

Tecnología de Producción en Nogal Pecanero



ISBN 968 - 800 - 542 - 8

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental La Laguna
Matamoros, Coahuila, México
Noviembre del 2002

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

C. JAVIER USABIAGA ARROYO
Secretario

ING. FRANCISCO LÓPEZ TOSTADO
Subsecretario de Agricultura y Ganadería

ING. ANTONIO RUIZ GARCÍA
Subsecretario de Desarrollo Rural

LIC. JUAN CARLOS CORTÉZ GARCÍA
Subsecretario de Planeación

LIC. XAVIER PONCE DE LEÓN ANDRADE
Oficial Mayor

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIA

Dr. JESÚS MONCADA DE LA FUENTE
Director General

Dr. RAMÓN MARTÍNEZ PARRA
Coordinador General de Investigación y Desarrollo

Dr. SEBASTIÁN ACOSTA NUÑEZ
Director General de la División Agrícola

Dr. CARLOS VEGA Y MURGUÍA
Director General de la División Pecuaria

Dr. HUGO RAMÍREZ MALDONADO
Director General de la División Forestal

Dr. DAVID MORENO RICO
Director General de Administración

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NORTE CENTRO

Dr. HOMERO SALINAS GONZÁLEZ
Director Regional

Dr. HÉCTOR MARIO QUIROGA GARZA
Director de Investigación

Dr. ARTURO D. TIJERINA CHÁVEZ
Director de Coordinación y Vinculación Estatal
De la Región Lagunera

Dr. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES
Jefe del Campo Experimental La Laguna

Tecnología de Producción en Nogal Pecanero

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental La Laguna
Matamoros, Coahuila, México
Noviembre del 2002

Libro Técnico No. 3

Primera Edición, Noviembre del 2002.

Tecnología de Producción en Nogal Pecanero

Impreso en México

Campo Experimental La Laguna

I S B N 9 6 8 - 8 0 0 - 5 4 2 - 8

“D.R.” © 2002 por CELALA, CIRNOC, INIFAP
km. 17 carretera Torreón - Matamoros, Coah.
Impreso en México - Printed in Mexico

Contenido

Prólogo	i
ASPECTOS GENERALES DEL NOGAL PECANERO	1
ORIGEN	1
PAÍSES PRODUCTORES	1
SU CULTIVO EN MÉXICO	1
SU CULTIVO EN LA LAGUNA	2
REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	5
Período libre de heladas	5
Temperatura.....	5
Humedad Relativa.....	8
Granizo.....	10
VALOR NUTRITIVO DE LA NUEZ.....	10
LITERATURA CITADA	13
ESTABLECIMIENTO DE UNA HUERTA DE NOGAL	15
PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	15
SISTEMA DE PLANTACIÓN.....	15
COMBINACIÓN DE VARIETADES.....	18
DISTANCIA DE PLANTACIÓN	18
TRAZO DE PLANTACIÓN	19
ÉPOCA DE PLANTACIÓN	19
SELECCIÓN DE PLANTA	20
CUIDADOS DE PLANTACIÓN	20
REPLANTE	21
PODA DE PLANTACIÓN	22
Poda de raíz	22
Poda del tallo	22
CULTIVOS INTERCALADOS	22
LITERATURA CITADA	24
MÉTODOS DE PROPAGACIÓN	27
PROPAGACIÓN	27
Época de siembra de semilla.....	27
Uso del Injerto.....	28
Selección de madera para el injerto.....	28
Almacenamiento de Madera.....	29
Injerto de Parche.....	30
Preparación del injerto de parche.....	30
Preparación de la yema.....	30
Colocación de la yema en el patrón.....	30
Injerto de Corteza	34
Preparación del patrón.....	34
Preparación de la púa.....	35
Inserción de la púa.....	35
LITERATURA CITADA	37

SISTEMA DE CONDUCCIÓN, PODA SELECTIVA Y ACLAREO DE ARBOLES	39
PODA DE FORMACIÓN.	39
Sistema de líder central modificado.	40
Primer año.	40
Segundo año.	41
Tercer y cuarto año.	41
Selección de yemas para la formación del líder central.	43
PODA SELECTIVA DE RAMAS Y ACLAREO DE ÁRBOLES	46
Poda de Aclareo	46
Método práctico para la poda de aclareo de ramas en nogal	49
Aclareo de árboles	49
LITERATURA CITADA	51
FENOLOGÍA	55
BROTACIÓN	55
DESARROLLO DE BROTES.....	56
FLORACIÓN Y POLINIZACIÓN	56
DESARROLLO DEL FRUTO	59
CAÍDA DEL FRUTO	61
MADUREZ DEL FRUTO	62
PERIODO VEGETATIVO	64
PRODUCCIÓN Y CALIDAD	66
CALIDAD DE LA NUEZ	69
Porcentaje de almendra.	69
Tamaño de la nuez.	69
Germinación de la nuez en el ruezno.	70
LITERATURA CITADA	73
MANEJO DEL SUELO	77
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO A CONSIDERAR PARA ESTABLECER UNA HUERTA	77
Origen y clasificación de los suelos de la Comarca Lagunera.	77
Textura.	78
Profundidad del suelo.	80
Compactación.....	80
Salinidad y sodicidad.	81
Salinidad del agua de riego	81
Salinidad del suelo.	83
Efectos de la salinidad en el nogal pecanero.	84
MEJORAMIENTO DE SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD Y SODICIDAD	85

Suelos salinos.	85
Suelos sódicos	88
MEJORAMIENTO DE SUELOS AFECTADOS POR COMPACTACION	
89	
ANÁLISIS DE SUELO	90
¿Porque realizar análisis de suelo?	90
ANEXO	94
Interpretación de los análisis de suelo.	94
POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)	94
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, CE (dS/m)	94
PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE, PSI (%)	95
CARBONATOS TOTALES (%)	95
MATERIA ORGÁNICA (%)	95
NITRÓGENO TOTAL (%)	96
NITRÓGENO INORGÁNICO	
-Amonio + nitrato- (mg Kg ⁻¹)	96
NITRATO (ppm)	96
FÓSFORO OLSEN (ppm)	97
POTASIO TOTAL (ppm)	97
ELEMENTOS MENORES (ppm)	97
LITERATURA CITADA	98
FERTILIZACION DEL NOGAL	101
Nutrimientos requeridos por el nogal	101
ANÁLISIS FOLIAR	102
Como Tomar Muestras de Hojas	102
Concentraciones de Nutrimientos en Nogal	
Pecanero	103
Diagnósticos nutrimentales realizados en zonas productoras	
del norte de México	105
Diagnósticos nutrimentales realizados en	
la Región Lagunera	106
FERTILIZACION CON NITRÓGENO	107
Dosis y Epoca de Aplicación	108
Primer año.	108
Segundo al septimo año.	108
Arboles en producción.	109
Fertilizantes nitrogenados a usar	109
Epoca y forma de aplicación	109
APLICACIONES FOLIARES DE ZINC.	110
Dosis y Número de Aplicaciones	113
APLICACION DE FOSFORO	115
APLICACION DE POTASIO	115
APLICACIONES DE MANGANESO Y COBRE	115
APLICACION DE ESTIÉRCOL	116
Nutrimientos disponibles en el estiércol	117
Dosis de aplicación	118

Control de la salinidad	121
LITERATURA CITADA	122
METODOS Y TECNICAS DE RIEGO	127
CONCEPTOS SOBRE PERDIDAS DE AGUA	127
PÉRDIDAS POR CONDUCCION	127
Cálculo para Estimar la Eficiencia por Conducción	129
PERDIDAS POR APLICACION	129
CALCULO DE LA EFICIENCIA DE APLICACION DEL RIEGO	131
DISTRIBUCION DEL AGUA DENTRO DE LA HUERTA	132
Riego por Melgas	132
Riego por Goteo	133
Cálculo de Aplicaciones del Riego	136
SUGERENCIAS DE CUANDO REGAR	137
Requerimientos Anuales de Agua	138
Demanda Crítica de Agua	138
EFFECTO DE LA EVAPORACION EN EL DESARROLLO DEL FRUTO	139
ADAPTACIONES PRACTICAS AL RIEGO POR SUPERFICIE	141
Calendarios de Riego	142
LITERATURA CITADA	143
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL NOGAL	145
INTRODUCCION	145
GUSANO BARRENADOR DE LA NUEZ	146
Descripción morfológica..	146
Biología y hábitos.	146
Relación fenológica cultivo-plaga.....	148
Determinación del momento oportuno de control.	149
Acumulación de UC.....	149
Monitoreo con trampas de feromonas.	150
Determinación de la necesidad de control.	151
Métodos de control.	152
GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO	154
Descripción morfológica..	154
Biología y hábitos.	155
Daños.	155
Determinación del momento oportuno de control.	157
Monitoreo con trampas de feromonas.	157
Monitoreo con trampas de luz negra	157
Predicción mediante acumulación de UC.	157
Determinación de la necesidad de control	158
Métodos de control	158
PULGONES	159
Descripción morfológica..	160

Biología y hábitos.	160
Daños.	162
Muestreo y umbral económico.	163
Métodos de control	163
BARRENADOR DEL TRONCO Y RAMAS	164
Descripción morfológica..	165
Biología, hábitos y fluctuación poblacional.	165
Daños.	167
Muestreo y umbrales de acción.	168
Métodos de control	169
CHINCHES	169
Descripción morfológica..	169
Biología, hábitos y dinámica poblacional.	171
Daños.	171
Muestreo y umbrales de acción.	171
Métodos de control	171
LITERATURA CITADA.	172
ENFERMEDADES DEL NOGAL	177
PUDRICION TEXANA	177
Magnitud del Problema.	177
Síntomas en el Follaje	179
Síntomas en la Raíz	181
Características del Patógeno	182
Características de la Enfermedad	184
Medidas de Prevención	185
Métodos de Control	186
Tratamiento con Fungicidas Sistémicos	189
Tratamientos de Arboles con Síntomas Avanzados	193
Tratamientos del Sitio para Replante	193
Tratamiento Arizona	194
Aplicación del fumigante Telone	195
RUEZNO PEGADO	197
TIZON DEL EXTREMO DEL PEDUNCULO	198
MUERTE REGRESIVA DEL RUEZNO	198
MUERTE Y AGRIETADO DEL RUEZNO	198
ETIOLOGÍA DEL RUEZNO PEGADO	199
Control	201
LITERATURA CITADA	202
COSECHA Y ALMACENAMIENTO	207
COSECHA	207
Fecha de Recolección	207
ALMACENAMIENTO	208
LITERATURA CITADA.	210
Calendario de Manejo del Nogal Pecanero	211
Índice	213
Índice de Autores	221

PROLOGO

“Tecnología de Producción en Nogal Pecanero” es una publicación que integra la tecnología de manejo para este frutal, derivada de los resultados de investigación que sobre el cultivo ha generado el Campo Experimental de la Laguna. Incluye también experiencias de otras partes del mundo, las cuales se han adecuado a las condiciones ambientales de la Región Lagunera.

Ante la necesidad de incrementar la producción y rentabilidad sostenida del nogal, así como aumentar la superficie sembrada con este cultivo, la presente obra constituye un instrumento de apoyo técnico para los productores, maestros, asesores técnicos, estudiantes y para todas aquellas personas involucradas en esta actividad.

Estas páginas resumen el esfuerzo que durante cerca de tres décadas ha desarrollado el equipo de investigadores del Campo Experimental en el Cultivo del Nogal.

En esta publicación el lector encontrará información con la cual podrá normar su criterio para establecer una huerta y manejarla adecuadamente. También podrá obtener respuesta a los mas variados problemas con los cuales se puede enfrentar en el proceso de producción.

Compete ahora al lector utilizar la información correcta y oportuna para alcanzar el potencial productivo de esta especie vegetal.

Por último, se hace un reconocimiento a los que participaron en la elaboración del trabajo y se agradece a todas aquellas personas que con sus comentarios y sugerencias permitieron enriquecerlo.

Dr. Arturo D. Tijerina Chávez

ASPECTOS GENERALES DEL NOGAL PECANERO

Ma. del Consuelo MEDINA MORALES
Pedro CANO RÍOS

ORIGEN

La nuez pecanera es originaria del norte de México y sureste de los Estados Unidos de América. Los colonizadores españoles llamaron “Nogal” al árbol pecanero y a su fruto la “pecana” le llamaron “nuez”. El nombre de pecana o pecanera es derivado del vocablo indígena Algonquin que le da el nombre de “Pakan” que significa nueces tan duras que requieren una piedra para quebrarlas (6). Por miles de años, la nuez fue una de las principales fuentes de alimento para los indios americanos (23). En la actualidad el nogal es cultivado en la parte sur de los Estados Unidos y el norte de la República Mexicana (11, 18)

Por su clasificación botánica pertenece a la familia: *juglandaceae* y su nombre científico es: *Carya illinoensis* Koch (6, 13, 14).

PAÍSES PRODUCTORES

Existen varios países productores de nuez, de los cuales Estados Unidos de América ocupa el primer lugar con una producción de 113 mil toneladas, que representa al 78.6% de la cosecha. México ocupa el segundo lugar con 28,274 toneladas que equivale al 19.6%; Australia, Israel y Sudáfrica producen 1.8% (11,13).

SU CULTIVO EN MÉXICO

La primera plantación del nogal pecanero se estableció en el estado de Nuevo León en el año de 1904 (6). La Comisión Nacional de Fruticultura, reportó en 1980 la existencia de 48 mil hectáreas plantadas de nogal, de las cuales aproximadamente 10 mil correspondían a nogales nativos y criollos. Para 1996, había 59,695 hectáreas de nogal pecanero plantadas en México, de las cuales 34,495 eran del estado de Chihuahua; que representa el 58% de la superficie nacional; 12,500 de Coahuila, 6,200 de Nuevo León, 3,300 de Durango y 3,200 de Sonora, aproximadamente (22). Para 1999, Chihuahua tenía 35,135 hectáreas (22); por lo tanto son un total de 60,335 hectáreas de nogal plantadas en México. En menor importancia en superficie de nogal están Hidalgo, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, Baja California Norte, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas y Zacatecas.

SU CULTIVO EN LA LAGUNA

Las primeras plantaciones del nogal en la Región Lagunera se establecieron en el año de 1948. Las variedades introducidas fueron: Western, Wichita, Burkett, San Saba Improved, Stuart, Barton y Mahan, predominando Western y Wichita. Actualmente, el nogal ocupa uno de los primeros lugares en importancia dentro de los frutales cultivados. En 1979, una encuesta realizada en 300 huertas (90% del total) reveló que existían 3,579 hectáreas; de las cuales 1,325 estaban en producción y 2,254 en desarrollo (19). El 27% de nogales en producción se estaba rehabilitando con injerto de copa para cambio de variedad. La edad de los árboles era: de 1 a 2 años el 16% ; de 3 a 6 años el 35% ; de 7 a 10 el 19%; de 10 años o más, 30% (19).

En 1997, la superficie de nogal en producción en la Región Lagunera, era de 4,668 hectáreas, de las cuales 1,823 eran ejidales y 2,845 de la pequeña propiedad. La distribución por

municipios se presenta en el Cuadro 1 (5). En 1997, se reportaron 1537 hectáreas de nogal en desarrollo (5), que sumadas a las 4903 en producción en 1999 (4), son un total de 6440 hectáreas de nogal pecanero en la Región. En 18 años (1982-1999) la superficie de nogal en producción se ha triplicado ya que aumentó de 1648 a 4903 hectáreas y la producción total de nuez se incrementó 2.5 veces; sin embargo el rendimiento promedio por hectárea ha sido de 0.95 toneladas, con un mínimo de 0.64 y un máximo de 1.22 Ton/ha (2, 3, 4,20) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Superficie de nogal pecanero en producción en la Región Lagunera en 1997. CELALA. CIRNOC. INIFAP. (5).

Municipio	Superficie (Ha)		
	Ejido	P. Propiedad	Total
Lerdo	69	441	510
Gómez Palacio	82	391	473
Mapimi		5	5
Nazas	386	177	563
Rodeo	142	68	210
Tlahualilo	20	32	52
Simón Bolívar	13		13
Suma Durango	712	1114	1826
Matamoros	328	404	732
San Pedro	116	601	717
Torreón	137	439	576
Viesca	415	35	450
Fco. I. Madero	115	252	367
Suma Coahuila	1111	1731	2842
Región Lagunera	1823	2845	4668

Cuadro 2. Superficie y producción de nogal pecanero en la Región Lagunera durante 18 años. CELALA. CIRNOC. INIFAP. (1982-1999) (2, 3, 4).

Año	Superficie (ha)	Producción (ton)	Ton/ha
1982	1648	1716	1.04
1983	1961	2063	1.05
1984	2760	2980	1.07
1985	3016	2457	0.81
1986	3461	2218	0.64
1987	3168	2355	0.74
1988	3378	2626	0.78
1989	3712	2446	0.66
1990	3779	4430	1.17
1991	3340	4093	1.22
1992	3988	4759	1.19
1993	3772	3377	0.89
1994	4244	4378	1.03
1995	4385	3145	0.71
1996	4474	4544	1.01
1997	4557	4694	1.03
1998	4513	5154	1.14
1999	4903	4247	0.87

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

El desarrollo del nogal es influido por la temperatura, la humedad relativa las precipitaciones pluviales y otros factores que prevalecen en una determinada región (6).

Período libre de heladas

El nogal requiere una estación de crecimiento mínima de 210 días libres de heladas y preferentemente 240 a 280 días (13,25). En la Región Lagunera, en un período de 46 años (1956 al 2001) se presentó un promedio de 275.4 días libres de heladas, siendo 1980 el mas corto con 218 y 1988 el mas largo con 327 (Cuadro 3) (8). En la Región Lagunera, la fecha de brotación del nogal ocurre generalmente durante la tercera semana de marzo; por lo cual es importante conocer cuando ocurre la última helada, ya que de ello depende obtener una óptima producción.

En los 46 años de registro de heladas (Cuadro 3) sólo en siete años han ocurrido heladas después del 20 de marzo. Lo anterior significa que existe una probabilidad del 19% de sufrir daño por heladas. Es decir, de cada 10 años sólo en dos de ellos existe la probabilidad de que se presenten daños por heladas en la brotación.

Temperatura.

Los nogales se comportan adecuadamente donde la temperatura media en verano es de 25° a 30°C, sin variación amplia entre el día y la noche (6), con un promedio de 26.7 °C (19). Además para los meses mas fríos requiere una media entre 7.2° y 12.3°C (19). Los meses más calientes en la Región Lagunera son: mayo, junio, julio y agosto con una temperatura media mensual que fluctúa entre 25.3° y 26.7°C; y los más fríos son: diciembre, enero y febrero con fluctuaciones de 13.0° a

Cuadro 3. Fecha de primera y última helada, temperatura y número de días libres de heladas. CELALA-CIRNOC-INIFAP. 2002.

AÑO	ULTIMA HELADA		PRIMERA HELADA		DÍAS LIBRES DE HELADAS
	FECHA	T °C ¹	FECHA	T °C	
1956*	Mar. 8	-2.5	Nov. 12	-5.0	248
1957	Mar. 27	-0.5	Nov. 24	-6.5	241
1958	Mar. 4	-0.5	Dic. 15	0.0	285
1959	Mar. 11	-0.5	Nov. 28	-4.5	261
1960	Abr. 4	-0.5	Dic. 2	0.0	241
1961	Feb. 26	-3.0	Nov. 16	-1.0	263
1962	Mar. 16	-2.5	Nov. 14	-1.0	242
1963	Mar. 6	-2.0	Dic. 22	-0.5	290
1964	Mar. 5	0.0	Dic. 6	-0.5	275
1965	Mar. 21	-2.0	Dic. 6	0.0	259
1966	Mar. 6	0.0	Oct. 27	0.0	243
1967	Mar. 3	-1.0	Dic. 11	-5.5	282
1968	Mar. 23	-2.0	Nov. 28	-3.0	249
1969	Mar. 18	-0.5	Nov. 20	-3.0	246
1970	Feb. 17	-0.5	Nov. 15	-2.0	271
1971	Mar. 4	-3.5	Dic. 6	-1.5	276
1972	Feb. 18	-1.0	Dic. 16	-0.5	301
1973	Feb. 15	-0.0	Nov. 21	-0.5	279
1974	Feb. 26	-0.0	Nov. 25	0.0	272
1975**	Feb. 25	-2.0	Dic. 10	0.0	287
1976	Feb. 25	-2.5	Nov. 14	0.0	262
1977	Abr. 5	-1.0	Dic. 22	-1.5	260
1978	Feb. 22	-1.0	Dic. 5	0.0	285
1979	Mar. 8	0.0	Nov. 23	-5.0	259
1980	Abr. 14	-2.0	Nov. 19	-2.0	218
1981	Feb. 2	-1.0	Dic. 12	0.0	312
1982	Abr. 8	0.0	Dic. 4	0.0	239
1983	Feb. 22	-0.5	Nov. 24	0.0	274
1984	Feb. 28	-2.0	Nov. 28	-1.0	213
1985	Feb. 3	-1.0	Dic. 16	-1.5	315
1986	Ene. 24	0.0	Nov. 28	-1.5	304
1987	Feb. 28	0.0	Dic. 4	-0.8	278
1988	Feb. 21	-2.0	Ene. 14	-1.5	327
1989	Mar. 8	0.0	Dic. 9	0.0	275
1990	Feb. 24	0.0	Dic. 5	-0.8	283
1991	Feb. 23	-1.0	Nov. 21	-1.0	259
1992	Ene. 15	0.0	Nov. 27	-5.0	315
1993	Ene. 21	-0.5	Dic. 26	-1.0	339
1994	Feb. 3	-1.0	Dic. 29	-1.0	329
1995	Feb. 2	-1.0	Dic. 20	-1.0	321
1996	Mar. 11	-2.0	Nov. 25	-1.0	259
1997	Ene. 29	-0.5	Nov. 30	-1.5	305
1998	Mar. 9	0.0	Dic. 9	-1.0	275
1999	Feb. 13	0.0	Nov.26	-2.0	264
2000	Feb. 5	-1.5	Nov.25	-0.5	293
2001	Feb. 6	-0.5	Nov. 29	-1.0	296

Media = -1.0 -1.4 275.4

Desv. Std.= 1.0 1.7 28.8

M. Extrema = Mar 4/71 -3.5 Nov. 24/57 -6.5

¹. Temperatura en grados centígrados.

* Fuente: 1956-1974. Estación Meteorológica. Cd. Lerdo Dgo. SARH.

** Fuente: 1975-2001. Estación Meteorológica CAELALA.

15.5°C (Cuadro 4) (8), razón por la cual el cultivo del nogal tiene buenas probabilidades para su desarrollo y producción.

