado; 6 horas con solución fertilizante; y 2.4 horas con pura agua, para lavado. Para diferentes tiempos de riego se saca la proporción respectiva.

11.5. Manejo de suelo

La nogalera lleva 10 años donde el único laboreo ha sido el segado de la hierba. Así, se aprecia en el suelo superficial un aumento de materia orgánica, crecimiento de raicillas del nogal a 2.5 cm de profundidad, adecuada infiltración del agua, ausencia de erosión y un piso de hierba que facilita la cosecha (foto 18).



FOTO 18. Huerta con riego de aspersión y piso permanentemente cubierto por hierbas nativas. Las plantas arvenses que quedan junto al tronco sirven de refugio y proveen alimento alternativo a los insectos benéficos.

11.6. Manejo de plagas

Se tiene establecido un programa de manejo integrado, donde la principal herramienta es el muestreo periódico tanto de insectos plaga como de benéficos. La primera estrategia de manejo es el control biológico natural, en segundo lugar se hace control biológico inducido, como tercera opción se utilizan agroquímicos biorracionales, y sólo como última instancia se aplican plaguicidas convencionales (cuyo uso en la huerta es mínimo y esporádico).

11.7. Poda

Esta práctica cultural se realiza con un esquema de cuatro años. El año 1 se hace poda de aclareo (PA) en las hileras pares de nogales; el año 2 la PA se hace en las hileras nones; el año 3 se hace poda de despunte (PD) en las hileras pares; y el año 4 la PD se hace en las hileras nones. De esta manera el trabajo de poda se distribuye a través de los años y no hay un efecto disminutivo en la producción total por dicha práctica.

11.8. Productividad

A partir del año 2000 se estableció el programa MIC, con énfasis en la nutrición según la fenología del frutal, particularmente aportando N-P-K en agosto (cuadro 6). Con dicho esquema de manejo el rendimiento promedio de los últimos seis años es de 2.30 t/ha para el lote 450 y de 2.53 t/ha para el lote 485. Cada año la producción de nueces ha sido ≥ 2 t/ha, lo que sitúa al índice de alternancia en un nivel bajo. Las dosis de fertilizante son moderadas y aparecen muy rentables 220 a 240 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de fósforo y potasio (cuadro 8), cuya eficiencia resulta incrementada por el fraccionamiento y su aplicación en el agua de riego. Dicha eficiencia de la fertilización está acorde con la 'regla Kilby', de que por cada 8-10 kg de nitrógeno aportado al suelo deberían producirse 100 kg de nueces (Kilby 1999).

Cuadro 8. Dosis de fertilización, rendimiento y concentración foliar de nitrógeno (N) de nogales Western adultos. Huerta Santa María. Delicias, Chihuahua.

Año	Fertilización	Lote 450 ^a		Lote 485 ^b	
		Nueces t/ha	N (%)	Nueces t/ha	N (%)
1997T	180-60-60	0.32	2.34	0.56	2.34
1998	200-60-60	2.37	2.70	2.62	2.42
1999	130-60-60	0.95	2.38	1.10	2.30
2000F	220-30-40	2.65	2.36	2.81	2.50
2001	200-40-80	2.19	2.61	2.01	2.53
2002	240-60-80	2.18	2.78	2.72	2.94
2003	220-30-40	2.62	2.75	2.47	2.77
2004	240-40-40	2.06	2.88	2.43	2.65
2005	220-40-40	2.12	2.58	2.74	2.78

T= aplicación tradicional de fertilizante (1997-1999).

F= fraccionamiento del fertilizante por fase fenológica (2000-2005).

a= árboles a 13 x 13 m, b= árboles a 10 x 10 m.

La concentración foliar de nitrógeno se ubica en el rango de 2.5 a 2.9% considerado como óptimo; el zinc varía de 60 a 275 ppm, igual o arriba del límite de suficiencia de 60 ppm (Wood 2006), lo que sugiere una alta eficacia de la fertilización foliar con el esquema indicado (ver apartado 11.2). Los datos del cuadro 8 sugieren que en huertas con nogales adultos y poda periódica la mayor densidad de plantación favorece el rendimiento por hectárea.

Agradecimientos

Al Sr. Mucio Rey L. por su apoyo para realizar el estudio fenológico en su huerta. A los nogaleros que facilitaron sus datos de manejo y producción, con lo cual impulsan la investigación regional, particularmente a los propietarios de la Huerta Santa María. A las organizaciones de productores que financiaron la publicación de esta tercera edición.