Cuadro 4. Temperatura máxima, mínima y media registrada durante el periodo de 1941 a 1991*. CELALA-CIRNOC-INIFAP, 1993

Mes	Temperatura °C		
	Máxima	Mínima	Media
Noviembre	24.9	8.0	16.4
Diciembre	21.6	5.7	13.6
Enero	21.4	4.7	13.0
Febrero	24.0	7.0	15.5
Promedio	23.0	6.4	14.7
Mayo	34.0	16.7	25.3
Junio	34.3	19.2	26.7
Julio	32.8	19.5	26.1
Agosto	32.6	19.0	25.8
Promedio	33.4	19.6	26.0

*1956-1975 Estación Meteorología Cd. Lerdo, Dgo. SARH

De abril a octubre el nogal requiere de un mínimo de 4500 - 5000 unidades calor con punto crítico de 10°C (25). La completa maduración del fruto depende de la suficiente acumulación de calor recibido por el árbol. Para el cultivar Western, se requieren 4532 ± 214 unidades caloríficas, considerando como punto crítico 4.4°C (12).

El nogal tiene un requerimiento de frío mínimo de 400 horas con punto crítico de 7.2°C (25). Sin embargo se ha observado que se requieren de 400 -800 horas-frío para que el nogal inicie su brotación (13) dependiendo de la variedad; Desirable y Mahan requieren 500 horas-frío y Stuart 600 (17).

Los árboles de nogal nativos de América del Norte tienen un requerimiento medio de frío de menos de 500 horas con diferencias entre variedades, Western y Wichita requieren 400 horas-frío (10)

En la Región Lagunera, se acumulan 262 horas-frío con punto crítico de 7.2 °C, (promedio de 27 años), con un mínimo de 89 y un máximo de 435 horas-frío (Figura 1) (8). La fórmula utilizada para el cálculo de las horas frío fue la de Da Mota (1957) citado por (21), quién encontró que era la más adecuada para las zonas frutícolas de México. Solamente en 5 años se acumularon de 380 a 435 horas-frío. El promedio (de 25 años) de horas-frío acumulado por mes es de 12, 100, 213 y 262, en noviembre, diciembre, enero y febrero, respectivamente (Figura 2) (7). Lo anterior sugiere que en la Región Lagunera se acumulan menos horas-frío de las que se requieren para la brotación del nogal, sin embargo se ha reportado que algunas variedades de nogal que tienen altos requerimientos de frío, crecieron satisfactoriamente en áreas donde la acumulación de frío fue mínima, no se observó retraso en la dormancia y se sugirió que los requerimientos de calor más que los requerimientos de frío regularon la brotación del nogal (1).

Humedad Relativa.

Cuando la humedad relativa durante el período de polinización es superior a 80% limita la polinización efectiva debido a que las anteras no abren para liberar el polen; además ésta promueve el desarrollo de enfermedades fungosas que atacan al follaje (6). La humedad relativa alta causa la

germinación de la nuez dentro del ruezno antes de cosecharla. Cultivares con ruezno grueso son los más susceptibles ya que esta característica impide su apertura.

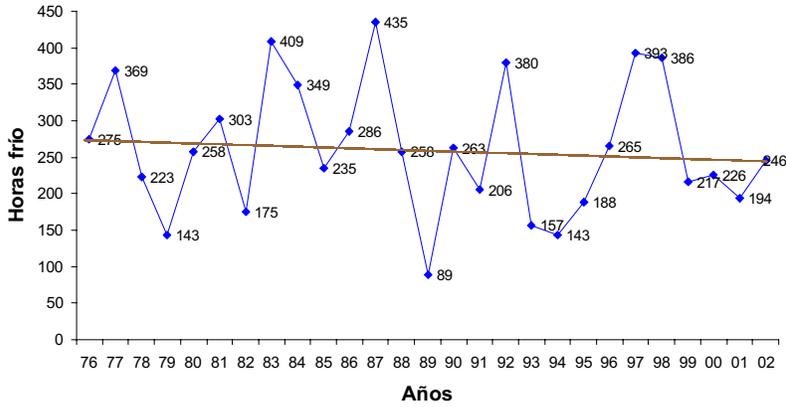


Figura 1. Horas frío acumuladas durante los años de 1976 al 2002. CELALA 2002

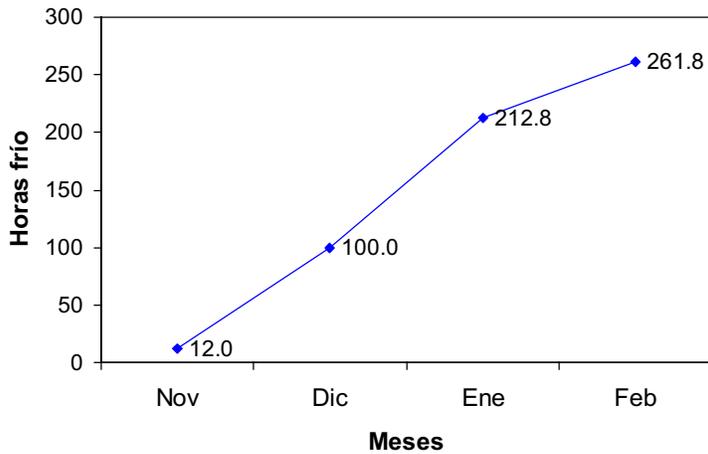


Figura 2. Horas frío acumuladas por debajo de 7.2 °C, promedio de 27 años (1976-2002). CELALA, 2002.

Granizo.

Este fenómeno meteorológico puede destruir la cosecha del año por defoliación parcial o total y/o reducir la producción del siguiente año por el daño ocasionado en la madera productiva del nogal.

VALOR NUTRITIVO DE LA NUEZ.

Los ingredientes constituyentes de la nuez revelan que es un alimento nutritivo. Contiene aceite con un alto nivel de insaturación superior al de otros aceites vegetales (Cuadro 5) (12).

Tabla 5. Comparación de insaturación de aceites de varias semillas (6)

Semillas	Aceite (%)	
	Saturado	Insaturado
Nuez	3 - 7	93 - 97
Maíz	14	86
Cacahuete	18	82
Semilla de algodón	30	70
Soya	14	86

Fuente: Gladden (1979)

Los aceites saturados provocan la formación de colesterol en la sangre. La almendra de la nuez es rica en aceite polinsaturado, tiene menos hidrógeno en su molécula y es metabolizado fácilmente. Esta condición permite que al consumir aceite de nuez se prevenga el aumento de colesterol en la sangre ayudando a evitar problemas del corazón. El contenido de proteína de la nuez es bueno y por el alto nivel de aceite y por su alto contenido en calorías es un alimento que proporciona buena cantidad de energía (9)

Los niveles de calcio en muchas dietas para adelgazar son bajos, por lo que la reposición de calcio con la nuez es mayor que con la carne. El contenido de potasio y fósforo es más alto en la nuez que en la carne; por esta razón, fomentar los niveles de potasio mediante el consumo de nuez puede ser importante para personas que toman medicamentos que causan en el organismo la pérdida de este nutriente. El hierro es similar en carne y nuez (8). Comparada con la carne, la nuez tiene niveles más altos de Vitaminas A y B₁ (Tiamina). Aunque la niacina (Vitamina B₃) es mayor en la carne, los niveles de Riboflavina (Vitamina B₂) son casi los mismos (Cuadro 6) (12).

Cuadro 6. Comparación nutritiva entre carne de res y almendra de nuez (6).

Componente	Contenido por cada 100 gramos	
	Carne	Nuez
Humedad	44.8%	3.4 %
Calorías	428	687
Proteínas	13.6 %	9.2 %
Grasa	41.0 %	71.2 %
Carbohidratos	0	14.6 %
Fibra	0	2.3 %
Ceniza	0.6 %	1.6 %
Calcio	8 mg.	73 mg.
Fósforo	124 mg.	289 mg.
Hierro	2 mg.	2.4 mg.
Sodio	65 mg.	trazas
Potasio	355 mg.	603 mg.
Vitamina A	80 UI	130 UI
Tiamina B1	0.06 mg.	0.86 mg.
Riboflavina B2	0.12 mg.	0.13 mg.
Niacina	3.3 mg	0.9 mg.
Acido Ascórbico		2mg.
Vitamina E		15.50 mg

Fuente: Gladden (1979)

Algunos nutricionistas han descubierto que 100 g de almendra contienen 183 U.I. de Vitamina B₆, la cual interviene en más de 300 reacciones enzimáticas en el cuerpo humano para el metabolismo de las proteínas en los músculos, incluyendo al corazón. Deficiencias de Vitamina B₆ en la alimentación causan estado de retraso mental y endurecimiento de las arterias (9).

Aunque la carne y el trigo son fuente rica de Vitamina B₆, ésta es destruida cuando se somete a una alta temperatura para cocinarse y como los mismos no pueden comerse sin previo cocimiento, la pérdida de las vitaminas es inevitable. En contraste, la almendra de la nuez se come sin cocinarse y contiene vitaminas esenciales, minerales, proteínas, ácidos grasos y altos niveles de energía que hacen necesario incluirlas en la alimentación (Cuadro 6, 7) (9,12).

Cuadro 7. Contenido de calorías de varios productos alimenticios.

Producto	Calorías por kg	Producto	Calorías por kg
Manzano	638	Pescado	1,400
Durazno	561	Queso	1,450
Mora	627	Aves	1,700
Nuez	7447	Huevo	3,000

Fuente: CONAFRUT (1975)

LITERATURA CITADA

1. Amling, H. J. y K. A. Amling. 1980. Onset, intensity, and dissipation of rest in several pecans cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(4):536-540.
2. Anónimo, 1982-1991. Página Agrícola. 1º de Enero. El Siglo de Torreón. Periódico regional. Torreón, Coahuila.
3. Anónimo, 1999. Pagina Agrícola. 1º de Enero. El Siglo de Torreón. Periódico regional. Torreón Coahuila.
4. Anónimo, 2000. Resumen 1999 de actividades económicas en la Comarca Lagunera. 1º de Enero. El Siglo de Torreón. Periódico regional. Torreón Coahuila. Edición Especial. p. 28,29.
5. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. 1997. Región Lagunera. Coahuila-Durango. Sistema de información agropecuaria. Alianza para el campo. SAGAR. p. 32, 110, 111.
6. Brison, R. F. 1976. Cultivo del Nogal Pecanero. México. CONAFRUT. p. 4, 34, 79, 83, 97.
7. Broembsen, S. v., P. Mulder y B. D. McCraw. 2002. Comercial pecan: Insect and disease control-2002. CR-6209, Oklahoma State University. <http://www.agweb.okstate.edu/pearl/hort/fruits/cr-6209.html>.
8. Cano R., P. 2002. Datos Estación Meteorológica. 1976- 2002. CAELALA-CIRNOC-INIFAP. Matamoros, Coah., México.
9. CONAFRUT, 1975. El Nogal, su Historia y Plantación. Centro Regional de Desarrollo Frutícola, Pdte. Manuel Ávila Camacho "Comarca Lagunera. Serie Divulgación. SAG.
10. Díaz M., D. H. 1987. Requerimiento de frío en frutales caducifolios. CECH-CIRNO-INIFAP-SAGARPA. México, D. F. 47 p.
11. Dirección General de Estadística Agrícola. 1980. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. SARH.
12. Gladden, M. B. 1979. A comparison of Pecans to other foods for nutritive value. *Pecan South* 6(6): 18-19.
13. Herrera, E., T. Clevenger. 1996. Importancia económica de la industria nogalera en E: U. A. Servicio Cooperativo de Extensión Agrícola. NMSU. Guía Z-501.

14. Herrera, E. 2000. Historical background of pecan planting in the western region. Guide H-626, PH 1-110. http://cahe.nmsu.edu/pubs_h/h-626.html.
15. Lagarda M., A. 1977. Relación entre el crecimiento del fruto y algunos puntos críticos del desarrollo fenológico, con la acumulación de Unidades Caloríficas en el cultivo del Nogal Cáscara de Papel. Seminarios técnicos. Vol. 4. N° 4. CIANE-INIA-SARH. p. 12.
16. Lagarda M., A. 1983. Requerimiento de temperatura durante el período de descanso y el período de crecimiento del nogal (*Carya illinoensis* Koch). Seminario Técnico. Comarca Lagunera. CIAN. INIA. SARH Vol. 8(5):56-65.
17. McEachern, G. R., B. N. Wolstenholme y J. B. Storey. 1978. Chilling requirements of three pecan cultivars. HortScience, Vol. 13(6):694.
18. McEachern, G. 1990. Growing fruits, berries and nuts southwest-southeast. Gulf Publishing Co. Houston, E. U. A. pp. 65-71.
19. Medina M., M. del C. 1980. Marco de Referencia Regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. Matamoros, Coah. CAELALA. CIAN. INIA. Informe de Investigación del Nogal.
20. Medina M., M. del C. 1998. Producción de nuez y su alternancia en nogal pecanero. Sexto Simposium Internacional Nogalero. NOGATEC 98. Torreón, Coah. p. 63-69.
21. Muñoz S. M., G. 1969. Evaluación de fórmulas para el cálculo de horas frío en algunas zonas frutícolas de México. Procc. Trop. Reg. Amer. . Soc. Hort.Sci. 13: 345-366.
22. Ojeda B., D. L. y L. C. Velo D. 1999. Futuro de la nuez en el Estado de Chihuahua. Tercer Día del Nogalero. Memorias. Cd. Delicias, Chihuahua, México. Pag. 51-56.
23. Tait, N. 1996. The pecan tree. Dohmann Pecan Farms. <http://www.ortech-engr.com/pecans/tree.html>.
24. Weinberger , J. H. 1967. Some temperature relations in natural breaking of the rest of peach flower buds in the San Joaquin Valley, California. American Soc. for Hort. Sc. Procc.)1:81-89.
25. Wolstenholme, B. N. 1979. The ecology of Pecan trees. Part. 2. The Pecan Quarterly. 13(3): 14-19.

ESTABLECIMIENTO DE UNA HUERTA

Jesús G. ARREOLA AVILA
Angel LAGARDA MURRIETA

PREPARACIÓN DEL TERRENO.

El nogal requiere inversión por un largo período, por lo que el productor debe considerar aspectos de suelo y clima entre otros para tener una plantación sustentable (11). Una vez seleccionado el terreno por sus características de profundidad (>1 metro) y su textura (media a ligera) como índice de drenaje natural del mismo: la preparación del suelo debe realizarse con anticipación antes de la época de plantación. Comprende las labores de: roturación mediante subsoleo, cruza, barbecho profundo y rastreo, así como nivelación para el trazo de riego cuando éste sea por gravedad (9).

La longitud de las hileras de los árboles en terrenos bien nivelados depende de las condiciones físicas del suelo, con el fin de lograr una buena distribución de la humedad en el mismo; deberá ser menor en la medida que el suelo sea más ligero (arenoso). Se aconseja que en suelos ligeros el largo de la hilera no sobrepase los 100 m y en terrenos pesados no sea mayor a los 120 m. En los extremos de las hileras debe dejarse un mínimo de 6 m para facilitar las maniobras con el tractor y sus implementos (rastra, aspersoras, etc.).

SISTEMA DE PLANTACIÓN

El diseño de la plantación tiene como uno de sus objetivos aprovechar mejor la luz en la huerta durante la vida útil de ésta. Existen diversos sistemas de plantación de nogales de acuerdo con la distancia entre árboles, intercalado de cultivos y la

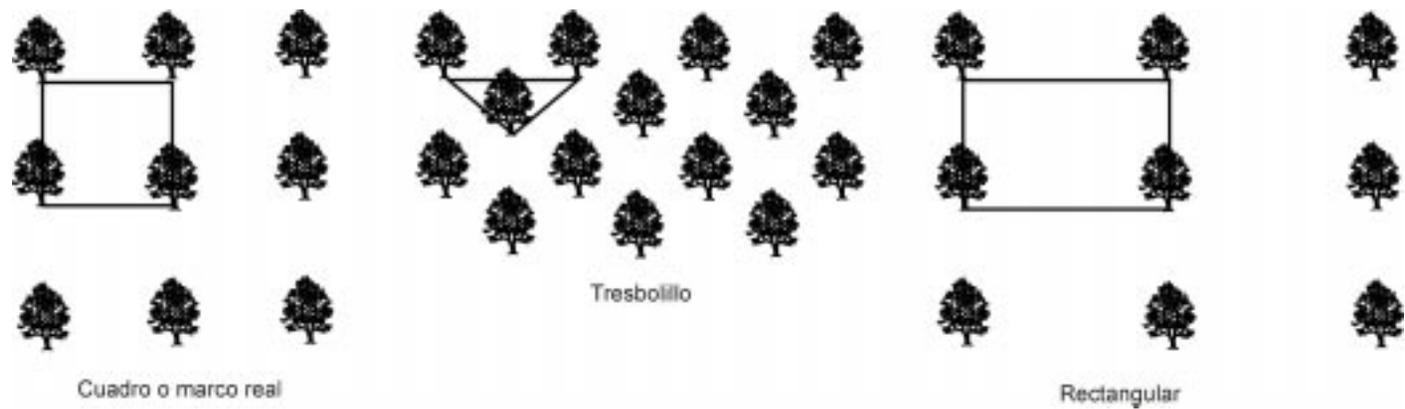


Figura 3. Sistema de plantación para huertas de nogal.

proyección de la huerta a futuro. Entre estos sistemas se encuentran el cuadro o marco real, rectangular y el tresbolillo (Figura 3) (11, 21).

De acuerdo con muestreos realizados en nogaleras de la Región, el sistema de plantación más común es el marco real y alcanza el 77%, con distanciamientos de 10 por 10 y 12 por 12 m. El sistema rectangular es usado cuando se planea establecer cultivos intercalados (25). El diseño tresbolillo permite la máxima utilización del espacio en una huerta. Los árboles están equidistantes y es posible cultivar en varias direcciones. Además, se puede plantar alrededor de un 15% más de árboles que en el sistema marco real (Cuadro 8); sin embargo, implica también el alcanzar el espacio mas temprano, por lo que se debe considerar acciones de poda mas intensiva para controlar el tamaño de los árboles que maximizen la producción por hectárea.

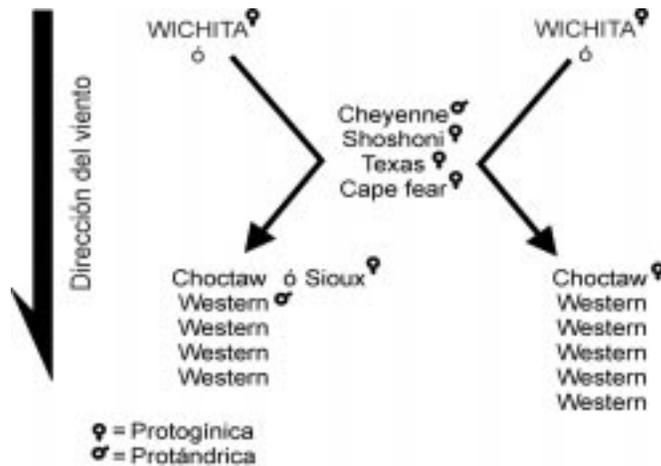
de plantación marco real y tresbolillo.

Sistema de plantación	Distancia metros	Nº de árboles por hectárea
Marco real	10 x 10	100
Tresbolillo	10 x 10	115
Marco real	12 x 12	70
Tresbolillo	12 x 12	80
Marco real	15 x 15	44
Tresbolillo	15 x 15	51
Marco real	20 x 20	25
Tresbolillo	20 x 20	29

COMBINACIÓN DE VARIEDADES

La plantación de hileras con una misma variedad es recomendable para facilitar el manejo de la cosecha de la nuez, ya que por razones de comercialización debe evitarse la mezcla de variedades. Sin embargo, en la región las variedades Western y Wichita se encuentran intercaladas en el mismo surco en el 65% de las huertas, porque al replantar cada año el productor no sigue el esquema original (25)

Considerando que el nogal pecanero requiere de polinización cruzada y que ésta se realiza principalmente por medio del viento, se sugiere combinar como mínimo tres variedades que se complementen en su polinización (6,19). Estas pueden plantarse considerando cualquiera de los arreglos siguientes:



DISTANCIA DE PLANTACIÓN

Con el propósito de utilizar el terreno en forma intensiva, anticipar al máximo las primeras cosechas de nuez y recuperar la inversión en el corto plazo; durante los últimos 25 años se presentó una marcada tendencia a establecer distanciamientos

de 10 por 10 m en las plantaciones, como sucedió en otras regiones (1,4,7,8,20,24). Sin embargo, evaluaciones efectuadas en huertas de la región mostraron que con este espaciamiento el sombreado se puede presentar a partir de los 10 a los 15 años de edad, dependiendo de las características del suelo y manejo de las mismas, ocasionando bajas en la producción y la calidad de nuez (25, 26).

En el año de 1979, un 40% de las huertas plantadas en la región tenían 100 árboles por hectáreas (10 x 10 m), la edad predominante era de uno y seis años. Actualmente esto representa un problema de sombreado entre árboles, particularmente en las huertas donde no se realizaron prácticas de poda para controlar el tamaño de copa de árbol (17,26). De acuerdo a esto se sugiere que en las nuevas plantaciones se utilice un espaciamiento de 12 x 12 m , controlando con poda selectiva el tamaño de la copa a la densidad especificada. .

TRAZO DE PLANTACIÓN

El trazo de plantación se fija con anterioridad a la excavación de los pozos; atendiendo principalmente a las condiciones de nivelación y sistema de riego que se seleccione. La correcta alineación de los árboles es importante para facilitar las labores de cultivo y evitar daños por el paso de la maquinaria, así como facilitar las labores de cosecha de los árboles.

ÉPOCA DE PLANTACIÓN

Con base en observaciones realizadas en la región, así como por los datos reportados sobre los hábitos de crecimiento de las raíces de árboles, se sugiere plantar en los meses de enero y febrero ya que estos presentan las mejores condiciones para el desarrollo de las raíces como son: temperatura del suelo y la no competencia con brotación, lo cual asegura altos porcentajes de prendimiento de los árboles (16,22,23).

SELECCIÓN DE PLANTA

Para tener éxito en la plantación es primordial seleccionar árboles con tallos de 2 a 3 cm de diámetro, medido a la altura de la línea del suelo adquiridos en viveros que garanticen su sanidad, calidad, uniformidad y pureza varietal (12,14,15). Es importante que los árboles tengan buena ramificación de raíces, procurando que la raíz principal tenga una longitud no menor a 80 cm y por lo menos cinco raíces laterales que sean mayores de 0.5 cm de diámetro. Según reportes, el 30% de las fallas en las huertas en la Región Lagunera se deben a la falta de producción de nuevas raíces (25).

Es muy importante que la planta que se va a establecer a raíz desnuda se mantenga en constante humedad y en lugares frescos para evitar que se deshidraten durante la plantación. La mayoría de las huertas en La Laguna fueron establecidas con árboles de vivero ya injertados; con las raíces de 2 a 3 años de edad y una parte superior aproximadamente de un año con una altura de entre 90 a 150 cm (15). Una de las ventajas de plantar material injertado es que se elimina el problema de injertación del material en la huerta y se acorta el período improductivo (9).

CUIDADOS DE PLANTACIÓN

Para establecer la huerta se sugiere hacer los hoyos o cepas un mes antes a la época de plantación. Estos deben ser lo suficientemente amplios para que las raíces de los árboles puedan colocarse sin forzarlas. La operación de hacer los hoyos o cepas pueda realizarse a mano. Por comodidad de operación se puede utilizar también una perforadora mecánica, la cual abarata los costos de operación y acelera la formación de cepas. En este caso se sugiere una profundidad de 1 m y un mínimo de 40 cm de diámetro.

Los árboles a raíz desnuda para plantación deben mantenerse en lugares frescos y húmedos para evitar la deshidratación de sus raíces. En el campo antes de plantarlos se sugiere mantenerlos en lugares sombreados cubiertos con lonas, costales o hierba húmeda, conservando las raíces en el agua. Al momento de plantar el árbol debe colocarse en el hoyo y enterrarse hasta la línea de suelo que tuvo en el vivero. Se deben regar inmediatamente y después mantener humedad suficiente, para lo cual se sugiere aplicar un riego cada 7 días hasta obtener una buena brotación; posteriormente se puede aplicar el riego cada 15 días, a partir del mes de junio hasta antes que inicie el invierno (23).

REPLANTE

El primer año de crecimiento es el más crítico después de realizar la plantación (3). Sin embargo la mayoría de las fallas de los árboles ocurre en los primeros cuatro años de edad; aunque también se pueden presentar en edades más avanzadas (13). En un muestreo realizado en la Comarca Lagunera en 1980, se encontró un promedio de 21% de fallas en nogaleras de uno a dos años de edad. Debido a esto, la mayoría de las huertas tienen árboles con diferente edad, población y tamaño (25).

En 1981 se muestrearon en la misma región, huertas de uno a tres años, se encontró que solamente brotaron el 64% de los árboles que se plantaron por hectárea. El resto estaban secos, verdes sin brotar o habían brotado del patrón. De los árboles secos el 20% fue atribuido a la pudrición texana (13). Esto indica que el resto de las causas de muerte de árboles en los primeros años pueden ser por: mala calidad de la planta, escasez de raíces, deshidratación durante el transporte y plantación, sales en suelo y agua, deficiencia de agua y deficiencia de nutrimentos entre otras. La mayoría de las causas de las fallas de la brotación se debe a la falta de cuidados en el manejo de los arbolitos procedentes del vivero.

Los árboles que se repongan en la huerta deben ser de la variedad establecida en la hilera, de acuerdo con el esquema original de plantación. Lo anterior evita la mezcla de variedades de nuez al cosecharlas y la pérdida de proporción variedad productora y variedades polinizadoras, también facilita labores que se requieran en forma particular por variedad.

PODA DE PLANTACIÓN

Poda de raíz. Entre los factores que influyen sobre la producción de raíces y la brotación del árbol después de transplantados, destacan la cantidad de raíces laterales mayores de 0.5 cm de diámetro y la acumulación de reservas del árbol antes de su extracción. Resultados de investigación indican que con el despunte de la raíz principal a 80 cm de longitud, se logra una mayor longitud y peso seco de las nuevas raíces formadas al siguiente año (2,5,10,18).

Poda del tallo. Es importante hacer un balance entre la parte aérea y raíz, lo cual se logra con la poda de tallo a 0.50 m del suelo al momento del transplante, provocando que los nuevos brotes logren una longitud de crecimiento al final del primer año de 30 - 40 cm (15).

CULTIVOS INTERCALADOS

Los espaciamientos entre los árboles permiten el cultivo intercalado de plantas que reditúen los primeros años (9). El 74% de las nogaleras de La Laguna tienen como práctica común intercalar cultivos en el área que queda entre árboles (25). Los cultivos más sembrados de este porcentaje en el ciclo primavera-verano son: frijol, en el 32% de las huertas; le sigue el melón en el 15%; sandía en el 14% y maíz en el 13%.

En invierno, el cultivo de avena se establece intercalado en el 49% de las huertas. También intercalan cultivos perennes como vid 15.4% y alfalfa 21%. La práctica de los cultivos intercalados es positiva cuando se considera que se tienen dos cultivos y se manejan por separado. El nogal requiere de un espacio libre para su desarrollo, en especial cuando éste es menor de 10 años, en el cual se puedan hacer prácticas como las aspersiones, control de maleza etc., que permitan un libre crecimiento del árbol. Este espacio se sugiere de 1.80 m o más en árboles que tengan mayor volumen de copa (9).

Con respecto a los cultivos a intercalar se sugiere tener especial cuidado con aquéllos que sean susceptibles a pudrición texana como son: algodón, alfalfa, vid y durazno, los cuales además de ser susceptibles a la enfermedad tienen períodos de requerimientos de agua y labores de cultivo que interfieren con el manejo del nogal, por lo que se debe considerar los requerimientos de ambos cultivos y proveerlos como son demandados. Los cultivos de invierno son totalmente compatibles con el nogal. Sin embargo, se debe recordar que para éstos, se debe aplicar el fertilizante requerido para su desarrollo, de lo contrario se competirán con los nogales y esto reducirá el rendimiento de los árboles. El uso de análisis foliar se hace necesario, cuando se intenta explotar el suelo con cultivos intercalados ya que la extracción de nutrimentos del suelo es más intensiva.

LITERATURA CITADA

1. Arnold, C. E. y L.H. Baker. 1982. Pecan varieties in the southeast. The Pecan Quarterly. 16(1):10-13.
2. Arreola A., J. e I. López M. 1985. Poda de raíz y su efecto con el desarrollo vegetativo del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) durante los tres primeros años. CAELALA-CIAN-INIA. Informe de Investigación en Fruticultura. Pag. 543-553.
3. Brison, F. R. 1974. Planting pecan orchards. Pecan Culture. Capital Printing. Austin, Tx. P. 164.
4. Gilling, E. F. 1973. Australians Develop 1850 acre project. The Pecan Quarterly. 7(4):5-6.
5. Godoy A., C. y Medina M., M del C. 1993. Niveles de agua y poda de raíces sobre el desarrollo vegetativo y radicular de nogales transplantados. CAELALA-INIFAP. Informe de Investigación en Fruticultura 1979-1983:300- 334.
6. Gray, O. S. 1973. Consider pollen when planting. The Pecan Quarterly. 7(3):24-25.
7. Gray, O. S. 1978. Pecan production in the future. The Pecan Quarterly. 12(2):12-17.
8. Gray, O. S. 1978. Prerequisites of succesful pecan site. The Pecan Quarterly. 12(3):29-31.
9. Hancock, B.C. 1975. Tres métodos de como establecer un huerto de nogal. (traducción) Texas A. & M. University. College Station. 14 p.
10. Harris, W. R. 1971. Effects of rooting pruning and time of transplanting in nursery. California Agriculture. P. 8-10.
11. Herrera, E. 1996. Selecting soil and site for a pecan orchard. Hoja desplegable H-614. Cooperative Extension Service. NMSU.
12. Herrera, E. 1996. Designing a pecan orchard. Pecan Handbook. Cooperative Extension Service. NMSU. P. 2

13. Herrera P., T. e I. López M. 1981. Incidencia y distribución de pudrición texana de nogal pecanero en la Comarca Lagunera. En: Resúmenes III Congreso Nacional de Fruticultura. CONAFRUT-SARH. Guadalajara, Jal. p. 240
14. Huddleston, G. M. y G. R. McEachern. 1997. East texas pecan management. Texas Pecan Handbook. College Station. Texas A&M University. P 7-11.
15. Lagarda M., A. 1978. Efecto de la longitud de poda de trasplante en nogal. CAELALA-INIA. Informe de Investigación en Fruticultura. Pag 186-196.
16. Lagarda M., A. 1983. Requerimiento de temperatura durante el período de descanso y el período de crecimiento del nogal (*Carya illinoensis* Koch). CAELALA-INIA. Seminarios Técnicos del CIAN Vol. 8 (5):56-65.
17. Lagarda M., A. 1985. Problemas de producción de nogal. CAELALA-INIA. Publicación Especial N° 14:8-13.
18. Larche, A. J. 1980. The effect of fruit pruning and seed size on nursery grown pecan trees. Proc. SouthEastern Pecan Grow. Assn. P. 131-137
19. Madden, G. D. y E. J. Brown. 1973. Blossom dates of selected pecans. Pecan Quarterly. 7(1):17-19.
20. Malstrom, H. L., G. D. Madden y M. W. Kilby. 1978. Pecan cultivars pollinators and rootstocks for western districts. The Pecan Quarterly. 12(4):4-11.
21. McEachern, G. R. 1975. Establecimiento de un huerto intensivo de nogal (traducción). Texas A. & M. University. College Station. Manual para el cultivo del nogal en Texas. pag. 16-20.
22. McEachern, G. R. 1997. Planting and establishing pecan orchards. College Station. Texas A. & M. University. pag. 9-12.
23. McEachern, G. R. y L. A. Stein. 1986. Good management begins prior to tree planting. Pecan South. 20(1):17-24.
24. Meadows, R. y H. Williams. 1973. Theory of high density pecan plantings. The Pecan Quarterly. 7(1):14-16.

25. Medina M., M. del C. 1980. Marco de Referencia Regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. CAELALA-INIA. Informe de Investigación en Fruticultura. 207 Pag.

26. Wolstenholme, B. W. 1982. Status and prospects of the south african pecan industry. The Pecan Quarterly. 16(4):5-11.

MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

Jesús G. ARREOLA AVILA
Angel LAGARDA MURRIETA

PROPAGACIÓN

El nogal es una planta difícil de enraizar, motivo por el cual se obtienen los portainjertos a través de la germinación de semillas, para posteriormente ser injertados con la variedad deseada (4,19). Para obtener los patrones se han identificado árboles o variedades que se han caracterizado por su uniformidad en la germinación y crecimiento de los nuevos arbolitos. Actualmente se sugiere seleccionar los árboles madre para semillas que tengan la adaptación al clima y suelo de la región donde los arbolitos (9) serán utilizados y procurar no moverlos de lugares de poco frío a lugares fríos porque puede presentarse problemas con daño por heladas (5).

Para la producción de portainjertos debe obtenerse la semilla de variedades o selecciones de plantas cuyas semillas promueven un vigor uniforme de las plántulas, ya que esta condición permitirá injertar la variedad después de dos años de crecimiento en la mayoría de los árboles (2,12). Las selecciones que se han estudiado en la región son: Frutoso, Bala Conchos, Una punta, Larga Conchos, Western Conchos, Dos Puntas, y Riverside, encontrándose que todas poseen buena uniformidad, pero las que mejor desarrollo tienen son: Bala Conchos y Frutoso (11).

Época de siembra de semilla.

La época de siembra de las semillas es importante para el buen desarrollo de las plantas. Se ha determinado que sembrar en épocas anteriores a la brotación natural de los árboles induce a una mejor germinación de semilla y su crecimiento es

más rápido. Se sugiere estratificar las nueces en arena o aserrín húmedo a una temperatura de 5° a 7°C durante 30 días, lo cual incrementa y acelera su germinación en el vivero, así como también se logra una mejor uniformidad de los arbolitos logrados (11,16,18,20). Otra alternativa es colocar las nueces en sacos e introducirlas en agua corriente durante una semana. Los resultados obtenidos mediante este sistema, son similares a los obtenidos con el estratificado (13).

Uso del Injerto.

El uso del injerto en árboles frutales y otras especies es para asegurar una reproducción asexual y por lo tanto tener la misma característica genética propagada en cada variedad (8,17). Con el injerto es posible asegurar las características y bondades de las variedades, evitando la variabilidad genética a la que siempre están expuestas las plantas que se cultivan por semilla. Además es factible lograr en menor tiempo individuos productivos (10,17,22,23). A través del injerto es posible regenerar los árboles en decadencia o simplemente cambiar una variedad por otra (6,25).

Selección de madera para el injerto. Para tener resultados satisfactorios en el injerto de nogales, es necesario hacer buena selección de la vareta, en el tiempo propicio y almacenarla en frío adecuado. Estos aspectos son tan importantes como la misma operación de injertación (6).

El tiempo adecuado para seleccionar la vareta para injertar es cuando ésta se encuentra en pleno reposo (14). Esto sucede poco antes que la brotación, que para las regiones con invierno no fuertes como La Laguna coinciden con la segunda quincena de febrero (1). En regiones con inviernos severos en las cuales se presentan fuertes heladas que dañan la vareta, ésta puede colectarse después de la caída de las hojas, a principios del invierno (8). Se selecciona madera desarrollada del año

anterior, ya que ésta conserva sus yemas primarias en buen estado; lo que no sucede con la madera de dos años, ya que ésta ha perdido sus yemas primarias y en ocasiones las secundarias, dificultándose en cierta forma el éxito en el prendimiento del injerto (24).

La madera debe ser recta y lisa y además debe tener de 1 a 2 cm de diámetro y de 40 a 60 cm de longitud, con tres yemas bien desarrolladas en cada nudo. Las yemas más pequeñas pueden considerarse como de reserva; de esta manera se asegura la brotación en el caso que fallaran las yemas primarias por daño. Cada vareta colectada rinde para dos o tres púas de 13 cm de longitud. Con el material colectado se hacen atados de 30 ó 50 varetas y se etiquetan con el nombre de la variedad a que pertenecen, se meten en aserrín húmedo sin que escurra agua, ya que con exceso de humedad se pueden desarrollar hongos que dañan las yemas, después se envuelven con polietileno para evitar deshidratación, finalmente se atan y se almacenan en condiciones frías (1).

Almacenamiento de Madera.

La duración de la madera seleccionada depende de la temperatura de almacenamiento de la misma. Es importante cuando se almacena por espacio mayor a tres meses, la vareta se debe conservar a una temperatura de 2 a 5°C, la cual es necesaria para mantener las yemas en reposo. Se debe evitar almacenar las varetas a una temperatura igual o superior a los 8°C ya que se pueden dañar las yemas por rebrotación (8). Cuando llega el momento de injertar y se va a realizar el injerto de corteza o de copa, la vareta que se va a utilizar durante el día de injertación, se saca del frío y se le conserva dentro de una hielera, para conservar la temperatura fría, con el propósito de mantenerla en reposo y con la corteza pegada (6).

Cuando la vareta se va utilizar con el injerto de yema debe ser acondicionada para que la corteza se desprenda, esto se logra colocando las varetas en un recipiente con agua durante 24 horas al menos, a temperatura ambiente (6).

Injerto de Parche.

Este tipo de injerto es el más utilizado en el vivero (3,7). Se practica satisfactoriamente cuando los patrones alcanzan un diámetro de 1.5 a 3 cm (21). La mejor época para injertar en la Comarca Lagunera es durante fines de abril, mayo y junio, que es cuando la corteza se desprende fácilmente de la madera. En regiones más frías se han encontrado resultados satisfactorios de prendimiento injertando en el mes de junio, que es cuando la temperatura se incrementa y esto favorece la reproducción de las células que regeneran los tejidos del injerto (8,23).

Preparación del injerto de parche. Una vez que se selecciona la época de injertación se procede al injerto de acuerdo a los siguientes pasos: con una navaja de doble hoja se hacen dos cortes que abarquen aproximadamente un tercio de la circunferencia del patrón (Figura 4).

Se hace un corte perpendicular a un lado de los cortes horizontales (Figura 5)

Preparación de la yema. Se hacen dos cortes horizontales con la navaja de doble hoja y dos cortes verticales donde se encuentra la yema la cual se extrae con el parche de corteza realizado (Figura 6).

Colocación de la yema en el patrón. Se despegan la corteza del patrón (Figura 7). Se inserta la yema y se corta la corteza despegada, haciendo coincidir los lados de los cortes terminales (Figura 8)

Finalmente se envuelve la unión con cinta dejando la yema descubierta (Figura 9).



Figura 4.- Preparación de injerto de parche



Figura 5.- Corte Perpendicular.



Figura 6.- Preparación de la yema.



Figura 7.- Despegue de corteza.



Figura 8.- Colocación de la yema.



Figura 9. Cubrimiento de la yema.

Injerto de Corteza

Este tipo de injerto es uno de los mejores y más utilizado en el nogal pecanero (8,15). Se emplea para cambiar la variedad de árboles en producción que presentan problemas de adaptación o productividad. Para realizar este injerto es necesario seleccionar los brazos principales de la copa del árbol sobre los cuales se colocarán los injertos. Se realiza satisfactoriamente en ramas desde 4 a 15 cm de diámetro o más (Figura 10). La época adecuada para realizar este injerto es en primavera, de 3 a 4 semanas después de que el árbol ha iniciado su brotación, cuando la corteza despega bien del tronco y cuando las temperaturas ambientales son alrededor de 25°C durante el día y mayores de 15°C en la noche. Estas condiciones se dan en la Región Lagunera durante el mes de mayo (1).

Preparación del patrón. Se corta el patrón en ángulo recto a su eje arriba de la sección más recta de la rama. Se elimina la corteza leñosa en el lugar donde se colocará la púa, en la corteza adelgazada se hacen dos cortes verticales paralelos, la distancia entre los dos cortes deberá ser igual al ancho de la púa, se deja una lengüeta de corteza de 3 cm en la base (Figura 10).



Figura 10. Preparación del patrón para el injerto de corteza.

Preparación de la púa. Las púas se preparan haciendo un corte largo inclinado de 5 cm y un corte más pequeño en el lado opuesto (Figura 11).



Figura 11.- Preparación de la púa para el injerto de corteza.

Inserción de la púa. La púa se debe insertar donde se eliminó la corteza. La base de la púa se mete bajo la lengüeta de corteza levantada. En patrones de 4 cm ó más de diámetro se fija la púa con dos clavos pasando uno a través de la lengüeta de corteza (Figura 12). En patrones menores de 4 cm se utiliza cinta o hilo para unir la púa con el patrón. El hilo debe romperse cuando el injerto prenda para evitar estrangulaciones .



Figura 12. Inserción de la púa

Se cubre la unión del injerto y los extremos de las púas con cera para injertos. Finalmente se cubren estas partes con ramas del mismo nogal o papel periódico para evitar que el injerto se deshidrate (Figura 13).



Figura 13. Cubrimiento de patrón y púa.

LITERATURA CITADA

1. Arreola A., J. G. 1990. Selección y almacenamiento de madera para propagación mediante injertos de nogal. Memorias 10º Convención de Nogaleros. Asociación Agrícola de Nogaleros de Delicias y Zonas Adyacentes. Delicias, Chihuahua. Pag. 16-24.
2. Bolt, L. C. 1982. Grafting on one year old pecan seedlings. The Pecan Quarterly. 16(2):17-18.
3. Brison, F. R. 1974. Budding and grafting. En Pecan Culture. Capital Printing. Austin Tx. P. 109.
4. Brutsch, M. O., P. Allan y B. N. Wolstenholme. 1977. The anatomy of adventitious root formation ind adult phase pecan (*Carya illinoensis*) stem cuttings. Hort. Rev. 17: 23-31.
5. Goldberg, P. N. 1996. Control de enfermedades en el nogal pecanero. Manual del Nogal Pecanero. Nuevo Mexico State University. pp. 174-175
6. Hancock, B.C. 1969. Texas methods in lag grafting pecans. The Pecan Quarterly 3 (1):8-9.
7. Hancock, B.C. y G. R. McEachern. 1997. Pecan patch budding. Texas Pecan Handbook. College Station Texas A&M. P. 27-33.
8. Hartman, H.T. y D.E. Kester. 1978. Propagación de plantas. México, Ed. CECSA. P. 81.
9. Herrera, E. 1988. Selecting and storing pecan propagation wood. Hoja desplegable H-613. NMSU.
10. Knox, Ch. A. y R. H. Smith. 1981. Progress in tissue culture methods for production of Riverside stocks. The Pecan Quarterly. 15(1):27-34.
11. Lagarda M., A. 1977a Evaluación de diferentes fechas de siembra y selecciones de nogal nativo (*Carya illinoensis* Koch) en el vigor de portainjertos bajo condiciones de vivero. Matamoros, Coah. CIAN-INIA-SARH. Informe de Investigación en fruticultura. Pág. 54-63.

12. Lagarda M., A. 1977b. Influencia del tamaño de nuez y densidad de siembra en el vigor de portainjertos de nogal nativo (*Carya illinoensis koch*) bajo condiciones de vivero. Matamoros, Coah. CAELALA CIAN. Informe de Investigación en fruticultura. Pág. 64-72.
13. Lorete F. L. 1979. Producción de plantas en vivero. En El nogal. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid. P. 20.
14. McEachen, R. G. y L. A. Stein. 1997. Collecting and storing graftwood. The Texas Pecan Handbook. College Station Texas A&M. P. 89.
15. McEachen, R. G., L. A. Stein y J. E. Begnaud. 1997. Texas inlay bark graft. Texas Pecan Handbook. College Station Texas A&M. P.27-33
16. Madden, G. D. 1972. Barrel Grown seedlings. The Pecan Quarterly. 6(3):16-17.
17. Madden, G. D. 1974. USDA develops 14 main varieties. The Pecan Quarterly. 8(2):5-8.
18. Madden, G. D. 1976. Methods improve rootstock. The Pecan Quarterly. 10(2):5-7.
19. Madden, G. D. 1978. Pecan cultivars pollinators and rootstock for western districts. The Pecan Quarterly. 12(4):4-9.
20. Madden, G. D. y H. W. Tisdale. 1975. Effects of chilling and stratification of nut germination in northern and southern pecan cultivars. HortScience. 10(3):259-260.
21. Matta, F. B. y J. B. Storey. 1982. A step towards containerizing the pecan industry. The Pecan Quarterly. 16(4):20-22.
22. Mielke, E. A. 1981. Effect of rootstock-scion combinations on survivability, tree sizes, age of bearing, an initial study. The Pecan Quarterly. 15(4):9-17.
23. Rigau, A. 1974. El injerto de los frutales. Ed. SINTES Barcelona. 5ª Impresión. 126 Pag.
24. Storey, B. 1968. Collection and storing pecan propagation wood. The Pecan Quarterly. 2(1):10.
25. Young, B. C. 1989. Practical multiplication of grafting techniques. Pecan South.23(3):5-12.

SISTEMA DE CONDUCCIÓN, PODA SELECTIVA Y ACLAREO DE ARBOLES

Jesús G. ARREOLA AVILA
Angel LAGARDA MURRIETA
Ma. del CONSUELO MEDINA MORALES

La luz es un factor vital en los sistemas de producción vegetal. Por lo tanto, la conducción del árbol tiene como propósito controlar las ramas, procurando obtener una estructura que soporte la carga y permita buena entrada de luz dentro de la copa. Con esto se incrementa la eficiencia en la utilización de luz en las etapas iniciales del frutal y cuando entra en la etapa productiva.