12. Literatura citada

- Aldaba M., J.L. 1997. Malas hierbas en nogaleras. En: L.Á. Rodríguez y S.H. Tarango (eds.). Manejo integrado de plagas del nogal. México. Doble Hélice Ed. P.277-289.
- Apel, G.W. and H.A. Hinrichs. 1977. Progress report in orchard floor management studies. Pecan South 4(6):250-251.
- Brisson, F.R. 1976. Cultivo del nogal pecanero. Conafrut. México. 350 p.
- Burrola M., J.R. 2011. Efecto de compensadores de frío alternativos en nogal pecanero *Carya illinoensis*. Tesis de maestría. FCAF - UACH. México. 39 p.
- Calcote, V.R. and D.E. Hyder. 1980. Late season emergence of shuckworm from overwintering shucks. Proc. SE Pecan Grow. Ass. 73:75-77.
- Calderón A., E. 1983. La poda de los árboles frutales. 3ª. ed. Limusa. México. 549 p.
- Calderón A., E. 1985. Fruticultura general. 3ª. ed. Limusa. México. 759 p.
- Chávez O., O. 1992. Guía práctica de la poda del nogal pecanero. Colección Agropecuaria. México. UACH-AALPNND. 96 p.

- Davis, J.T. and D. Sparks. 1974. Assimilation and translocation patterns of carbon-14 in the shoot of fruiting pecan trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(5):468-480.
- Díaz M., D.H. 1987. Requerimiento de frío en frutales caducifolios. Tema didáctico No. 2. México. INIFAP. 54 p.
- Hernández C., J. 2002. Transferencia de tecnología de riegos y fertilización edáfica en huertas de nogal en producción manejadas con sistema de goteo y microaspersión. Informe de investigación. México. CEDEL-INIFAP.
- Hernández C., J. 2003. Estimación de los requerimientos hídricos de nogales en desarrollo y producción en Jiménez, Chihuahua. Informe de investigación. Mexico. CEDEL-INIFAP.
- Herrera, E. 1982. Growing pecan in New Mexico. Circular 461. CES-New Mexico State University.
- Herrera, E. 1983. Growth and development of pecan nuts. Guide H-618. CES-New Mexico State University.
- Kilby, M. 1990. Pecan fertilization. In: Second pecan orchard management shortcourse. CES-New Mexico State University.
- Kilby, M.W. 1999. Performance of Western pecans with fall fertilization only. Southeast. *Pecan Grow. Ass.* 54:65-67.
- Kilby, M.; R. Neja and R. Call. 1998. Foliar application of boron to pecan trees does not affect fruit set. Bulletin 1051. CEAES-The University of Arizona. P.95-97.
- Kraimer, R.A.; W.C. Lindermann and E.A. Herrera. 2001. Distribution of ¹⁵N-labeled fertilizer applied to pecan: a case study. *HortScience* 36(2):308-312.
- Lagarda M., Á. 1977. Relación entre crecimiento del fruto y algunos puntos críticos del desarrollo fenológico con la acumulación de unidades calor en el cultivo del nogal cáscara de papel. Seminarios técnicos Vol.4, Núm.4. México. CIANE-INIA.
- Lagarda M., Á. 1986. La alternancia en producción de nogal. En: Primera reunión técnica sobre fruticultura en el noroeste de México. CAECH-INIFAP. P.186-197.