Una conducción adecuada asegura obtener ramas fuertes que podrán sostener la cosecha y soportar vientos sin que ocurra el desgajamiento de estas (18). Para lograr mayor eficiencia en la distribución de la luz en el nogal y permitir la cosecha mecanizada se aconseja seguir el sistema de conducción llamado líder central modificado (22). En la Región Lagunera este sistema no ha sido muy utilizado pues sólo el 7% de las huertas lo tenían; como una consecuencia de este desconocimiento, los árboles tienen forma multiramificada (15). La variedad Western tiene hábitos de crecimiento no tan erectos y forma buenas uniones en los brazos por lo que su cuidado de formación no es tan crítico como lo es para Wichita, en la cual se debe procurar evitar que las ramas queden formadas con ángulos de inserción menores a 50°, con respecto a la vertical (17).

Poda de Formación.

La poda en los árboles recién plantados no sólo cumple el propósito de balancear la cantidad de brotes a desarrollar con el número de raíces, sino que además inicia la estructura

permanente del árbol. El árbol joven se debe encaminar a desarrollar ramas fuertes, bien espaciadas y con ángulos superiores a 50° con respecto al líder (12).

Sistema de líder central modificado. El sistema de conducción de líder central modificado permite una buena exposición foliar y buena estructura del árbol para soportar el peso de la cosecha y follaje (17,22). Para la formación de este sistema se deben realizar los siguientes pasos:

Primer año. Se corta el tronco del nogal recién plantado a una altura de 50 a 60 cm, al momento de la plantación (Figura 14A). De mayo a junio se selecciona el brote apical más vigoroso para formar el líder central y se despuntan los brotes que se encuentren en los 20 cm más cercanos al brote seleccionado y el resto se deja y se despuntan para proteger el tronco (Figura 14B), esto promoverá el crecimiento del brote líder (20). La longitud normal de crecimiento promedio de los brotes en el primer año es de 15-20 cm.

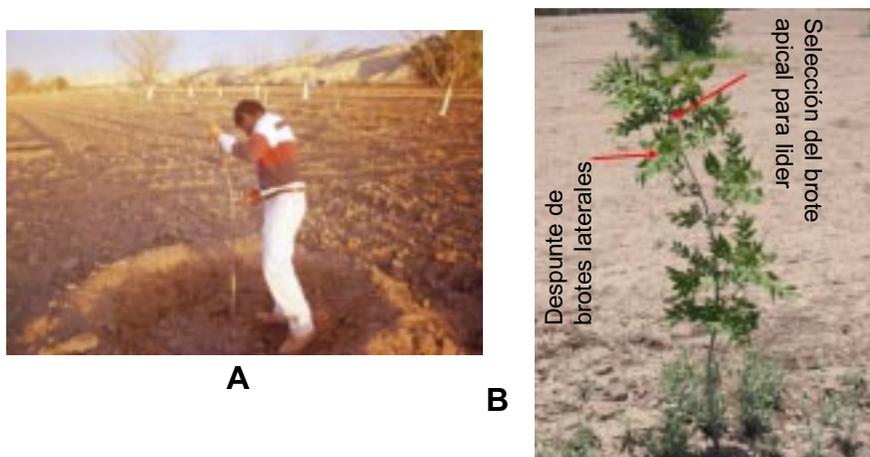


Figura 14. Poda y selección de brotes en nogal al primer año de formación del líder central modificado.

Segundo año. En invierno, al líder central se le despunta 1/3 del tamaño y se remueven las ramas más próximas a la rama líder (20 cm). El resto de las ramas en el árbol se despuntan (Figura 15A). En caso de formarse patas de gallo; eliminar la rama central de las tres que la constituyen. En mayo o junio se selecciona el brote apical más vigoroso y se despuntan los brotes cercanos al nuevo líder, el cual debe crecer en esta ocasión de 60-100 cm (Figura 15B).

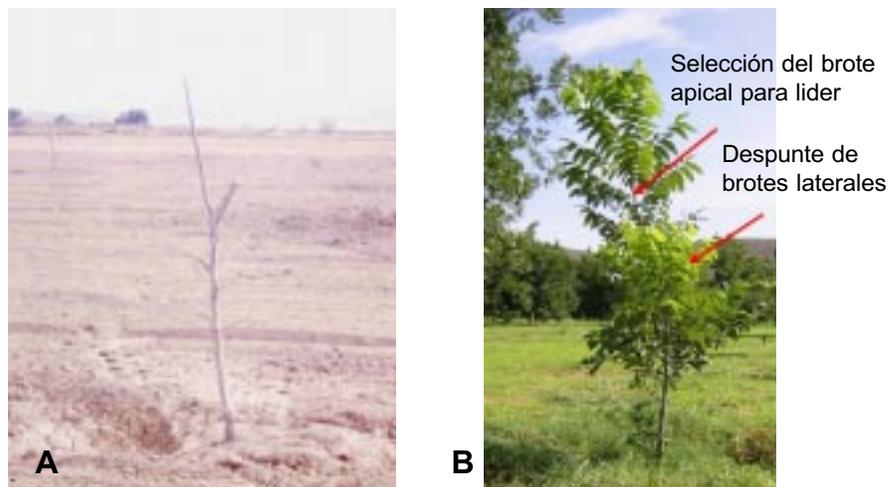


Figura 15. Poda y selección de brotes en formación del líder central modificado en nogales de dos años.

Si los brotes laterales crecen muy vigorosos se deben aclarar o solo despuntar eliminando el punto de crecimiento para evitar su desarrollo. Hay que procurar no hacer una poda severa de los brotes laterales, porque se provocaría su crecimiento vigoroso y competiría fuertemente con el crecimiento del líder.

Tercer y cuarto año. En invierno, podar al líder 1/3 del crecimiento anual y remover o despuntar las ramas próximas al líder (20 cm) según su competencia con éste. Las ramas laterales con diámetro igual o mayor que el del líder se deben

aclarear desde la base del tronco y el resto se debe despuntar a $\frac{1}{4}$ parte de su crecimiento anual. Si se observan patas de gallo formadas, eliminar la rama central (Figura 16A). En mayo o junio, cuando los árboles están en pleno crecimiento, seleccione el brote apical más vigoroso y despunte los brotes cercanos al líder para favorecer el crecimiento del brote seleccionado (Figura 16B).

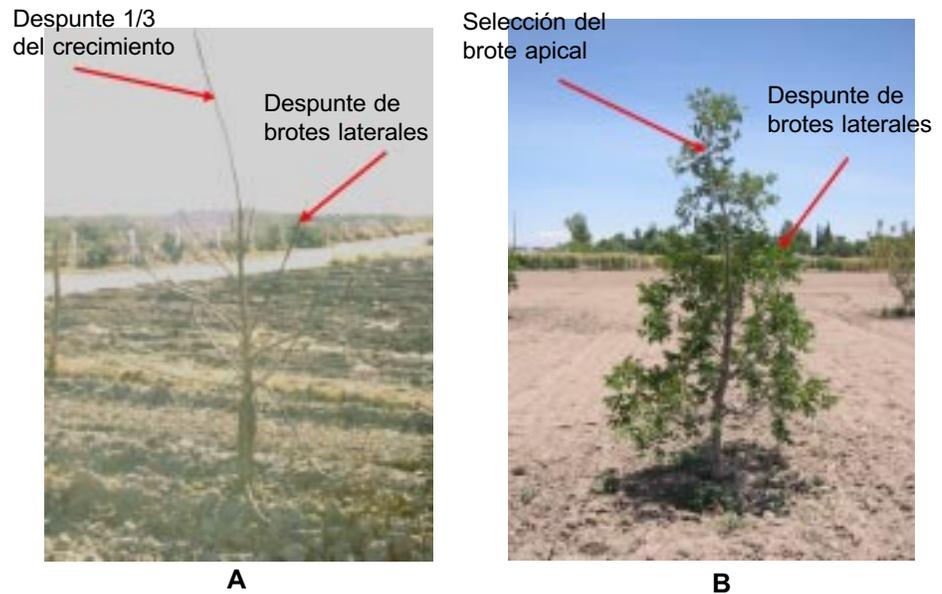


Figura 16. Selección y poda durante el invierno en nogales de tercer y cuarto año.

Del tercer año en adelante, solo se debe despuntar el líder a un tercio de su crecimiento anual y aquellos crecimientos de un año de edad mayores de 50 cm. También se eliminan las patas de gallo. A partir de este año la poda debe encaminarse a controlar el tamaño del árbol (Figura 17).



Figura 17. Poda invernal del líder, despunte de ramas mayores de 50 cm y remoción de patas de gallo en árboles del cuarto y quinto año.

Selección de yemas para la formación del líder central.

Es importante recordar que en variedades de crecimiento erecto como Wichita, la formación de ramas con ángulos mas abiertos se puede lograr con la eliminación de las yemas primarias ya que los ángulos cerrados provienen de la brotación de estas yemas (Figura 18) (17).



Figura 18. Yemas primarias, secundarias y terciarias de un nogal. La primaria es la yema superior.

Las ramas con ángulos abiertos pueden soportar la carga del peso de la madera, hojas y frutos con mayor seguridad (Figura 19). La formación de ramas de yemas primarias puede producir daños en el árbol por desgajamiento de ramas (Figura 20). El tronco principal o líder central es más fácil de desarrollar en una yema primaria por la tendencia normal a crecer hacia arriba.



Figura 19. Ramas con ángulos abiertos



Figura 20. Quebradura de rama desarrollada de una yema primaria.

Poda Selectiva de Ramas y aclareo de árboles

La poda selectiva de ramas en árboles adultos es necesaria para mantener un equilibrio entre la cantidad de nueces y el follaje, para así tener una producción y calidad aceptable (16). La producción de nuez en Western se obtiene en brotes emitidos sobre ramas de un año de edad de 5 a 40 cm de longitud (2), mientras que en Wichita es de 5 a 60 cm (14). La longitud promedio de los brotes fructíferos es cuando alcanzan alrededor de 20 cm. El desarrollo de brotes se observa principalmente en la parte apical de las ramas, situación que limita la formación de estos para una mayor producción.

Con el fin de aumentar el número de brotes, se han estudiado tratamientos de despunte a las ramas de un año para reducir la dominancia apical. Sin embargo, se ha observado que en las variedades Western y Wichita de 5 a 7 años de edad la poda de despunte en ramas de un año de edad no aumenta la brotación de yemas pero el número de brotes laterales si disminuye (3,13). Por esta razón, en la poda de nogales en producción solo se sugiere despuntar en el invierno las ramas que sean superiores a 50 cm dejándolas a 40 cm.

Poda de Producción

En huertas adultas con problemas de sombreo, la producción y calidad de nuez disminuyen y aumenta la alternancia (1,11,21,24). Para incrementar la penetración de la luz y reactivar la productividad en estos árboles, se sugiere la poda de aclareo de ramas en forma selectiva (6,25,26). Resultados de investigación indican que el eliminar una o dos ramas de 15 años de edad causan una reducción en el volumen de la copa del 20 o 30%, esta disminución se refleja en la producción; la cual es menor en aproximadamente el mismo porcentaje (Cuadro 9), (4).

Cuadro 9. Producción de nuez en árboles con poda de aclareo de ramas en forma selectiva.

Tratamientos	No. de Ramas Dejadas	Diámetro de ramas Eliminadas	Producción por árbol (Kg) ^z	Almendra (%)
Sin poda	30	8.5	17.7 ^b	58 ^a
Poda aclareo	11	10	9.7 ^a	58 ^a
Poda aclareo con despunte	10	10.6	8.2 ^a	58 ^a

z Medias con letras desiguales son significativamente diferentes (Tukey 0.05)

Con esta poda se incrementa la entrada de luz en el interior de la copa, se induce el desarrollo de brotes sobre las ramas permanentes, y se reduce el tamaño de los árboles (Figura 21). En huertas adultas, esta poda tiene por objetivo renovar la copa de los árboles en un periodo de 5 años aproximadamente. Con esto se evita tener una disminución repentina en el rendimiento, por eliminación excesiva de madera. La poda mecánica de despunte induce la producción de brotes cercanos al corte, cuyo vigor depende del diámetro de corte (Figura 22), (5). Esta práctica induce la formación de follaje denso en la periferia del árbol, provocando un sombreado notable en el interior de la copa algunos años después de efectuarla, (8,11,19). Ambos tipos de poda, inducen fructificación en brotes sobre madera de 3 o 4 años de edad. Aunque el tiempo transcurrido entre esta actividad y la fructificación de la nueva madera producida, dependerá de la severidad de los cortes realizados. Con la poda es posible disminuir la alternancia, según lo muestran los valores de variación en la producción (Cuadro 10). Para tener éxito en la disminución de la irregularidad productiva a través de los años y mantener o recuperar la calidad de la nuez, es necesario podar en el momento oportuno de la edad de la huerta, (24). Realizarla en los años en los que se espera alta producción y considerar un programa a mediano o largo plazo.



Figura 21. Poda de aclareo de ramas en forma selectiva



Figura 22. Poda de despunte

Cuadro 10. Producción de nuez durante 5 años en árboles con dos tipos de poda.

Tratamientos	Años después de la poda					Alternancia ^z (%)
	1	2	3	4	5	
Despunte a 6 m del tronco y 16 m de altura	63.5	12.7	112.8	70.8	54.2	57
Despunte a 6 m del tronco y 18 m de altura	69	17.2	70.8	71.2	66.8	35
Aclareo de ramas	80.7	8	97.7	93.2	56.4	54
Sin poda	87.8	12	76	80.2	26.3	62

^z Coeficiente de variación

Método práctico para la poda de aclareo de ramas en nogal

Para la poda selectiva de ramas en nogal, cada año se elimina aquella que ocupe del 15 al 20% del volumen de la copa del árbol, con el propósito de reducir la densidad de la copa en una proporción de 30 % en un periodo de 3 años (16). Con esto se incrementa la entrada y disponibilidad de luz dentro del árbol y entre árboles.

La rama que se seleccione para eliminarse, que sea la que más sombreo ocasiona, o sea la más alta y céntrica. Así se provoca una ventana en el centro de la copa del árbol. El corte se hace a una altura de 5 o mas metros dependiendo del tamaño del árbol.

Aclareo de árboles

Algunos productores han optado por entresacar árboles para incrementar la penetración de luz en sus huertas. Se ha estimado el tamaño óptimo del árbol para lograr un porcentaje de luz del 50% en el piso de la huerta, el cual es recomendado para un óptimo rendimiento (7,12). El aclareo de árboles

incrementa la penetración de luz en el piso de la huerta no ocupado por la copa del árbol, lográndose por lo tanto, un incremento en la intercepción de luz principalmente en la periferia de la copa y consecuentemente un incremento en el crecimiento (9,10,23). Sin embargo, no solo la penetración de luz en el piso de la huerta es importante, sino la buena distribución de esta en el interior de la copa, la cual se logra mediante la poda. Con la ventaja además, de reducir el tamaño del árbol cuya eficiencia es mayor que el conservar árboles grandes. La producción de nuez por hectárea disminuye los primeros años después de efectuarse el aclareo de árboles (Cuadro 11).

Cuadro 11. Producción de nuez después del aclareo de árboles en una huerta de 35 años de edad

tratamientos	Producción de nuez (ton/ha) años después de podar		
	Año 1	Año 2	Año 3
Testigo (122 árboles / ha)	2.4	3.8	2.9
Aclareo a 92 árboles / ha	1.4	2.9	2.3
Aclareo a 61 árboles / ha	1.6	2.4	2.0

LITERATURA CITADA

1. Andersen P. C. 1994. Lack of sunlight can limit pecan productivity in the southeastern U. S. *The Pecan Grow. Assn. Inc.* 6 (2): 20-21
2. Arreola A. J. 1990. Tipo y vigor de ramas y su implicación en la producción del nogal pecanero. Resúmenes 13° Congreso Nacional de Fitogenética, Cd. Juárez, Chihuahua. Pág. 174.
3. Arreola A. J. 1991. Efecto de la poda en ramas productivas y vegetativas sobre la producción de nogal pecanero. Matamoros, Coah. CIFAP. Región Lagunera. Informe de investigación en Fruticultura.
4. Arreola A., J. 1999. La Poda: Una práctica necesaria para mejorar la utilización de la luz e incrementar el crecimiento y producción en las diferentes etapas del nogal pecanero. Memorias. Tercer Día del Nogalero. Union de Nogaleros del Estado de Chihuahua. Cd. Delicias, Chih.
5. Arreola A., J. G. y A. Lagarda M. 1991. Efecto de la poda mecánica y manual sobre el rendimiento y calidad de la nuez en nogal con problemas de sombreo. Matamoros, Coah. CIFAP. Región Lagunera. Informe de Investigación en Fruticultura.
6. Arreola A., J. G. y A. Lagarda M. 2002. Manejo de luz en huertas de nogal pecanero. Simposio Internacional del Nogal Pecanero. Hermosillo, Sonora. P. 67-74.
7. Goff, V. 1992. The overcrowding dilemma. *Pecan South.* 25(9): 22-23.
8. Herrera, E. 1990. Pecan tree pruning is temporary delay of tree removal. *Pecan South.* 23(6): 5.
9. Herrera, E. 1994. thinning orchard at the proper time. *Pecan South.* 26(12): 6.
10. Herrera, E. 1996. Approaches to solving overcrowding. *Pecan South.* 29(4): 6-8.

11. Herrera, E. 1996. Sunlight management. *Pecan South*. 29(7): 6-10.
12. Kilby, W.M. 1976. Training young pecan trees. Western pecan Conference Cooperative Extension Service. University of New México pp 47-49.
13. Lagarda M., A. 1977. Efecto de la poda de despunte en la brotación y fructificación del nogal pecanero. CIAN-INIA-SARH. Informe de Investigación en Fruticultura. Comarca Lagunera. Pág. 33-53.
14. López M., I. 1983. Poda de fructificación en nogal. Resúmenes 4º Día del Nogalero. INIA-SARH-CAELALA.
15. Medina M., M. del C. 1980. Marco de referencia regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. Matamoros, Coah. CIAN-INIA-SARH. Informe de Investigación en Fruticultura. 207 Pág.
16. Medina M., M.D.C., A. Lagarda M. y J. G. Arreola A. 1998. Poda selectiva de aclareo de ramas en el nogal pecanero. Folleto técnico. CELALA. CIRNOC. INIFAP. En prensa.
17. Madden, G. D., H.J. Amling, y H. Tisdale. 1976. Training a plays key role *Pecan Quarterly*. 10(1):6-8.
18. Malstorm, H. L. y G. D. Madden. 1976. Training young pecan trees. *The Pecan Quarterly*. 10(3): 12-23.
19. Malstorm, H. L. y T. D. Riley. 1982. Continuous hedge pruning affects light penetration and nut production of 'Western' pecan trees. *The Pecan Quarterly*. 16(3):5-15.
20. McEachern, R.G. 1975. Establecimiento de un huerto intensivo de nogal. En: Manual para el cultivo del nogal en Texas. Texas A. & M. University. College Station. Traducción. pp. 16-20
21. McEachern, R.G. 1996. Correcting pecan tree crowding. *Pecan South*. 29(7): 6-10.
22. McEachern, R.G. 1997. Planting and establishing pecan orchards. En. McEachern, R.G. and L. A. Stain (Ed). *Texas Pecan Handbook*. Texas A&M University. P. 9-14
23. McEachern, R.G. y J.M. Zajiceck. 1990. Pecan orchard design, tree spacing, pruning and thinning. *Pecan South*. 24(5): 5-10.

24. Wood, B. 1997. Big trees: dealing with the southeastern's dilemma. The Pecan Grow. Georgia Pecan Grow. Assn. Inc. 28(4): 28-31.
25. Worley, R. E. 1985. Effects of hedging and selecting limb pruning of Elliot, Desirable and Farley pecan trees under three irrigation regimes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 12-16.
26. Worley, R. E. 1991. Selective limb pruning intensity influences mature pecan tree and nut characteristics. HortScience. 26(2): 126-129

FENOLOGÍA

Jesús G. ARREOLA AVILA
Angel LAGARDA MURRIETA
Ma. del Consuelo MEDINA MORALES

Las diferentes etapas de desarrollo del nogal son importantes para adecuar las prácticas de manejo a esos períodos. En la Región Lagunera se han determinado para varios cultivares de nogal las siguientes etapas: brotación, desarrollo de brotes, floración, desarrollo y maduración del fruto, época de cosecha y defoliación (Figura 23) (5)

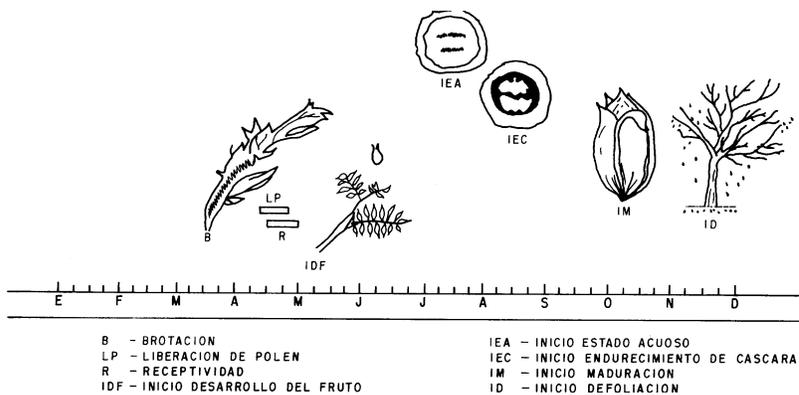


Figura 23. Etapas fenológicas del nogal pecanero durante la estación en la Región Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP.

BROTACIÓN

La época de brotación en el nogal varía según el clima que prevalezca en el año; sin embargo, esta ocurre de manera general durante la segunda quincena de marzo. El porcentaje de yemas que brotan bajo las condiciones de la Región Lagunera en la variedad Western, es superior al 72% (2). No obstante, una cantidad considerable de brotes quedan sin

desarrollarse y mueren durante el desarrollo de las flores masculinas o femeninas, por lo cual el porcentaje final de brotes resulta ser de 25% en la variedad Western y 21% en Wichita y Choctaw (7,11). Los porcentajes reportados se consideran normales para nogal en términos de acumulación de frío, ya que en todos los años se logra brotación de yemas superior al 60% o porcentaje final de brotes superior al 22%, con una acumulación de frío superior a 200 horas abajo de 7°C (11).