- Lockwood, D.W. and D. Sparks. 1978. Translocation of ^{14}C from tops and roots of pecan in the spring following assimilation $^{14}\text{CO}_2$ during previous growing season. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(1):45-49.
- López M., I. 1985. Poda de fructificación en nogal. En: 4º. día del nogalero. México. CAELALAINIA. P.14-18.
- Madden, G.; F.R. Brison and J.C. McDaniel. 1975. Pecans. In: Handbook of northamerica nut trees. Fourth ed. The Northern Nut growers Ass. P.163-169.
- Marquard, R.D. 1988. Outcrossing rates in pecan and the potential for increased yields. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:84-88.
- Marquard, R.D. 1990. Pecan biology. In: Second pecan orchard management shortcourse. CES-New Mexico State University.
- Marquard, R.D. 1991. Effect of the pollen parent on fertilization succes. In: B.W. Wood and J.A. Payne (eds.). Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.175-179.
- McCraw, D.; M.W. Smith and W. Reid. 2004. Pecan crop load management. F-6251. OCES-Oklahoma State University. 4 p.
- McEachern, R.G. 1985. Pecan fertilization. In: Texas pecan orchard management handbook. TAES-Texas A&M University. P.90-91.
- Medina, M.C. 1980. Fenología y manejo del cultivo del nogal. Seminarios técnicos Vol.5, Núm.11. México. CIAN-INIA. 35 p.
- Miyamoto, S. 2002. Guidelines for developing soil and water management programs: Irrigated pecans. TAES-TWRI-The Texas A&M University System. 12 p.
- Núñez M., J.H. 2001. Desarrollo del nogal pecanero. En: El nogal pecanero en Sonora. México. Libro técnico No. 3. CECH-INIFAP. P.23-38.
- Núñez M., J.H.; J.A. Márquez C. y L. Esquer P. 2003. Efecto en la productividad de nogal pecanero con la aplicación comercial de cianamida de hidrógeno. En: J.H. Núñez y J. Grageda (eds.). Seminario de nogal pecanero 2003. Memoria técnica No. 10. México. CECH-INIFAP. P.13-17.

- Ramírez Q., R. 1998. Ajuste de la fecha de muestreo foliar y concentración nutrimental en nogal. 4º. ciclo 1997. Tesis de licenciatura. México. FCAF-UACH. 93 p.
- Reid, W. and R.D. Eikenbary. 1991. Developing low-input management strategies for native pecan orchards. In: B.W. Wood and J.A. Payne (eds.). Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.69-76.
- Salas F., A. 1986. Comportamiento fenológico de nueve cultivares de nogal en la zona sur del estado de Chihuahua. En: Día del nogalero 1986. Campo Experimental Delicias-INIFAP. México. P.9-18.
- Schneider, G.W. y C.C. Scarborough. 1979. Cultivo de árboles frutales. 13a. imp. CECSA. México. 445 p.
- Skroch, W.A. and J.M. Shribbs. 1986. Orchard floor management: an overview. HortScience 21(3):390-394.
- Smith, M.T. 1998. Low input management of stink bugs in pecan: combining the best conventional control methods and a new trap cropping approach for cost effective IPM. Southeast. Pecan Grow. Ass. 91:52-58.
- Sparks, D. 1986. Pecan. In: Handbook of fruit set and development. CRC Press. P.323-337.
- Sparks, D. 1989. Pecan nutrition. Twenty-third West. Pecan Conf. WIPGA-New Mexico State University. P.55-96.
- Sparks, D. 1991. Cultural practices. In: B.W. Wood and J.A. Payne (eds.). Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.22-33.
- Sparks, D. 1992. Pecan cultivars. The orchard's foundation. Pecan Production Innovations. 443 p.
- Sparks, D. 1993a. Efectos nutricionales en la producción alternada y la calidad de la nuez. En: XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. México. sp.

- Sparks, D. 1993b. Manejo de huertas de nuez pecanera en climas cálidos. Énfasis en la germinación prematura y apertura del ruzno. En: XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. México. sp.
- Sparks, D. and J.H. Heath. 1972. Pistillate flower and fruit drop of pecan as a function of time and shoot length. HortScience 7(4):402-403.
- Sparks, D. and G.D. Madden. 1985. Pistillate flower and fruit abortion in pecan as a function of cultivar, time, and pollination. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:219-223.
- Stein, L.A.; G.R. McEachern and J.B. Storey. 1989. Summer and fall moisture stress and irrigation scheduling influence pecan growth and production. HortScience 24(4):607-611.
- Stockton, A. 1985a. Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis. In: Nineteenth West. Pecan Conf. Proc. CES-New Mexico State University. P.99-100.
- Stockton, A. 1985b. Phosphorus and potassium nutrition of pecan. In: Nineteenth West. Pecan Conf. Proc. CES-New Mexico State University. P.26-28.
- Storey, J.B. 1990. Fertilization. In: Texas pecan profitability handbook. TAES-The Texas A&M University System. P.VI1-2.
- Sweeten, J.M.; A.C. Mathers and R.G. McEachern. 1982. Improving soils with manure application. In: Sixteenth West. Pecan Conf. proc. CES-New Mexico State University. P.45-74.
- Tarango R., S.H. 1989. Comportamiento del nogal en Ojinaga, Chihuahua, y algunos aspectos de manejo. Folleto para productores No. 3. México. CEAO-INIFAP. 20 p.
- Tarango R., S.H. 2001. Efecto de la cianamida hidrogenada en la fenología del nogal [*Carya illinoensis* (Wang.) K. Koch] variedades Western y Wichita. Folleto técnico No. 6. México. CEDEL-INIFAP. 22 p.
- Tarango R., S.H. 2005. Control biológico de áfidos del nogal pecanero. Folleto técnico No. 22. México. CEDEL-INIFAP. 37 p.

- Tarango R., S.H. 2006. Control biológico natural del barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (Lepidoptera: Pyralidae). En: Seminario de nogal pecanero 2006. Memoria técnica No. 21. México. CECH-INIFAP. P.112-125.
- Tarango R., S.H.; H. Aguilar P. y F.J. Quiñones P. 2003a. Biología, muestreo y control de los barrenadores del ruezno y de la nuez. México. Folleto técnico No. 12. CEDEL-INIFAP. 26 p.
- Tarango R., S.H.; M.L. García B. y A. González H. 2003b. Especies, daño y control de chinches en nogal pecanero. México. Folleto técnico No. 14. CEDEL-INIFAP. 39 p.
- Tarango R., S.H. y A. González H. 2007. Fenología, muestreo y control del barrenador de la nuez en Chihuahua. Folleto técnico No. 26. CEDEL-INIFAP. México. 38 p.
- Tarango R., S.H. y R. Nava A. 1998. Captura de *Cydia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae) con trampas de feromona y su relación con la fenología del nogal pecanero. Agric. Téc. Méx. 24(1):45-53.
- Tedders, W.L. and B.W. Wood. 1985. Estimate of the influence of feeding by *Monelliopsis pecanis* and *Monellia caryella* (Homoptera: Aphididae) on the fruit, foliage, carbohydrates reserves, and productivity of mature 'Stuart' pecans. J. Econ. Entomol. 78:642-646.
- Valdez G., B. 2001. Irrigación. En: El nogal pecanero en Sonora. México. Libro técnico No. 3. CECH-INIFAP. P.93-112.
- Walworth, J. 2002. Potassium and phosphorus fertilization program in pecan orchards. In: Thirty-sixth West. Pecan Conf. Proc. NMSU-WPGA. P.38-46.
- Winkler, A.J. 1981. Viticultura. 7a. impresión. México. CECOSA. P. 397-412.
- Wolstenholme, B.N. 1990. Climate. In: Texas pecan profitability handbook. TAES-The Texas A&M University System. P.19-12.
- Wolstenholme, B.N. and J.B. Storey. 1970. Fruit development gives producers management timetable. The Pecan Quarterly 4(4):15-19.

- Wood, B.W. 1991. Alternate bearing of pecan. In: B.W. Wood and J.A. Payne (eds.). Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.180-190.
- Wood, B.W. 1993. Hydrogen cyanamide advances pecan budbreak and harvesting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6):690-693.
- Wood, B.W. 2002. Late nitrogen fertilization in pecan orchards: a review. In: Thirty-sixth West. Pecan Conf. Proc. NMSU-WPGA. P.47-59.
- Wood, B.W. 2006. Nutrition management of pecan. En: 3er. Ciclo de conferencias internacionales de nogalero a nogalero del estado de Coahuila. México.
- Wood, B.W.; J.A. Payne and M.T. Smith. 1995. Suppressing pecan aphid populations using potassium nitrate plus surfactant sprays. HortScience 30(3):513-516.
- Worthington, J.W. and L. Stein. 1990. Water management. In: Texas pecan profitability handbook. TAES-The Texas A&M University System. P.V9-21.

En el proceso editorial de esta publicación participaron las siguientes personas del Campo
Experimental Delicias

Revisores técnicos: M.C. Noé Chávez Sánchez
M.C. Hugo Raúl Uribe Montes
M.C. Socorro Héctor Tarango Rivero
Dr. Jesús Arturo Payán García

Edición y formación: M.C. Francisco Báez Iracheta

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de julio de 2012,
en los talleres de Impresos PAyCAR. Av. 10ª Poniente,
No. 705. Cd. Delicias, Chihuahua, México.
Tel. (639) 474-70-76

Su tiraje consta de 2,000 ejemplares