DESARROLLO DE BROTES

Existen dos tipos de brotes en nogal: 1) fructíferos y 2) vegetativos, cuya longitud varía (3). El crecimiento de los brotes ocurre de fines de marzo a los últimos días de mayo, observándose la máxima tasa de crecimiento en abril (Figura 24). La curva de crecimiento del brote de la variedad Western, en huertas con 16 a 17 años de edad, muestra una gran similitud en el desarrollo del mismo; encontrándose diferencias sólo en el tamaño final del brote. Probablemente éstas se deben a efecto de las condiciones climáticas, manejo del agua, fertilidad o bien a la consecuencia de la cosecha anterior. En árboles jóvenes este período se prolonga hasta finales de junio (9).

FLORACIÓN Y POLINIZACIÓN

El nogal es una planta monoica, en consecuencia tiene flores femeninas y masculina separadas en el mismo árbol. Si la producción, viabilidad y dispersión del polen de la flor masculina no coinciden con la receptividad de la femenina, ocurre la dicogamia y cuando éstos períodos son simultáneos se denomina monogamia (6)

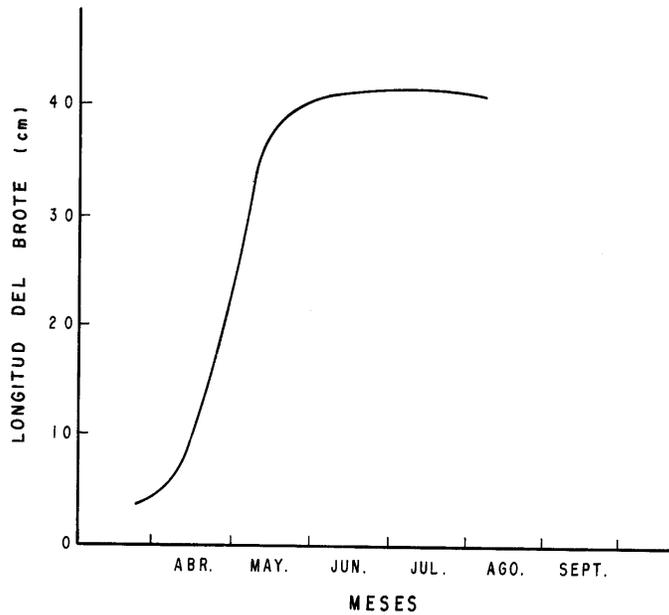


Figura 24. Crecimiento del brote de nogal variedad Western. Región Lagunera. CELALA-INIFAP.

La dicogamia puede ser protándrica, cuando el polen se libera y la flor femenina aun no ésta receptiva o protogínica, cuando la flor femenina ésta receptiva y la liberación del polen aun no ocurre. Estos fenómenos pueden ser completos si la liberación del polen y la receptividad de la flor ocurre en períodos separados, o bien incompletos cuando parte de ellos coinciden como se ilustra en la Figura 25 (7).

Considerando que existen variedades de nogal de comportamiento dicogámico (protándrico y protogínico), es necesario el establecimiento de dos o más variedades en una plantación con el fin de asegurar una óptima polinización cruzada y por lo tanto de una mayor producción y calidad del fruto. Si esta práctica no se realiza se presenta la autopolinización y en consecuencia se obtienen nueces pequeñas y de menor calidad (15, 21, 24).

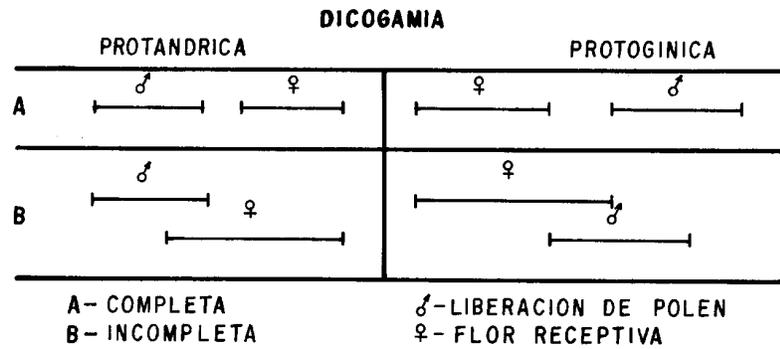


Figura 25. Formas de dicogamia que se presentan en el nogal pecanero.

En la Región Lagunera la variedad Western (protándrica ♂) ha sido utilizada como productora y la Wichita (protogínica ♀) como polinizadora (4). Sin embargo, esta combinación no permite cubrir completamente el período receptivo de polen de la Western, lo cual se logra con el uso de dos o más variedades, procurando que éstas sean protándricas y protogínica. Las variedades Frutoso, Cherokee, Caddo, Sioux y Cape Fear, que inician antes su liberación de polen con relación al inicio de receptividad de Western, presentan ante ésta una dicogamia completa de tipo protándrico (♂), mientras que las variedades Shoshoni, Cheyenne, Texas, Shawnee, Gratex, Mohawk y Wichita presentan ante Western una dicogamia (protogínica ♀) incompleta, es decir polinizan las tres cuartas partes aproximadamente del período de receptividad de Western, Las variedades: Kiowa y Choctaw presentan una liberación de polen más tardía que las anteriores y pueden polinizar la parte final del período de receptividad en las flores femeninas de la variedad Western. Por lo que se debe recurrir a éstas variedades con el propósito de asegurar una completa polinización de Western (Figura 26) (1). Así se sugiere plantar la variedad Western como productora y las variedades: Wichita, Choctaw y Shoshoni (con liberación de polen tardío) como polinizadoras (1).

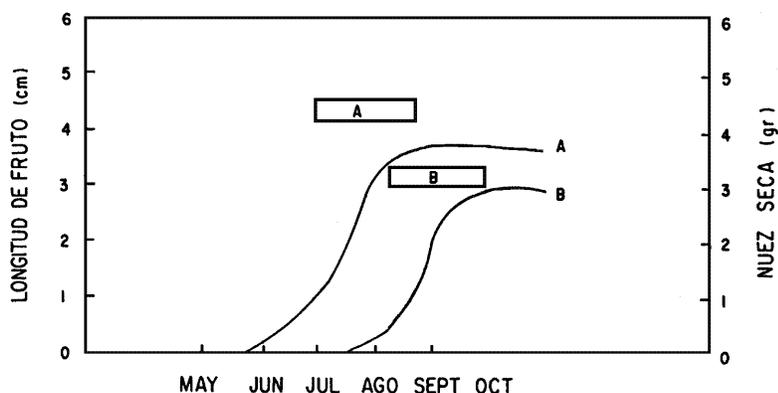


Figura 27. Etapas de desarrollo del fruto de nuez o crecimiento total (A) y de la almendra (B). CELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993.

Cuadro 12. Fechas de periodos críticos de desarrollo del fruto. Región Lagunera. CAELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993.

VARIEDAD	INICIO DE AUMENTO DE TAMAÑO	INICIO DE ESTADO ACUOSO	INICIO DE ENDURECIMIENTO DE LA CASCARA	INICIO DE MADURACIÓN
Western	20-21 Mayo	18-30 Junio	25-30 Julio	6-20 Sept.
Wichita	12-20 Mayo	12 Jun - 9 Jul	15-30 Julio	6-13 Sept.
Choctaw	19-20 Mayo	20 Jun - 9 Jul	25 Jul - 4 Ago	8-17 Sept.

Durante la etapa de llenado de la nuez las labores de riego, control de plagas y enfermedades son prioritarias. La almendra constituye del 30 al 60% del peso de la nuez madura y contiene aproximadamente 70% de aceite que se produce en un período de seis semanas aproximadamente (21). Una producción excesiva de nueces trae como resultado una disminución en los carbohidratos almacenados en el árbol; particularmente si la relación área foliar por nuez es baja. Lo anterior provoca una reducción en la formación de flores para el siguiente ciclo o en la capacidad de amarre del fruto, lo cual se refleja como alternancia en la producción (2, 8, 20, 24).

CAÍDA DEL FRUTO

En la Región se observan tres etapas en la caída de fruto en las variedades Western, Wichita y Choctaw entre otras. Estas etapas son de importancia y corresponden a los períodos de: fecundación, estado acuoso del fruto y endurecimiento de la cáscara. Los mayores porcentajes de caída de nuez se presentan durante la fecundación y en el estado acuoso (4). Sin embargo, la etapa más conocida, porque ocurre cuando la nuez puede ser vista fácilmente corresponde al endurecimiento de la cáscara y se presenta a principios de agosto (10).

Las causas de la caída de fruto pueden ser (10):

a). Caída de flor. Las flores femeninas no se polinizan y por lo tanto no hay fertilización del óvulo o son anormales. Esta corresponde a la primer caída de la flor y es más severa cuando hay una floración femenina abundante.

b). Segunda caída del fruto. Esta ocurre en el período del estado acuoso justo antes del crecimiento del embrión. La causa puede ser por sequía seguido de un período con humedad disponible (23). En este caso las nueces pueden no caer durante el período en que falta humedad, sino hasta que existen condiciones de humedad disponible. La predisposición es causada por el esfuerzo hecho durante el período que al árbol no se le suministró la humedad suficiente.

c). Daños radicales. Las labores de cultivo demasiado profundas pueden destruir raíces superficiales de absorción y manifestarse como deficiencias de agua. Si no hay agua suficiente para mantener el embrión, éste muere y como consecuencia cae la nuez. Este problema puede ser evitado parcialmente con labores de cultivo superficiales usando segadora rotativa ó herbicida para controlar malas hierbas.

d). Insuficiente producción de carbohidratos. Las nueces deben disponer de una cantidad considerable de carbohidratos y se estima que se requieren 10 hojas sanas e iluminadas por nuez . Por lo que es importante que los árboles se encuentren lo suficientemente espaciados y si es necesario realizar poda de aclareo de ramas durante el invierno para que penetre suficiente luz.

e) Falta de nitrógeno. El nitrógeno debe proporcionarse al árbol desde el inicio del crecimiento del brote, para asegurar un desarrollo sano y vigoroso de las hojas. La caída de fruto generalmente es menor en brotes largos y vigorosos (30-40 cm), que en brotes débiles y cortos (menores de 10 cm).

f) Daños por insectos. Es necesario tener un buen control de insectos que no dañe las hojas ni el fruto para disminuir la caída por esta causa.

MADUREZ DEL FRUTO

Una vez que el desarrollo de la almendra se ha completado, lo cual ocurre en un período aproximado de seis semanas (agosto y septiembre) en las variedades Western, Wichita y Choctaw, la planta inicia la apertura del ruzno, lo cual indica que principia la maduración del fruto. En la Región Lagunera ésta etapa se ha determinado en un número considerable de variedades, observándose que la mayoría madura de la segunda a la tercer semana de septiembre. Las variedades Wichita, Shoshoni y Cherokee son aproximadamente una semana más precoces que Western. Las variedades Cheyenne, Choctaw, Gratex y Grakiing entre otras, han madurado en un período similar al de Western (Cuadro 13). Observaciones efectuadas sobre la selección Frutoso han mostrado que ésta madura una semana antes que la variedad Wichita (5).

Cuadro 13. Etapas de madurez de diferentes variedades de nogal para la comarca lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993.

VARIEDAD	INICIO DE APERTURA DEL RUEZNO
Western	8-20 Sept.
Wichita	8-13 Sept.
Choctaw	15-17 Sept.
Cheyenne	17-20 Sept.
Shoshoni	12-17 Sept.
Shawnee	10-15 Sept.
Cape Fear	25-28 Sept.
Sioux	10-15 Sept.
Mohawk	7-10 Sept.
Texas	15-20 Sept.
Caddo	10-13 Sept.
Cherokee	15-20 Sept.
Barton	9-10 Sept.
Gratex	17-20 Sept.
Graking	17 Sept.
Frutoso	1-10 Sept.
Mahan	5 Oct.

Considerando los requerimientos térmicos de las variedades para alcanzar la madurez de la nuez, Mahan es la única de maduración tardía, ya que el inicio de maduración ocurre hasta principios del mes de octubre, entre 15 y 20 días después que la Western. Esta condición es importante para considerar las prácticas de manejo específicas para cada variedad (11). Para determinar en forma práctica cuando ocurre el inicio de la maduración de la nuez se deberán observar las costillas del ruezno; las cuales se tornan color negro. Si presiona

con los dedos la punta del ruezno éste se separara en sus partes y se desprende la nuez indicando que el fruto ha madurado. La cosecha puede iniciar 15 a 20 días mas tarde.

Las mejores variedades son aquellas que reúnen características de buena producción, alta calidad, con fruto de maduración temprana, y cuya producción no varía a través de los años. Las primeras huertas de la región se establecieron con variedades como Burkett, San Saba Improved, Stuart, Barton, Western, Choctaw, Mahan y Wichita entre otras. De éstas, las que mejor se adaptaron fueron Western como productora, Wichita y Choctaw como polinizadoras. Actualmente Western y Wichita son las variedades que se tienen plantadas en la mayoría de las huertas de la Región.

PERIODO VEGETATIVO

Durante los estudios en distintas nogaleras y localidades de la Región Lagunera se ha observado que no existe diferencia considerable en cuanto al período vegetativo de las variedades, lo cual permite hacer extensivas las observaciones encontradas sobre las variedades de nogal para toda La Laguna. El período vegetativo del nogal varía de 240 a 270 días, considerando desde su brotación a fines de marzo hasta la defoliación natural a fines de noviembre. Las variedades inician su brotación generalmente después de la segunda semana de marzo, siendo Frutoso la mas temprana, seguida de Wichita, Caddo y Shoshoni. Las variedades Western, Mohawk y Mahan, brotan de tres a nueve días después que Wichita. Las tardías son Gratex y Barton, ocurriendo cinco días después que Western (Cuadro 14). Este inicio de brotación ocurre cuando el riesgo de daño por heladas tardías es casi nulo, por lo que se ha considerado que la Región Lagunera reúne las características ambientales apropiadas para el cultivo del nogal. Cuando se han presentado heladas posteriores a la brotación los daños han sido evidentes sólo en árboles muy jóvenes (11).

Cuadro 14. Épocas de brotación, apertura del ruezno y defoliación de 17 variedades de nogal pecanero en la Región Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993.

VARIEDAD	INICIO DE BROTACIÓN	APERTURA DEL RUEZNO	INICIO DE DEFOLIACIÓN		CICLO VEGETATIVO (DÍAS)
Frutoso	10-15 Mar.	1-10 Sept.	20 Nov.	1 Dic.	250
Western	20-30 Mar.	8-20 Sept.	20 Nov.	1 Dic.	242-245
Wichita	15-17 Mar.	8-14 Sept.	30 Nov.	3 Dic.	247-263
Choctaw	23-26 Mar.	15-17 Sept.	25 Nov.	12 Dic.	244-264
Cheyenne	19-22 Mar.	20 Sept.	20 Nov.	28 Dic.	243-254
Shawnee	17-22 Mar.	10-15 Sept.	5 Dic.	12 Dic.	258-270
Sioux	19-22 Mar.	10-15 Sept.	12 Dic.	20 Dic.	265-271
Mohawk	20-22 Mar.	7-10 Sept.	20 Nov.	3 Dic.	243-258
Caddo	15-17 Mar.	10-13 Sept.	28 Nov.	3 Dic.	256-263
Barton	25-26 Mar.	9-10 Sept.	28 Nov.	17 Dic.	247-262
Gratex	27-30 Mar.	17-20 Sept.	20 Nov.	3 Dic.	234-251
Graking	17-19 Mar.	17 Sept.	20 Nov.	1 Dic.	248-250
Mahan	19-21 Mar.	5 Oct.	27 Nov.	5 Dic.	254-256
Texas	17-19 Mar.	15-20 Sept.	20 Nov.	1 Dic.	244-253
Cape Fear	15-17 Mar.	25-28 Sept.	20 Nov.	3 Dic.	247-252
Shoshoni	15-17 Mar.	12-17 Sept.	20 Nov.	5 Dic.	245-248
Cherokee	17-19 Mar.	15-20 Sept.	20 Nov.	5 Dic.	243-250

PRODUCCIÓN Y CALIDAD

Uno de los aspectos más importantes en la selección de variedades es la capacidad productiva de éstas en una región determinada, así como también la calidad del fruto y estabilidad de la producción a través de los años (1). Una forma de evaluar la capacidad para estabilizar la producción a través de los años es considerando la cosecha total de las variedades en un período mínimo de nueve años consecutivos de evaluación; después se obtiene el coeficiente de variación en porcentaje y el resultado obtenido es el índice de alternancia. Este índice mientras mas tiende a cero o sea menor, indicará mayor estabilidad en la producción a través del tiempo. Los valores normales aceptables son inferiores al 50%.

Analizando las variedades estudiadas en la Región Lagunera, en árboles de 22 años, se ha determinado que la Western es la más estable en producción con un índice de alternancia de 43.9% (Cuadro 15). La situación de las variedades de nuez considerando algunos parámetros de producción como: porcentaje de almendra, eficiencia productiva, e índice de alternancia; nos permiten integrarlas y se obtiene un índice de producción de nuez a largo plazo (IPLP), el cual se indica en el cuadro 15 y su valor es mejor cuando este tiende hacia el valor de 1.0 (13).

De acuerdo al (IPLP), las variedades mas adecuadas para seleccionarse en la Comarca Lagunera son. Western (0.91), Wichita (0.53) y Cape fear (0.52). El resto de las variedades estudiadas tienen un IPLP. inferior al 0.50 que las pone en desventaja sobre las seleccionadas.

Cuadro 15. Parámetros considerados en la selección de variedades de nogal para alto rendimiento y calidad de nuez a largo plazo. Comarca Lagunera. 1998.

Variedad	Eficiencia productiva	Almendra (%)	Índice de alternancia (%)	Índice de producción a largo plazo
Rango aceptable	>30 g/cm ²	> 55%	< 50%	(I.P.L.P.)> 0.5
Sioux	18	58.8	50.5	0.36
Cape Fear	20	54.3	38.0	0.52
Mohawk	20	59.0	63.8	0.32
Tejas	21	54.7	48.9	0.43
Caddo	21	58.9	59.9	0.35
Gratex	21	61.6	63.6	0.33
Cheyenne	22	56.7	66.0	0.33
Choctaw	28	58.2	84.0	0.33
Shawnee	32	58.8	74.9	0.43
Frutoso	36	47.1	80.2	0.45
Western	40	58.0	43.9	0.91
Wichita	40	62.5	75.0	0.53
Cherokee	40	55.0	93.6	0.43
Shoshoni	51	52.8	105.0	0.48

Evaluaciones de producción del cultivar Western en huertas de diferente edad realizadas durante un período de tres años, indican que la producción de nuez por hectárea varía desde 118 hasta 2914 kilogramos (Cuadro 16) (18). Esta variación se debe en buena medida a diferencias en las condiciones de suelo y manejo, las cuales afectan considerablemente el índice de alternancia y el IPLP. independientemente de la edad de la huerta.

Cuadro 16. Rendimiento de nuez e índice de alternancia en huertas de nogal pecanero, durante tres años. Comarca Lagunera. 1995-1997.

Edad de huerta	Rendimiento de nuez (Kg/ha)				Índice de alternancia %
	1995	1996	1997	Promedio	
12	1183	468	871	841	42.6
16	2659	1261	1904	1941	36.0
17	879	1391	1255	1175	22.6
20	615	1366	2084	1355	54.2
22	575	2914	912	1467	86.2
25	1996	2460	1367	1941	28.3
26	1854	945	2858	1886	50.7
26	615	274	462	450	37.9
29	389	1608	2293	1430	67.4
33	393	580	2202	1058	94.0
35	1232	1885	1281	1466	24.8
37	1033	2159	2638	1943	42.4
41	1099	328	1408	945	58.8
49	118	2159	2085	1454	79.6
Promedio	1046	1414	1687	1382	51.8

Para un rendimiento óptimo de nuez debe haber de 5.7 a 7.8 m² de área transversal del tronco (ATT) por hectárea sin problemas de sombreado (26). Esta ATT se calcula con la suma del área de los troncos de una hectárea, la cual se obtiene midiendo la circunferencia del tronco a 50 cm del suelo. Se calcula el diámetro y el área transversal, y ésta se multiplica por el número de árboles por hectárea para obtener m²/ha. En la región se encontró que con 6 a 10 m²/ha de ATT se obtuvieron los mas altos rendimientos cercanos a las 2 ton/ha y el índice de alternancia se reduce hasta 39.3% (Cuadro 17). Esta ATT de 6 a 10m²/ha se puede obtener con densidades de plantación de 50 hasta 100 árboles/ha y con una circunferencia del tronco promedio de 111 cm. Cuando hay mas de 80 árboles/ha, se recomienda la poda selectiva de aclareo de ramas para aumentar la penetración de luz (18).

Cuadro 17. Área transversal del tronco por hectárea, rendimiento de nuez, índice de alternancia, circunferencia del tronco y árboles/ha en nogal pecanero. Comarca Lagunera. 1995-1997.

Área del tronco (m ² /ha)	Rendimiento (Kg/ha)	Índice de Alternancia (%)	Circunferencia del tronco (cm)	Árboles/ha
3 - 5	898	48.4	104	43
6 - 10	1932	39.3	111	80
12 - 13	1460	52.2	158	68

CALIDAD DE LA NUEZ

Porcentaje de almendra. La calidad de la nuez, considera principalmente el porcentaje de almendra, el tamaño del fruto, color, daños de la almendra y otros de menor importancia. El contenido de almendra producido en la región en las variedades estudiadas es bueno, considerando que el grueso de los árboles nativos rinden arriba del 40%. Sin embargo las variedades evaluadas superan el 50% y en su mayoría igualan o sobrepasan el 60% de almendra, como son Gratex y Wichita (Cuadro 18) (13). Es evidente que la mayoría de las variedades evaluadas presentan altos porcentajes de almendra, lo cual indica que la Región Lagunera reúne las condiciones ideales para producir nuez de buena calidad.

Tamaño de la nuez. El número de nueces por kilogramo varía entre 100 y 180. Destacan por su peso: Mohawk, Shoshoni y Choctaw (Cuadro 18). Las nueces Caddo y Frutoso son pequeñas para descascarar, obteniendo valores superiores a 150 nueces por kilogramo, su porcentaje de almendra es de 59.9 y 47.1% respectivamente. En la mayoría de las variedades el tamaño de la nuez tiende a disminuir en los árboles de mayor edad (1,11).

Germinación de la nuez en el ruezno. La germinación de la nuez, antes de realizar la cosecha ha sido evidente en casi todas las variedades estudiadas en la Región Lagunera. Esta germinación prematura de la nuez varía según las variedades: Shawnee es la más susceptible en tanto que la Cheyenne y la Choctaw, presentan porcentajes muy bajos de germinación (Cuadro 18). Las causas de la germinación prematura no han sido bien determinadas. Sin embargo, se ha encontrado que cuando los árboles carecen de agua durante el crecimiento de la nuez, el problema se acentúa y la germinación de la nuez es mayor (1,27).

Cuadro 18. Calidad de nuez durante nueve años de evaluación en variedades de 22 años de edad bajo las condiciones de la Región Lagunera. CELALA CIRNOC-INIFAP. 1993.

Variedad	Nuez por Kg	Nuez verde (%)	Nuez germinada %	Humedad (%)
Western	139	3.5	3.0	58.0
Wichita	110	7.5	3.0	62.5
Choctaw	105	8.0	2.0	58.2
Cheyenne	121	1.5	2.0	56.7
Shawnee	119	9.0	9.0	58.8
Texas	140	4.0	3.0	54.7
Cherokee	122	3.5	3.0	55.0
Shoshoni	108	4.0	2.5	52.8
Cape Fear	115	4.5	3.0	54.3
Sioux	130	6.0	3.0	58.8
Caddo	150	4.0	3.0	59.9
Frutoso	180	4.0	3.0	47.1
Gratex	112	8.5	3.0	61.6
Mohawk	92	11.0	3.0	59.0

La producción excesiva es otro factor importante sobre la inducción de la germinación de nuez, la cual es muy común en árboles maduros con edad superior a los 18 años (16,27). La variedad de nogal es el factor mas importante para disparar la germinación prematura de nuez, reportándose que para La Laguna hay una clasificación de variedades de acuerdo a la susceptibilidad de presentar este fenómeno (12) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Susceptibilidad de variedades de nuez a la germinación antes de la cosecha. Comarca Lagunera. 1994.

Muy susceptible	Susceptible	Sin problema
Graking	Wichita	Caddo
Mahan	Western	Sioux
Cheyenne	Choctaw	S. Delight
Shawnee	Gratex	
Burkett		

En la Región Lagunera se cosechan alrededor de unas 4100 toneladas de nuez de las variedades de Western y Wichita de las cuales el 3% corresponden a nuez germinada (123 toneladas), por lo tanto, las pérdidas por este concepto son significativas. La germinación prematura de la nuez en nuestro país ocurre en las regiones nogaleras con veranos y otoños cálidos, como son, Sonora, norte de Coahuila, Comarca Lagunera, sur de Chihuahua. Sin embargo en regiones más frías como Saltillo, Parras y Durango, Dgo. este problema no es común. (14) .

La germinación de la nuez tiende a incrementar a medida que la huerta entra en edad, sobre todo en años de alta producción (19, 22). La cosecha oportuna, la cual se alcanza en la tercera semana de septiembre, permite disminuir el porcentaje de nuez germinada. En la variedad Western con esta época de

cosecha se redujo el daño por germinación. El porcentaje de nuez verde por árbol no se incrementó en comparación con la cosecha realizada en noviembre (9). El uso de productos hormonales pueden tener algunas perspectivas para reducir la germinación de nuez; sin embargo debe ser estudiada y comprobada su efectividad (12). La calidad de la nuez expresada en porcentaje de almendra disminuye en años de alta producción (17).

LITERATURA CITADA

1. Arreola A., J.G. 1989. Crecimiento y rendimiento de variedades de nogal pecanero bajo las condiciones de la Región Lagunera. Matamoros Coah. CAELALA CIANINIA. Informe de Investigación en Fruticultura.
2. Arreola A., J. G. 1990. Efecto de la cianamida de hidrógeno sobre la brotación y desarrollo de laterales en nogal en producción. Matamoros, Coah. INIFAP- Región Lagunera. Informe de Investigación en Fruticultura.
3. Arreola A., J. G. 1990. Tipo y vigor de ramas y su aplicación en la producción del nogal pecanero. Resumen XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juárez, Chih.
4. Arreola A., J. y A. Lagarda M. 1984. Efecto de la polinización cruzada sobre el amarre y calidad del fruto en 3 cultivares de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K.). Matamoros Coah. CAELALA CIANINIA. Informe de Investigación en Fruticultura. Vol. 1:571-584.
5. Arreola A., J. y A. Lagarda M. 1985. Introducción de variedades de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) en la Región Lagunera. Matamoros Coah. CAELALA CIANINIA. Informe de Investigación en Fruticultura. Vol. 1:585-592.
6. Brison, R. F. 1975. Cultivo del nogal pecanero. México. CONAFRUT. Pag. 106-10, 133, 279-291.
7. Cortés, D. O. 1975. Caracterización de floración en nogal. Río Bravo, Tamps. CIAT INIA. Circular Informativa 1 (12).
8. Hanna, U. D. 1997. Cruzas y efectos de la producción alternada en México. CONAFRUT SARH. VI Ciclo de conferencias Internacionales de Producción de Nuez de la República Mexicana. P. 53-56.
9. Lagarda M., A. 1977. Efecto de la poda de despunte en la brotación y fructificación del nogal pecanero. Matamoros, Coah. CAELALA CIANINIA Informe de Investigación en Fruticultura. pp.. 33-52.

10. Lagarda M., A. 1977. Relación entre crecimiento del fruto y algunos puntos críticos del desarrollo fenológico con la acumulación de unidades caloríficas en el cultivo del nogal cáscara de papel. CAELALA CIAN INIA Seminarios Técnicos CIANE 4 (4):2.
11. Lagarda M., A. 1978. Comportamiento fenológico de 14 cultivares de nogal pecanero en la Región Lagunera. Matamoros, Coah. CAELALA CIAN INIA Informe de Investigación de Fruticultura. pp. 91-157.
12. Lagarda M., A. y J. Arreola A. 1994. Causas que propician la germinación de la nuez antes de la cosecha. XIII Conferencias Internacionales sobre el cultivo del Nogal. Delicias, Chihuahua, México. Memorias. pp. 112-116.
13. Lagarda M. A., M.D.C. Medina M. y J. Arreola A. 1998. Productive performance of 14 pecan cultivars in the arid zone of the North of Mexico. Third National Pecan Workshop Proceedings. Pecan Industry: Current situation and future challenges. U.S.D.A. pp. 194-200.
14. Lagarda M. A. 2002. La germinación prematura de la nuez pecanera. Memoria. Simposio Internacional del Nogal Pecanero. Hermosillo, Sonora. P. 55-66.
15. Maden, G. D. and E.J. Brown. 1975. Here are methods to improve pollination. Pecan Quarterly. 9 (4): 10-12.
16. Medina M., M. D. C. 1980. Marco de referencia regional de cultivo del nogal en la Región Lagunera. Matamoros, Coah. CAELALA CIAN INIA. Informe de Investigación en Fruticultura. 207 Pag.
17. Medina M., M. D. C. 1997. Factores ambientales, infraestructura, y manejo de las huertas y su relación con la fenología y el rendimiento del nogal pecanero. Informe de Investigación de Fruticultura. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC. INIFAP.
18. Medina M., M. D. C., J. A. Samaniego G., J. Santamaría C., R. Faz C., T. Herrera P., M. Ramírez D y G. González C. 1997. Producción de nuez y su alternancia en nogal pecanero. Sexto Simposium Internacional Nogalero. NOGATEC 98. Memorias. Torreón Coahuila. México. pp. 63-69.

19. Sparks, D. 1993. Manejo de huertas de nuez pecanera en climas cálidos con énfasis en la germinación prematura y apertura del ruzno. Memorias. XII Conferencia Internacional sobre el Cultivo del Nogal. Guaymas, Sonora. Pag. 25-29.
20. Sparks, D. and C. E. Brack. 1972. Return bloom and fruit set of pecan from leaf and fruit removal. HortScience. 7 (2) 131-132.
21. Sparks, D. and J. H. Heath. 1972. Pistillate flower and fruit properties of pecan as a function of time and shoot length. HortScience. 7 (4):402-403
22. Sparks, D., W Reid, I., E. Yates, M. W. Smith and T. G. Stevenson. 1995. Fruiting stress induces shuck and premature germination in pecan. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(1) :43-53.
23. 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.
24. Storey, J. B. 1974. Causas que originan la caída de la nuez. México CONAFRUT. 2º Ciclo de Conferencias Internacionales de Productores de Nuez de la República Mexicana. pp. 66-67.
25. Storey, J. B. y B. W. Wolstenholme. 1997. Desarrollo de la fruta del nogal. México CONAFRUT. 3º Ciclo de Conferencias Internacionales de Productores de Nuez de la República Mexicana. pp. 42-48.
26. Worley, R. E. 1990. Pecan tree spacing and tree size. Pecan Husbandry: Challenges and opportunities. Georgia U. S. D. A. Agricultural Research Service. pp. 143-151.
27. Zertuche, M. and J. B. Storey. 1983. Preharvest germination of pecans. HortScience 8 (4):579.

MANEJO DEL SUELO

Uriel FIGUEROA VIRAMONTES
Ma. del Consuelo MEDINA MORALES
J. Francisco CHÁVEZ GONZÁLEZ

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO A CONSIDERAR PARA ESTABLECER UNA HUERTA

Cuando se va a establecer una huerta de nogal es conveniente tomar en cuenta algunas características del suelo para tener un buen desarrollo de los árboles. En huertas establecidas también es conveniente conocer las propiedades del suelo para darle un manejo adecuado.

Origen y clasificación de los suelos de la Comarca Lagunera.

Los suelos de la Comarca Lagunera se localizan en la planicie de inundación de los ríos Nazas y Aguanaval, es decir, son suelos aluviales que se formaron por acarreo de materiales con las avenidas de los ríos. Lo anterior dio como resultado una diversidad de tipos de suelo, con estratos bien definidos de arcillas y arenas. El origen de los materiales que formaron estos suelos son rocas calizas, de ahí los altos contenidos de carbonatos de calcio en el suelo. Un estudio agrológico realizado en 1951 (12) clasificó los suelos de Región Lagunera en 11 Series de suelo. Una serie agrupa suelos que tienen características similares en el perfil del suelo, excepto la textura de la capa superficial. En el Cuadro 20 se anotan la superficie y algunas propiedades de las series de suelo de esta región.

Cuadro 20. Superficie y algunas características de las Series de suelo de la Comarca Lagunera (12)

Serie	Superficie	%	pH	MO %	CaCO ₃ %	Textura predominante ^a
Coyote	98,218	27	8.25	1.57	6.42	F, Fr, Fa
Zaragoza	68,268	19	7.92	1.20	4.00	R, Fra, Fr
San Pedro	65,088	18	7.89	1.09	7.38	Fa, F, Fr
San Ignacio	55,293	15	8.06	1.81	7.20	R, FrI, RI
Tlahualilo	21,410	6	7.87	0.98	14.24	R, Fr, RI
Noé	16,970	5	8.20	1.20	13.39	F, Fa
Concordia	10,583	3	8.07	1.41	5.23	F, Fr, Fa
Gómez Palacio	9,268	3	8.30	1.60	8.90	Fr, F
Santiago	7,630	2	7.89	1.80	8.02	R, Fr
Marvasco	3,962	1	7.40	2.00	11.67	R, F, Fra
Bermejillo	3,914	1	8.14	1.20	10.00	R, Fa

^a El significado de las abreviaturas de textura se anota en el Cuadro 21.

Las propiedades del suelo mas importantes a considerar al establecer una huerta de nogal son textura, profundidad, compactación, salinidad y sodicidad. Otra propiedad importante es el grado de fertililidad del suelo, aunque éste podrá acondicionarse mediante la suplementación de nutrimentos. Es importante realizar una evaluación del suelo previo a la plantación, por medio de observaciones de campo y análisis de laboratorio, para evitar problemas futuros después de realizar altas inversiones.

Textura.

La textura del suelo se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla en un suelo. Esta propiedad se analiza en laboratorio y considera únicamente partículas del suelo menores de 2 mm. Una huerta de nogal puede establecerse en una amplia variedad

de suelos, desde texturas migajón arenoso hasta migajón arcilloso (3). Sin embargo, los mejores suelos son de textura media y corresponden a la clase textural franco o migajón. Esta clase textural contiene idealmente 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla pero exhibe propiedades de los tres tipos de partículas (3). Los suelos arenosos tienen buena capacidad de infiltración, pero almacenan poca agua disponible para los árboles. Por el contrario, los suelos arcillosos retienen humedad y nutrientes pero tienen poca velocidad de infiltración, lo que provoca estancamiento de agua que es perjudicial para los nogales.

En la Comarca Lagunera predominan los suelos arcillosos; de acuerdo con el estudio agrológico de la región (12), un 60% de los suelos contienen 27% o más de arcilla, mientras que el 40% restante corresponden a texturas medias (migajón arenoso a migajón arcillo arenoso), sin llegar a texturas extremas arenosas (Cuadro 21). Por lo tanto, existen en esta región suelos donde es posible cultivar el nogal pecanero.

Cuadro 21. Clases texturales predominantes en los suelos de la Comarca Lagunera (12)

Clase Textural	Superficie		Arena	Limo	Arcilla
	Ha	%			
Franco arenoso (Fa)	49,346	16	43 – 80	0 – 50	0 – 20
Franco (F)	69,618	22	23 – 52	28 – 50	7 – 27
Franco arcillo arenoso (Fra)	6,970	2	45 – 80	0 – 28	20 – 35
Franco arcillo limoso (Fri)	23,539	8	0 – 20	40 – 73	27 – 40
Franco arcilloso (Fr)	38,745	12	20 – 45	15 – 53	27 – 40
Arcilla arenosa (Ra)	2,143	1	45 – 65	0 – 20	35 – 45
Arcilla limosa (RI)	13,140	4	0 – 20	40 – 60	40 – 60
Arcilla (R)	108,958	35	0 – 45	0 – 40	40 – 100

Profundidad del suelo.

Los suelos para establecer huertas de nogal deben ser profundos (mayor de 2.0 m) para tener un buen anclaje. Además, un suelo profundo representa un mayor volumen de suelo que las raíces pueden explorar para un adecuado abastecimiento de nutrimento (3). Dado su origen aluvial, los suelos de la Región Lagunera tienen una profundidad adecuada para el establecimiento de huertas nogaleras. Una excepción a lo anterior son los suelos cercanos a las formaciones montañosas, donde es recomendable verificar la presencia de capas impermeables o roca madre a una profundidad menor de 2.0 m.

Compactación.

La compactación del suelo es un problema común en huertas nogaleras, principalmente a consecuencia del paso de maquinaria. El control de malezas con pasos de rastra y las aplicaciones de agroquímicos con equipos pesados jalados por tractor, contribuyen a la compactación del suelo. Los suelos húmedos con altos contenidos de arcilla son los más susceptibles a formar capas compactas por el paso de maquinaria. Los principales efectos negativos de la compactación del suelo son:

- 1) disminuye la velocidad de infiltración del agua en el suelo, y
- 2) limita el crecimiento de la raíz de los nogales.

En la Región Lagunera se evaluaron los sistemas de labranza utilizados en 17 huertas nogaleras y su efecto en la compactación del suelo. Casi el 60% de las huertas utilizan sistemas de manejo intensivo, con más de ocho pasos de maquinaria por ciclo, donde los valores de compactación y densidad aparente están cercanos al límite de crecimiento de las raíces (5) (Cuadro 22).

Cuadro 22. Comparación de algunas propiedades físicas del suelo en dos sistemas de labranza en huertas nogaleras de la Comarca Lagunera (5)

Variable	Unidades	Labranza de conservación	Labranza intensiva	Limite para crecimiento de raíces
Compactación (a 30 cm de prof.)	lb/pulg ²	58	120	150
Densidad aparente	g/cm ³	1.43	1.61	1.70
Conductividad hidráulica ^a	cm/hr	2.5	0.74	
Clase textural		Franco	Franco arenoso	

^a Medida en un punto cercano a la regadera

Salinidad y sodicidad.

La acumulación de sales en el suelo es un problema común en áreas de riego con clima árido y semiárido (10). Las causas más frecuentes de la salinización del suelo en estas condiciones son:

- 1) uso de agua de riego de mala calidad, y/o
- 2) suelos de baja infiltración.

Salinidad del agua de riego La salinidad se evalúa mediante análisis de laboratorio, en muestras representativas de agua y suelo, y se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE). A mayor valor de CE mayor es la cantidad de sales solubles. La sodicidad del agua de riego se evalúa como la proporción de sodio (Na⁺) respecto a la suma de calcio (Ca²⁺) + magnesio (Mg²⁺), de acuerdo con la fórmula de relación de adsorción de sodio (RAS):

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

El sodio provoca una separación de las partículas de arcilla en el suelo, por lo que los suelos sódicos tienen una estructura suelta, como de talco, y la velocidad de infiltración se reduce considerablemente. El calcio y magnesio tienen un efecto contrario al sodio, es decir, favorecen la agregación de las partículas de arcilla, lo que se refleja en una mejor estructura y mayor velocidad de infiltración del agua. Los criterios para interpretar resultados de análisis de la calidad del agua de riego se presentan en el Cuadro 23 (2).

Cuadro 23. Criterios para interpretar resultados de análisis de calidad de agua de riego (2).

Problema potencial	Unidades	Restricción de uso		
		Ninguna	Moderada	Severa
SALINIDAD				
Conductividad eléctrica	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Sales totales disueltas	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
TOXICIDAD ESPECIFICA				
Sodio	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Cloro	mg/l	< 142	142 – 354	> 354
Boro	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
SODICIDAD (Baja infiltración)	<u>RAS</u>	----- CE (dS/m) -----		
	< 3	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
	3 – 6	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
	6 – 12	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
	12 – 20	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
	> 20	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9

De acuerdo con una evaluación llevada a cabo en 18 huertas de nogal de la Comarca Lagunera, alrededor del 75% tuvieron agua de riego con 0.7 dS/m de CE o mas, mientras que los valores de RAS fluctuaron de 0.7 a 13.8 (15). Lo anterior significa que se requiere un manejo adecuado del agua de riego y del suelo para prevenir efectos adversos en la huerta. Cuando

el agua de riego excede 1.0 dS/m y se utiliza en suelos de baja infiltración (aquellos de textura arcillosa, arcillo-limosa y migajón arcillo-limosa), es muy probable que después de algunos años se observen daños por salinidad (10). Estas áreas donde la salinidad es limitante para el desarrollo del nogal pecanero deberán evitarse, o bien, llevar a cabo prácticas de manejo que disminuyan las limitaciones al cultivo y eviten la degradación del suelo.

Salinidad del suelo. La clasificación tradicional de suelos en base a salinidad indica que a una CE mayor de 4 dS m⁻¹ en un extracto de saturación, son salinos y suelos con CE menor de 4 dS m⁻¹ se consideran no-salinos (14). En 1973 el Comité de Terminología de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo, propone el valor límite de 2 dS m⁻¹ para considerar a un suelo salino, ya que algunas plantas sensibles pueden verse afectadas a esos niveles de salinidad (Bohn, 1993). La sodicidad del suelo se evalúa en términos del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) con respecto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) total del suelo. Cuando un suelo tiene 15 o más de PSI, se considera como sódico. Sin embargo, algunos suelos y cultivos se ven afectados a valores muy por debajo de 15 de PSI. Al final de este capítulo se presentan cuadros detallados de clasificación de suelos en base a salinidad y sodicidad (13). Cuando el RAS del suelo es mayor de 7 se deben realizar prácticas de mejoramiento; en suelos donde el RAS es superior a 10 no es recomendable plantar huertas de nogal (10). En la Comarca Lagunera, un 28% de huertas evaluadas en 1995-97 tuvieron problemas de salinidad y/o sodicidad, provocados en gran parte por la calidad del agua (16).

Efectos de la salinidad en el nogal pecanero. Estudios realizados en la región de El Paso, Texas, en los Estados Unidos (EUA), indican que el nogal pecanero es sensible a la salinidad, ya que el crecimiento del árbol, expresado como diámetro de tronco, disminuye a una tasa de 12% por cada unidad que se incremente la CE del suelo, a partir de un valor limite de tolerancia (VLT) de 2.5 dS/m (11) (Figura 28). En la Comarca Lagunera se evaluaron los efectos de la salinidad en el rendimiento de nuez; el rendimiento en kg de nuez por árbol disminuyó cuando la salinidad del suelo fue de 3 dS/m de CE o más, o cuando la sodicidad del suelo fue de 3% o mas de PSI (16).

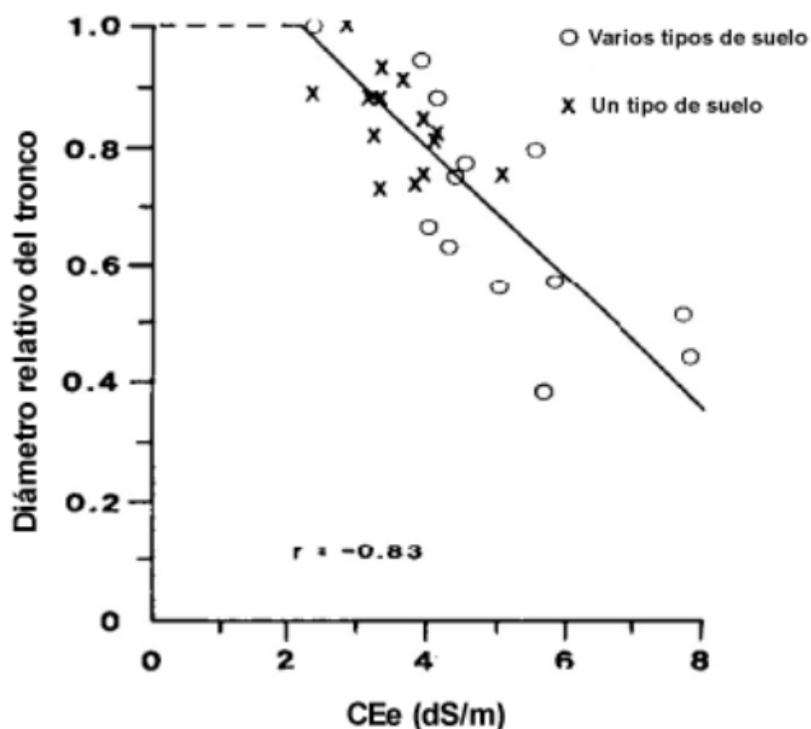


Figura 28. Tolerancia a salinidad en nogal pecanero, expresada como disminución en el diámetro relativo del tronco (11).

MEJORAMIENTO DE SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD Y SODICIDAD

Suelos salinos.

Cuando el problema de salinidad es causado solamente por sales solubles y no se tienen problemas de sodicidad, es necesario considerar el lavado de suelos como una práctica para aumentar la productividad de la huerta. El lavado de suelos puede ser de dos tipos:

- 1) lavado de recuperación para mejorar un suelo que ya tiene una cantidad alta de sales acumuladas en el perfil,
- 2) fracción de lavado, es la que se aplica como un porcentaje extra a la lámina de riego normal, para mantener las sales fuera de la zona de raíces y evitar que se acumulen en la parte superficial del suelo.

Un **lavado de recuperación** consiste en aplicar una lámina grande de agua de buena calidad, la cual disuelve las sales acumuladas en el perfil y las mueve a estratos profundos del suelo. El lavado de suelos es efectivo cuando se cumplen tres condiciones (1):

- ✓ disponer de agua de buena calidad,
- ✓ que el suelo sea permeable, y
- ✓ que exista una salida para el agua de drenaje (drenes abiertos, drenaje parcelario, manto freático o estratos profundos del suelo).

La cantidad de agua para lavar un suelo salino depende de:

- ✓ la salinidad inicial,
- ✓ la tolerancia del cultivo y
- ✓ la profundidad que se desea lavar.

Existen fórmulas que permiten determinar la cantidad de agua necesaria para desalinizar un perfil de suelo a una profundidad y a una concentración de sales previamente definidas. Una de esas formulas es la siguiente (6):

$$L = \frac{k P_s}{C/C_o}$$

- L = Lámina de agua aplicada (cm)
- C= Concentración final de sales en el suelo
- C_o = Concentración inicial de sales en el suelo
- P_s = Profundidad del suelo a ser lavada (cm)
- k = Coeficiente empírico. Varía de acuerdo con la textura del suelo:
 - 0.1: texturas gruesas (arena, franco-arenoso),
 - 0.2: texturas medias (franco, franco-limoso y franco-arcillo-arenoso) y
 - 0.3: texturas finas (arcilloso, franco-arcillo-limoso, arcillo-limoso y franco-arcilloso)

por ejemplo, una huerta establecida en un suelo franco arcilloso, que tenga 4.0 dS/m de CE y se quiera lavar el suelo a 80 cm de profundidad, hasta una CE de 2.0 dS/m, requerirá una lamina de:

$$L = \frac{0.3 \times 80}{2/4} = 48 \text{ cm}$$

El resultado anterior es la lamina requerida después de que el suelo alcanza la saturación y el drenaje efectivo inicia. Como la lámina total es muy grande para los bordos que se manejan normalmente, ésta puede aplicarse de manera intermitente en el lapso de varios días.

La aplicación de una **fracción de lavado** es importante cuando la huerta esta plantada en suelos de baja infiltración y el agua subterránea disponible para regar los nogales es alta en sales solubles. La Figura 29 se utiliza para determinar la fracción de lavado que debe agregarse a cada riego para evitar los efectos negativos de la salinidad en el desarrollo de los arboles de nogal (7). Por ejemplo, si el agua de riego tiene una

CE de 1.5 dS/m, se requiere un fracción de lavado de 0.15; es decir, si el riego normal es de 15 cm de lámina, la fracción de lavado será de:

$$15 \text{ cm} * 0.15 = 2.25 \text{ cm, o } 17 \text{ cm de riego total}$$

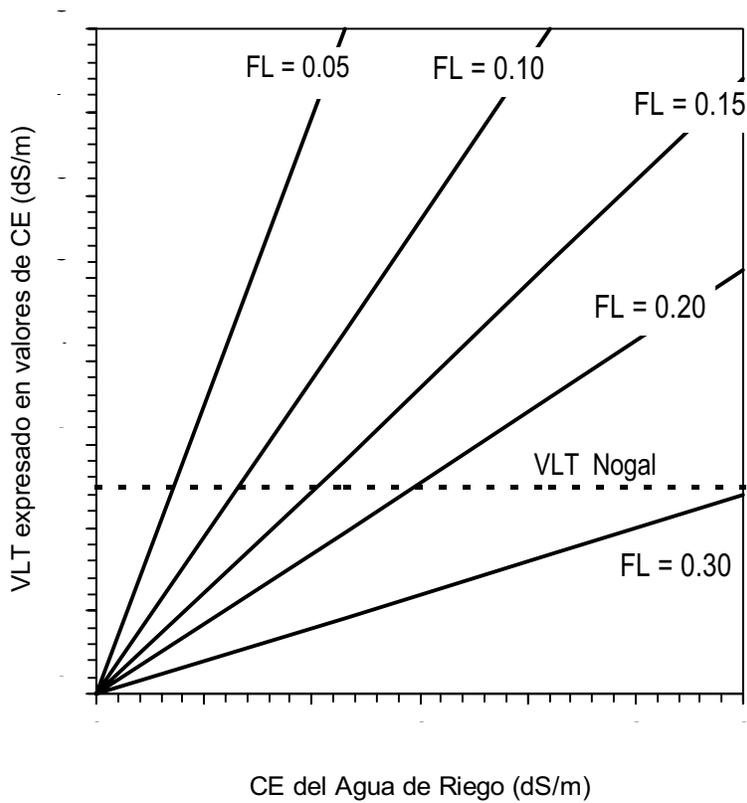


Figura 29. Fracción de lavado en función de la CE del agua de riego y el VLT del nogal (7).

Suelos sódicos

Cuando los análisis de suelo indican que existe un problema de exceso de sodio en el suelo, es necesario:

- 1) desplazar el sodio de los sitios de intercambio catiónico del suelo, mediante la aplicación de un mejorador químico, y
- 2) aplicar una lámina de lavado para desplazar el sodio a estratos profundos del suelo.

Los mejoradores químicos recomendados para suelos alcalinos con altos contenidos de carbonato de calcio, como los de la Comarca Lagunera, son los ácidos, como el ácido sulfúrico, o productos formadores de ácido, como el azufre. También es posible utilizar yeso agrícola para estos fines. La fórmula siguiente se utiliza para calcular la dosis de mejorador químico (DM), de acuerdo con Pizarro (1978):

$$DM = [((PSI_i - PSI_f) \times CIC \times Prof \times Da \times Peq)]/100$$

Donde:

- PSI_i = Porcentaje de sodio intercambiable inicial
- PSI_f = porcentaje de sodio intercambiable final deseado, después del mejoramiento
- CIC = capacidad de intercambio catiónico del suelo (meq/100 g de suelo)
- Prof = profundidad del suelo que se desea mejorar (cm)
- Da = densidad aparente del suelo (g/cm³)
- Peq = peso equivalente químico del mejorador (49 para el ácido sulfúrico, 86 para el yeso agrícola).

Por ejemplo, un suelo tiene un PSI de 15 y se quiere aplicar ácido sulfúrico para bajar el PSI a 6; la CIC del suelo es de 15 meq/100 g de suelo, la Da es de 1.35 g/cm³, y la profundidad que se quiere mejorar es de 30 cm.

$$DM = ((15 - 6) \times 15 \times 30 \times 1.35 \times 49) / 100 = 2679 \text{ kg}$$

Después de aplicar el mejorador químico, se requiere aplicar 6.9 cm de lamina de lavado por cada tonelada de ácido sulfúrico o 4.2 cm por tonelada de yeso, para desplazar el sodio mas allá de la zona radical (Keren y Miyamoto, 1990).

MEJORAMIENTO DE SUELOS AFECTADOS POR COMPACTACIÓN

Las siguientes prácticas de manejo ayudan a disminuir el problema de compactación del suelo:

- Reducción del paso de maquinaria al mínimo indispensable. Cuando se requiera el uso de maquinaria es recomendable que sea lo mas ligera posible.
- El control de malezas con desvaradora o “chapoleadora” ayuda a mejorar la estructura del suelo.
- Incorporación de abonos orgánicos como el estiércol y gallinaza
- Cultivos intercalados e incorporación de abonos verdes
- En suelos donde ya existen capas endurecidas es posible realizar un subsoleo profundo para aumentar la velocidad de infiltración del agua

ANÁLISIS DE SUELO

Porque realizar análisis de suelo?

Los análisis de suelo son útiles para conocer la acumulación de nutrientes disponibles al cultivo, y de esta manera ajustar las dosis de fertilizantes. También es útil para detectar problemas de salinidad y sodicidad que pueden afectar a los árboles. La toma de muestras de suelo es la parte inicial y mas importante del proceso de análisis de suelo. Cuando el muestreo no se hace correctamente, los resultados del análisis pueden producir recomendaciones erróneas. Es importante consultar a un técnico para recibir asesoría de cómo llevar a cabo el muestreo de suelos y como interpretar los resultados.

Material y equipo requerido

- Barrena de cilindro o pala
- Cubeta de plástico (20 l de capacidad)
- Bolsas de papel o plástico trasparente (para 2 kg de suelo)
- Etiquetas o papel para etiquetar las bolsas
- Libreta de notas y bolígrafo.

Procedimiento.

1. Definir unidades de muestreo dentro de la huerta. Una unidad de muestreo es una área uniforme de la huerta de la que se tomará una muestra de suelo. Dividir el predio a muestrear en unidades que sean lo mas uniforme posible, en base a características como:
 - textura del suelo
 - aplicación de estiércol
 - edad de los árboles
 - síntomas visibles en el follaje
 - cualquier otro manejo que haga diferente una parte de la huerta del resto.

La extensión de las unidades de muestreo puede ser desde dos hasta 10 ha o mas en el caso de áreas muy uniformes. Por ejemplo, una huerta de 30 ha puede dividirse en tres unidades de muestreo de 10 ha cada una (Figura 30).

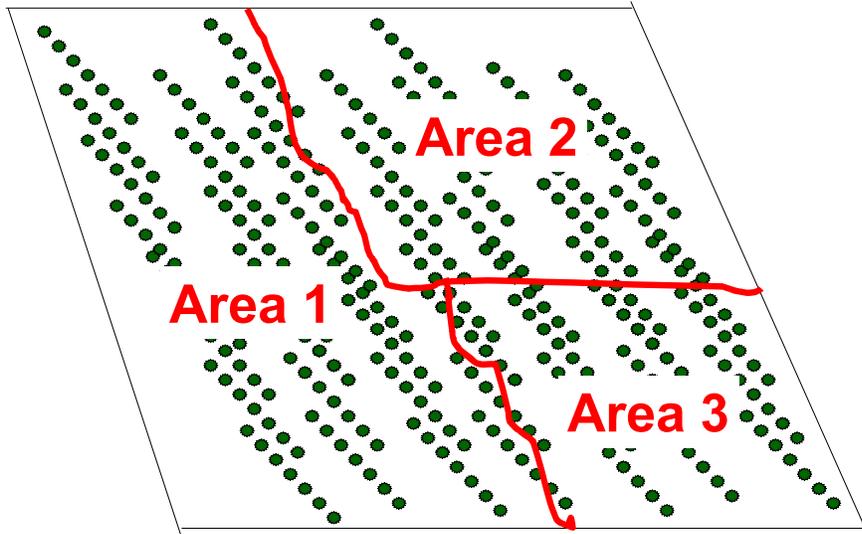


Figura 30. División de una huerta en unidades de muestreo

- Numero de submuestras. Al muestrear una predio es indispensable tomar muestras compuestas. Una muestra compuesta consiste en tomar submuestras o porciones de suelo de diferentes sitios o pozos dentro de la misma unidad de muestreo. El numero de submuestras varia de 10 a 20 de acuerdo a la superficie de la unidad de muestreo:

Superficie de la unidad de muestreo (ha)	No. De submuestras (pozos o sitios de muestreo)
1 – 5	10
6 – 10	15
10 o mas	20

3. Técnica de colecta de submuestras. El procedimiento recomendado para coleccionar las submuestras es recorrer cada unidad de muestreo en forma de zigzag, tomando muestras de puntos al azar. Los sitios de muestreo deben ubicarse dentro del área de goteo de los árboles. Se puede caminar en zigzag por una banda del terreno y regresar por la banda contraria al punto inicial (Figura 31). El volumen de suelo coleccionado en cada punto debe ser similar. Lo anterior es relativamente fácil de lograr con las barrenas de muestreo.

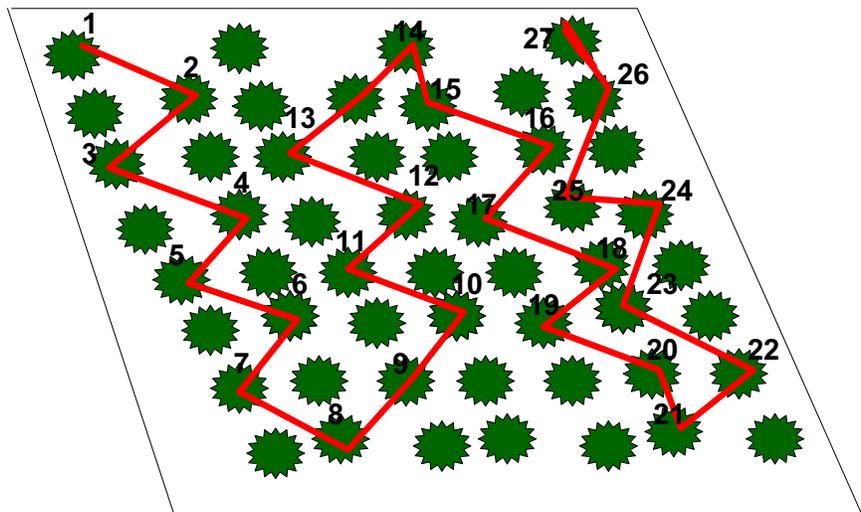


Figura 31. Colecta de muestras de suelo en zigzag.

4. Profundidad de muestreo. En el caso de huertas de nogal pecanero se recomienda tomar muestras a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm.
5. Preparación de la muestra compuesta. Cada submuestra coleccionada se deposita en una cubeta de plástico para cada profundidad. Después de coleccionar todas las submuestras, se revuelve bien todo el suelo dentro de cada cubeta. Finalmente,

se toma aproximadamente 2.0 kg de suelo de cada profundidad y se pone en bolsa de plástico doble, o de papel resistente, con la etiqueta entre una bolsa y otra.

6. Etiquetado de la muestra. Cada muestra compuesta debe llevar una etiqueta con la siguiente información:
 - Nombre del productor
 - Nombre y ubicación del predio
 - Identificación de la muestra de acuerdo al productor (nombre del predio y un número consecutivo de muestra)

ANEXO

Interpretación de los análisis de suelo.

A continuación se presentan guías para la interpretación de resultados de algunas variables incluidas en los análisis de suelos. El propósito es que sirvan como una orientación general cuando se utilizan los análisis de suelo como una herramienta para el manejo de la huerta. Es importante consultar a un técnico para diagnosticar problemas y generar recomendaciones de manejo basadas en los resultados de análisis de laboratorio.

POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

Clasificación	Intervalo
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, CE (dS/m)

Clasificación	Intervalo
No salinos	< 2
ligeramente salinos	2 - 4
Medianamente salinos	4 - 8
Fuertemente salinos	8 - 16
Extremadamente salinos	> 16

Fuente: Pizarro, 1978.

PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE, PSI (%)

Clasificación	Intervalo
No sódicos	< 7
Ligeramente sódicos	7 – 15
Medianamente sódicos	15 – 20
Fuertemente sódicos	20 – 30
Extremadamente sódicos	> 30

Fuente: Pizarro, 1978.

CARBONATOS TOTALES (%)

Clasificación	Intervalo
Pobre	< 1
Medio	1 – 2
Bueno	2 – 3
Moderadamente alto	4 – 10
Alto	10 – 20
Muy alto	> 20

MATERIA ORGÁNICA (%)

Clasificación	Intervalo
Muy bajo	< 0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

NITRÓGENO TOTAL (%)

Clasificación	Intervalo
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 - 0.25
Muy alto	> 0.25

NITRÓGENO INORGÁNICO -Amonio + nitrato- (mg Kg⁻¹)

Clasificación	Intervalo
Muy bajo	0 – 10
Bajo	10 – 20
Medio	20 – 40
Alto	40 – 60
Muy alto	> 60

NITRATO (ppm)

Clasificación	Intervalo
Muy bajo	< 11.7
Bajo	11.8 – 23.6
Medio	23.7 – 32.6
Alto	32.7 – 44.5
Muy alto	> 44.6

FÓSFORO OLSEN (ppm)

Clasificación	Intervalo
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 - 11
Alto	> 11

POTASIO TOTAL (ppm)

Clasificación	Intervalo
Extremadamente pobre	< 18
Pobre	18 – 36
Medio	36 – 54
Medianamente rico	54 – 72
Rico	72 – 108
Extremadamente rico	> 108

ELEMENTOS MENORES (ppm)

Nutrimento	Intervalo óptimo
Fierro	50 – 150
Cobre	10 – 30
Zinc	60 – 300
Boro	100 – 300
Manganeso	80 – 300
Cloro	1000 – 2000

LITERATURA CITADA

1. Aceves N., E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, control, combate y adaptación). Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
2. Ayers, R. S. y D. W. Westcot. 1989. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper No. 29. Rev. 1. FAO, Rome.
3. Brison, F.R. 1974. Pecan culture. Texas A&M University. College Station, TX.
4. Bohn, H. L., B. L. McNeal and G. A. O'Connor. 1993. Química del suelo. Ed. Limusa, 1ª ed. en español. México, D. F.
5. González C.,G. 1996. Los sistemas de labranza y la distribución de humedad en huertas de nogal pecanero. Informe de investigación 1995-1996. INIFAP-CENID-RASPA.
6. Hoffman, G. J. 1980. Guidelines for the reclamation of salt affected soils. G. A. O'Connor (ed.). 2nd. Inter-American Conference on salinity and water management technology. Cd. Juárez, Chih., Méx. 11-12 Dec. 1980. pp. 49-64.
7. Hoffman, G. J. 1990. Leaching fraction and root zone salinity control. In: Tanji, K. K. (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE manuals and reports on engineering practice No. 71.
8. Keren, R. and S. Miyamoto. 1990. Reclamation of saline, sodic, and boron affected soils. In: Tanji, K. K. (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE manuals and reports on engineering practice No. 71.
9. Miller, R.W. y R.L. Donahue. 1995. Soils in our environment. 7th Edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
10. Miyamoto, S. 1997. Salinity management. In: McEachern, G.R. y L.A. Stein. (Eds.). Texas Pecan Handbook. TAEX Hort Handbook 105. Texas A&M University. College Station, TX.

11. Miyamoto, S., T. Riley, G. Gobran and J. Petticrew. 1986. Effects of saline water irrigation on soil salinity, pecan tree growth and nut production. *Irrigation Science*. 7:83-95.
12. Ojeda, O.D. 1951. Estudio agrológico detallado del Distrito de Riego No. 17 en la Región Lagunera. SARH. Lerdo, Dgo.
13. Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid.
14. Richards, L.A. (Ed.) 1962. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México, D.F.
15. Rivera, G.M., J.L. González B. y J.O. Job. 1997. Diagnostico de los problemas de salinidad y sodicidad en huertas de nogal de la Región Lagunera. Informe de Investigación. INIFAP-CENID-RASPA.
16. Santamaria C. J., M.C. Medina M., M. Rivera G. Y R. Faz C.. 2002. Algunos factores de suelo, agua y planta que afectan la producción y alternancia del nogal pecanero. *Rev. Fititec. Mex.* Vol. 25(2): pag 119-125.

FERTILIZACION DEL NOGAL

J. Francisco CHÁVEZ GONZÁLEZ
Ma. del Consuelo MEDINA MORALES
Uriel FIGUEROA VIRAMONTES

Nutrientes requeridos por el nogal

El nogal necesita de nutrientes que obtiene del suelo, agua y atmósfera de manera natural, otros se complementan por medio de aplicaciones de fertilizantes vía foliar, al suelo o en el agua de riego. Estos nutrientes son indispensables para el desarrollo del nogal y se clasifican en función de la cantidad en que son requeridos. Así se tienen los macronutrientes que son los elementos que las plantas consumen en mayor cantidad y los micronutrientes que son los que utiliza en cantidades pequeñas pero no por ello son menos importantes. Los macronutrientes son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Los micronutrientes son: zinc, manganeso, hierro, boro, cobre, cloro y molibdeno (13).

La manera más efectiva de determinar los nutrientes que es necesario abastecer es mediante un diagnóstico con base en un análisis de tejido foliar (análisis de hojas) y considerando de manera complementaria antecedentes de manejo de la huerta, observaciones visuales para detectar anomalías en el follaje y el rendimiento y calidad de nuez obtenida en los años previos. A continuación se muestran ciertas guías para elaborar un análisis foliar.

ANÁLISIS FOLIAR

El análisis de hojas utilizado en forma continua y correcta es un buen indicador del estado nutrimental del cultivo. El análisis foliar se basa en que cada nutriente tiene un rango de concentración dentro del cual el cultivo obtiene su óptimo desarrollo y son los rangos óptimos o intervalos de suficiencia (13,28).

Como Tomar Muestras de Hojas

La selección de árboles para muestrear debe hacerse por separado en cada variedad. Visualmente se delimitan dentro de la huerta árboles que tengan características similares de crecimiento, tanto en su desarrollo general como en el follaje. Una vez que se establecen y delimitan árboles con diferencias, se agrupan aquellos con características similares, para muestrear en forma separada. Para cada grupo de árboles con características de deficiencia o exceso similares, se hace el muestreo tomando un número no menor de 10 árboles.

El nogal tiene hojas compuestas, formadas por varias hojas o folíolos que van integradas en forma de ramita. Para integrar la muestra se toma el par de folíolos central de la hoja que se encuentra en la parte media de brotes del año (Figura 32). Los folíolos se colectan de hojas distribuidas alrededor del árbol hasta tener cuando menos 80 folíolos por muestra, ó sea, por grupo de árboles con características similares que serán analizados.

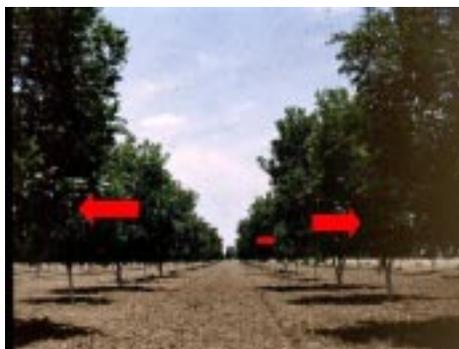


Figura 32. Ubicación de folíolos dentro de la hoja compuesta y dentro de la copa del árbol que es necesario coleccionar para análisis

En la Región Lagunera, el muestreo de folíolos en el nogal debe hacerse del 15 de Junio al 30 de Julio (8). Los folíolos coleccionados se limpian con un trapo húmedo y se colocan en la bolsa de papel procurando llevarlas al laboratorio el mismo día. Si no se pueden llevar al laboratorio de inmediato, se ponen a secar, dejando la bolsa que contiene los folíolos abierta pero sin exponerse al sol.

Es muy importante identificar la bolsa con cada muestra, anotándole información con el nombre del productor, nombre y localización de la huerta, fecha de muestreo, variedad y apariencia de los árboles muestreados, indicando si eran normales o anormales y en qué aspecto. De ser posible se anotan también otras indicaciones, sobre todo las relacionadas con tratamientos de fertilización realizada antes de la fecha del muestreo.

Concentraciones de Nutrimentos en Nogal Pecanero

Se encuentran reportadas concentraciones de nutrimentos en el follaje obtenidos en varias zonas productoras (12,32). Estas sirven como referencia para la interpretación de datos de

análisis foliar. Además, dentro de una interpretación debe tomarse en cuenta información tal como 1) presencia de anomalías en forma o color en el follaje, 2) antecedentes de rendimiento y calidad de nuez en los últimos años, 3) antecedentes de manejo de la huerta especialmente lo relacionado a aplicación de fertilizantes y estiércol y 4) características del suelo en la huerta. Las zonas productoras del estado de Georgia se encuentran bajo precipitaciones altas a través de los años, por ello en éstas se encuentran suelos ácidos (12,15). Los suelos de regiones productoras del estado de Texas muestran grandes similitudes con los de la región norte de México, son alcalinos con cantidades importantes de carbonato de calcio. Ambas referencias se presentan (Cuadro 24).

Cuadro 24. Rangos de suficiencia de nutrimentos para el nogal pecanero.

Nutrimento	Unidades de concentración	Área productora	
		Georgia, EUA. ¹	Texas, EUA. ²
Nitrógeno	(% m.s.)	2.70-3.50	2.00-3.00
Fósforo	(% m.s.)	0.14-0.30	0.12-0.30
Potasio	(% m.s.)	1.25-2.50	0.75-1.50
Calcio	(% m.s.)	1.00-1.70	0.70-3.50
Magnesio	(% m.s.)	0.30-0.60	0.18-0.60
Azufre	(% m.s.)	< 0.20	0.19
Fierro	mg/kg ó ppm	50-300	58-300
Cobre	mg/kg ó ppm	6-30	10-30
Zinc	mg/kg ó ppm	50-100	50-300
Manganeso	mg/kg ó ppm	200-500	100-1000
Boro	mg/kg ó ppm	15-50	20-285

¹ Jones et al., 1991 (12)

² Stockton, 1985 (32)

Diagnósticos nutrimentales realizados en zonas productoras del norte de México

En zonas productoras del norte de México, se han llevado a cabo muestreos foliares en huertas para detectar necesidades de abastecimiento de fertilizantes. En 1994, la problemática detectada muestra similitudes con la de la Región Lagunera. En la región Norte de Coahuila, se reportan deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre y boro (27). En la región sur del estado de Chihuahua, las deficiencias reportadas son de nitrógeno, potasio, magnesio, manganeso, zinc y cobre. En regiones del estado de Sonora se reportan problemas con deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc y cobre (29) (Cuadro 25).

Cuadro 25. Nutrimientos deficientes en diferentes regiones nogaleras

Nutrimiento deficiente	Porcentaje de huertas con deficiencias		
	Norte de Coahuila (1)	Sur de Chihuahua (1)	Sonora(2)
Nitrógeno	87	50	10
Fósforo	0	0	16
Potasio	50	89	22
Calcio	0	0	-----
Magnesio	62	83	8
Fierro	0	0	0
Manganeso	100	17	1
Zinc	75	78	59
Cobre	100	56	100
Boro	75	0	-----

¹ Medina y Medina, 1994 (27)

² Nuñez et al., 1991 (29)

Diagnósticos nutrimentales realizados en la Región Lagunera

Durante los últimos veinte años, se han realizado varios muestreos de follaje y suelo en huertas regionales con el propósito de monitorear el estado nutrimental de los árboles y pronosticar la presencia de deficiencias de nutrimentos antes de que estas lleguen a ser limitantes para el cultivo. En varios de estos trabajos de muestreo regional se ha detectado deficiencias y excesos de nitrógeno (23,24,25,26).

De manera similar se han detectado deficiencias de zinc en huertas de la región. Por otro lado, estudios regionales realizados en 1987 en 38 huertas y de 1995 a 1997 en 17 huertas de la región fueron analizados por medio de técnicas como Intervalos de Suficiencia y el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) (24,25,26). La información obtenida indica que además de nitrógeno, existen deficiencias de otros nutrimentos mayores como el fósforo y potasio. Asimismo, estas técnicas indican que además del zinc hay deficiencias de otros micronutrientes como el manganeso, boro, cobre y hierro. El beneficio de la aplicación de estos nutrimentos se encuentra en proceso de evaluación. Lo anterior, no excluye la posibilidad de que huertas con características muy particulares pudieran ser beneficiadas con aplicaciones de esos nutrimentos.

Los suelos de la Región Lagunera, tal como se describe en detalle en el capítulo respectivo, muestran características alcalinas (pH mayor de 7), con altos contenidos de carbonatos de calcio y pobres a muy pobres en materia orgánica. Estas propiedades del suelo conducen a que el cultivo en la región requiera aplicaciones anuales de nitrógeno y zinc. El suplemento anual de estos dos nutrimentos es indispensable para un buen desarrollo, producción y calidad de nuez.

FERTILIZACION CON NITROGENO

La función del nitrógeno dentro de la planta es importante por ser parte de las proteínas, además de intervenir en la formación de clorofila (20,33). Debido a las funciones del nitrógeno la falta de éste ocasiona clorosis en las hojas (hoja color verde pálido-amarillo). En casos extremos de deficiencia de nitrógeno, el árbol puede llegar a tirar las hojas (33). Los síntomas de clorosis pueden ser visibles a principios de la primavera, al inicio del desarrollo del brote, lo cual indica que la falta de nitrógeno existe desde el año anterior (13,31,35,36).

No obstante que el nitrógeno es el nutrimento que se aplica en todo programa de fertilización anual, existen frecuentemente deficiencias en su abastecimiento. De acuerdo a estudios realizados en la Región Lagunera, se ha encontrado que el 34% de las huertas muestreadas se tuvieron niveles de deficiencia de nitrógeno en el follaje. Por otro lado, en el 13% de los casos se encontraron niveles superiores al rango de suficiencia, lo que indica que se debe poner más atención a la fertilización con nitrógeno (23). En el caso de huertas en desarrollo, el desorden nutricional más común es el causado por exceso de nitrógeno. Además, existen variedades que son más sensibles que otras al exceso de nitrógeno por su hábito de crecimiento muy erecto como la variedad Wichita. Cuando hay un exceso de nitrógeno se observa un aumento del período de crecimiento hasta el otoño, maduración incompleta de la madera, entrenudos largos y por lo tanto brotes demasiado largos (31).

Existen indicadores para precisar los requerimientos de nitrógeno de un árbol. El más preciso es el análisis de las hojas o análisis foliar para conocer el contenido real del nutrimento, pero la longitud de brotes así como la coloración de hojas dentro de la copa del árbol y la frecuencia de árboles con síntomas en la huerta, permiten establecer un diagnóstico acertado (36).

Dosis y Epoca de Aplicación

El tamaño o edad de los árboles influye en la cantidad de fertilizante que se debe aplicar, así como el nitrógeno disponible en el suelo y nivel de producción esperada. Es por ello que las necesidades de cada huerta son diferentes. Sin embargo, a continuación se sugiere un programa de aplicaciones de nitrógeno para lograr una concentración en las hojas entre 2.5 y 3.5%. En dicho programa se consideraron resultados de investigación (10,11,17), características generales de suelos y el manejo del cultivo en las huertas de la región (Cuadro 26).

Cuadro 26. Aplicaciones de nitrógeno en nogal pecanero.

Edad Árboles	Dosis Nitrógeno Durante ciclo anual (kg)	Equivalen a: Sulfato de Amonio (kg)	Equivalen a: Urea (kg)
1 ^{er} Año (Establecimiento)	0 - 0.100/Arbol	0.500	0.220
2 ^o -7 ^o Año	0.200 - 0.700	1.000-3.500	0.440-1.520
Producción	100 / ha / ton est. prod. ¹	500	220

¹ ton est. prod. = Tonelada estimada de producción a obtener al final del ciclo.

Primer año.

No es recomendable fertilizar el primer año debido a que es preferible el establecimiento de raíces, solo en el caso de suelos de baja fertilidad y textura ligera (arenoso), se sugiere la aplicación de 0.1 kg de N/ árbol, colocado a una distancia de 20-25 cm del tronco (30).

Segundo al séptimo año.

Si el suelo es de textura pesada (arcilloso) se sugiere aplicar 0.2 kg de N/árbol para arboles en su segundo año, esta dosis podrá incrementarse año con año hasta 0.7 kg/árbol en su séptimo año. Con esto se busca tener un buen desarrollo de los árboles durante su establecimiento para poder formarlo correctamente (14,18,19).

Árboles en producción.

Para el caso de árboles en producción, se ha observado en varias zonas productoras de nogal que para mantener un adecuado abastecimiento de nitrógeno a través de los años, es necesario el restituir el nitrógeno que se extrae en la cosecha, así como las pérdidas de nitrógeno en el suelo, además de proporcionar el nitrógeno necesario para formar las estructuras permanentes del árbol (tronco, ramas y brotes) y las hojas (22). Para lograr lo anterior, se sugiere la aplicación de 100 kg de N/ha/ton de producción, es decir, 100 kg de nitrógeno por cada tonelada de nuez que se espera cosechar. Para ello, se recomienda el considerar los antecedentes de producción en años previos. En esta dosis se considera que en aplicaciones de nitrógeno en riego por gravedad se tienen pérdidas del nutrimento de alrededor de 45 %. Aplicaciones de nitrógeno en sistemas de riego presurizado tienen eficiencias mayores lo cual corresponde a una cantidad menor de nitrógeno a aplicar. De ésta cantidad aplicada, se reporta que 19% pasa a formar parte de la estructura del árbol (estructura aérea y raíces), 35% se encontrara en el suelo y 45% se pierde por lixiviación o lavado y en forma de gas hacia la atmósfera (10,11,17).

Fertilizantes nitrogenados a usar

Se sugiere que el nitrógeno sea aplicado preferentemente como sulfato de amonio; la aplicación de este producto tendrá un efecto benéfico al neutralizar aunque parcial y temporalmente, la alcalinidad de los suelos regionales. Sin embargo, cualquier forma sólida o líquida puede ser aplicada.

Epoca y forma de aplicación

El dividir la dosis anual en aplicaciones antes de cada riego o en el riego con fertilizantes líquidos mejora la eficiencia del nitrógeno. Se recomienda realizar tres o más aplicaciones durante el periodo comprendido entre finales de marzo y fines

de junio. Aplicaciones posteriores pudieran inducir efectos negativos en la maduración de brotes (22). La forma de colocar el fertilizante debe ser localizada en la zona de raíces. Se recomienda una profundidad de al menos 10 cm en una banda ancha en el último tercio de proyección de la copa del árbol en el suelo. Aplicaciones deficientes de nitrógeno disminuyen la longitud de crecimiento de los brotes. Asimismo, aplicaciones excesivas producen brotes demasiado largos. El crecimiento de brotes es uno de los indicadores que debe considerarse para determinar si el suplemento de nitrógeno ha sido adecuado en los años previos (36).

APLICACIONES FOLIARES DE ZINC.

En suelos de origen calcáreo, como los de la Región Lagunera, el zinc es de difícil asimilación para la mayoría de los cultivos, entre ellos el nogal, por lo que se presentan deficiencias que es necesario corregir mediante aspersiones foliares de este nutrimento.

Estudios realizados en la región reportan que en 1980, el 66% de las huertas muestreadas y que estaban en desarrollo prestaron deficiencias de Zinc y en el 27% de las huertas en producción. Posteriormente, en 1982, se encontró que el 77% de las nogaleras presentaron síntomas de deficiencia de este nutrimento (30).

Los síntomas típicos de una deficiencia de zinc son:

Deficiencia moderada: Hojas pequeñas con bordes ondulados. Las hojas y folíolos jóvenes son afectados primero que los viejos y presentan una coloración irregular (30,31) (Figura 33).



Figura 33. Deficiencia moderada de zinc.

Deficiencia severa: Rosetado de las hojas y muerte regresiva de los brotes apicales (30,31) (Figura 34).

Una deficiencia de zinc se presenta cuando en el ciclo anterior existieron síntomas típicos y el análisis foliar indica menos de 60 ppm (30).

Existen varios factores que se deben de tomar en cuenta para corregir las deficiencias de zinc en nogal pecanero, los cuales se describen a continuación (5):

- 1).- Inicio de las aplicaciones. Las aplicaciones de zinc se deben de realizar poco después que ha empezado la brotación (brote de 5 cm aproximadamente). Esta práctica es muy importante para obtener un

incremento de la concentración de zinc en el follaje. Un retraso de una semana en la primera aplicación reduce la posibilidad de elevar la concentración de zinc en el árbol rápidamente.



Figura 34. Deficiencia severa de zinc.

- 2).- Número de aplicaciones. Al incrementar el número de aplicaciones de zinc en 1 a 3 y 5, también se incrementa la concentración máxima en el follaje, así como la duración de dicha concentración en el período de crecimiento del brote vegetativo.
- 3).- Dosis de NZN. Al incrementar la dosis de NZN/1000 litros de agua de 4 a 8 y 12 litros tiene una influencia directa de la concentración máxima de zinc alcanzada y su duración a través del período de requerimiento. En el caso de usar 12 litros de NZN/1000 de agua se

corre el riesgo de presencia de quemaduras del tejido.

- 4).- La eficiencia de aplicación es incrementada cuando se hace al inicio y final del día en días soleados y se evita el viento fuerte.

Dosis y Número de Aplicaciones

Resultados de Investigación en la Región Lagunera (6) muestran que, iniciando oportunamente las aplicaciones con una dosis de 4.5 litros de NZN/1000 litros de agua y solo dos aplicaciones fue posible mantener la concentración de zinc en el follaje arriba de 60 ppm, durante el período de requerimiento de la variedad Western (Cuadro 27). En el Cv. Wichita se requirió realizar al menos tres aplicaciones oportunas con una dosis de 6.0 litros de NZN/1000 litros de agua para mantener la concentración de zinc en el follaje arriba de 60 ppm, durante el período de crecimiento del brote vegetativo (6). La producción y calidad de nuez no fue afectada con los diferentes programas de aplicaciones de zinc.

Con base en estos resultados se sugiere el siguiente programa de aplicaciones de zinc para árboles en producción. Las fechas de aplicación pueden variar con la fecha de brotación (6) (Cuadro 28).

El utilizar dosis de NZN superiores a las indicadas incrementa de manera directa el contenido de zinc en el follaje, sin que tenga un efecto positivo en la producción de nuez. Solo es adecuado utilizar dosis de hasta 8 litros de NZN/1000 litros de agua para propósitos correctivos en huertas con deficiencia severa de zinc. Lo más conveniente es diagnosticar necesidades de cada huerta por medio del uso del análisis foliar adecuado para programar el número de aplicaciones y la dosis de NZN a usar en cada caso.

Cuadro 27. Numero de aplicaciones y concentración de zinc en el follaje en el mes de julio. CELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993.

Cultivar	N° de Aplicaciones	Concentración de zinc (ppm)		
		1988	1989	1990
Western	0	49	68	32
	1	65	77	34
	2	93	139	65
	3	94	166	70
	5	151	131	82
Wichita	3	99	109	85
	5	156	137	116

Cuadro 28. Programa de aplicación de zinc en árboles en producción. CELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993.

Cultivar	Fecha de Brotación	Numero y fecha de aplicaciones		
		1ª	2ª	3ª
WESTERN (1)	27 de marzo	4 - 8 abril*	25 - 29 abril	
	Intervalo (días)	8 - 12	21	
WICHITA (2)	27 de marzo	4 - 8 abril	11 - 15 abril	26 - 30 abril
	Intervalo (días)	8 - 12	7	15

(1) 4.5 litros NZN/1000 litros Agua.

(2) 6.0 litros NZN/1000 litros Agua.

* Brote de 5 cm aproximadamente.

APLICACION DE FÓSFORO

La aplicación de fósforo se realiza en el 43% de las huertas de la Región Lagunera (25). Sin embargo, se detectó por medio del análisis foliar que la aplicación de este nutrimento no fue necesaria en algunos casos donde se aplicó. El Fósforo solo debe aplicarse cuando el análisis indique cantidades menores de 0.1% en las hojas. La cantidad de fertilizante sugerida en este caso es de 100 kg de superfosfato triple (0-46-0) o la fórmula (18-46-0) por hectárea. La aplicación se debe hacer al suelo a la primera semana de marzo antes del inicio de brotación. Las aplicaciones de fósforo no necesarias inducen un incremento en la deficiencia de zinc, ya que el fósforo bloquea la absorción de zinc (30,31).

APLICACION DE POTASIO

Otro nutrimento esencial en la producción de nuez es el potasio, el cual normalmente se encuentra en niveles de suficiencia en La Laguna. Este nutrimento sólo se aplica en el 10% de huertas en la región (25). Sin embargo, a través del análisis foliar se puede determinar si su concentración es adecuada o se necesita aplicar. Los valores de potasio requeridos en las hojas son de 1.0 a 2.0%.

APLICACIONES DE MANGANESO Y COBRE

En el Norte de Coahuila, se han generado recomendaciones para corregir deficiencias de manganeso y cobre. La naturaleza de los suelos de esa región, induce la presencia de estas deficiencias de manera frecuente. Para el caso de árboles en desarrollo, una aspersión foliar con una solución de 2000 ppm de manganeso es suficiente. En árboles en producción, una aplicación con una solución de 4000 ppm o bien dos aspersiones de 2000 ppm, corrigieron la deficiencia. En ambos casos se sugiere realizar las aplicaciones durante

abril y mayo. Para corregir la deficiencia de cobre en árboles en producción se requieren dos aspersiones de 50 ppm cada una en abril y mayo (27).

APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL

El estiércol bovino y la gallinaza son residuos orgánicos que requieren de un manejo adecuado para prevenir efectos adversos al ambiente. Las aplicaciones excesivas de estiércol ocasionan exceso de nitratos, los cuales pueden lixiviarse y contaminar el acuífero (7). Tradicionalmente el estiércol se ha aplicado con el objetivo de mejorar las propiedades físicas del suelo. Sin embargo, en la actualidad es importante tomar en cuenta el contenido de nitrógeno y estimar las dosis de estiércol en base al requerimiento del cultivo, para evitar riesgos de contaminación del acuífero (4,28).

El estiércol puede mejorar el desarrollo de los árboles a través de dos efectos: 1) de manera directa como fuente de nutrimentos disponibles y 2) de manera indirecta a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Algunos de los efectos del estiércol en las propiedades físicas del suelo son (4):

- a) Aumenta la permeabilidad del suelo al agua en suelos arcillosos;
- b) Aumenta la capacidad de retención de humedad en suelos arenosos;
- c) Reduce la densidad aparente del suelo;
- d) Aumenta la porosidad;
- e) Actúa como cementante de partículas de suelo, lo que favorece la estructura del suelo, es decir la formación de agregados de suelo estables durante periodos de humedecimiento y secado.

Nutrientes disponibles en el estiércol

El contenido de nutrientes en el estiércol y la gallinaza es muy variable y depende de la composición de las dietas y del manejo de los residuos en las unidades de producción. En el caso del nitrógeno, el mayor contenido se observa en estiércoles frescos y conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, el nitrógeno se va perdiendo durante la descomposición de los residuos. Caso contrario ocurre con los micronutrientes, los cuales se concentran conforme los estiércoles pierden humedad. En los Cuadros 29 y 30 se anotan la concentración de nutrientes en ambos residuos (2).

Cuadro 29. Análisis químico en 25 diferentes muestras de estiércol de bovino lechero en la Región Lagunera*

Componente	Rango (%)	Promedio	
		(%)	Kg/Ton
Nitrógeno	0.9 - 2.44	1.42	14.2
Fósforo (P)	0.41 - 0.82	0.51	5.1
Potasio (K)	1.79 - 4.78	3.41	34.1
Calcio	2.34 - 5.65	3.68	36.8
Magnesio	0.45 - 1.04	0.71	7.1
Sodio	0.25 - 0.75	0.51	5.1
Sales solubles	3.2 - 9.1	5.0	50.0
Relación C/N	13.0 - 19.0	15.0	--
Humedad **	5.0 - 55.0	35.0	--
Ceniza	38.8 - 72.4	48.6	--

* Base peso seco

** Base peso húmedo

Fuente : Castellanso R., J. Z. 1982.

Cuadro 30. Análisis químico de 12 muestras de gallinaza y cama de pollo. Región Lagunera *

Componente	Rango (%)	Promedio	
		(%)	Kg/Ton
Nitrógeno	2.60-4.65	3.47	34.7
Fósforo (P)	1.20-3.22	2.36	23.6
Potasio (K)	1.31-3.68	2.09	20.9
Calcio	2.70-8.81	6.12	61.2
Magnesio	0.50-1.03	0.83	8.3
Sodio	0.30-0.79	0.56	5.6
Sales solubles	4.2-8.3	5.60	56.0
Relación C/N	8.0-14.0	11.2	--
Ceniza	15.0-42.4	30.0	--

* Base peso seco

Fuente : Castellanso R., J. Z. 1982.

No todos los nutrimentos están disponibles al cultivo en forma inmediata, sino que se van liberando durante la descomposición o mineralización de la materia orgánica.

Dosis de aplicación

Cuando se incorpora estiércol al suelo es importante considerar la aportación de nitrógeno para no sobrefertilizar con este nutrimento. El análisis químico del estiércol se requiere para estimar la aportación de nitrógeno. La mayor parte del nitrógeno en el estiércol esta en forma orgánica, la cual no es asimilable por los cultivos. El nitrógeno disponible en el estiércol es la fracción del nitrógeno orgánico que pasa a formas de nitrógeno inorgánico (amonio y nitrato), mediante la descomposición o mineralización de la materia orgánica del estiércol. La tasa de mineralización de nitrógeno del estiércol depende de la concentración de nitrógeno total inicial, y éste a su vez depende de que tan "viejo" sea el estiércol antes de incorporarlo al suelo (2).

De acuerdo al cuadro anterior, la concentración promedio de nitrógeno en estiércol bovino es de 1.42, lo que equivale a una aportación total de 14.2 kg de N por ton de estiércol que se incorpora al suelo. Sin embargo, de esa aportación total solo un 25% pasa a formas inorgánicas (amonio y nitrato) disponibles al cultivo durante el ciclo. Este valor de 25% representa la tasa de mineralización de N en el estiércol y es la proporción del N total que se utiliza para estimar dosis de aplicación (3).

Es posible calcular dosis de estiércol para sustituir la aplicación de fertilizantes inorgánicos, en base al siguiente modelo (28):

$$D_e = \frac{N_{req} - N_{res}}{N_{disp} \times (E_{MS}/100)}$$

Donde:

D_e es la dosis de aplicación de estiércol (ton/ha en peso fresco);

N_{req} es el requerimiento de N por el cultivo (Kg/ha);

N_{res} es el N residual en el suelo (kg/ha);

N_{disp} es el N disponible al cultivo presente en el estiércol (kg/ton) y

E_{MS} es el porcentaje de materia seca del estiércol.

El requerimiento de nitrógeno del nogal pecanero es de 100 kg de nitrógeno por ton de nuez que se espera cosechar (10,11,17). El rendimiento esperado puede estimarse en base al conocimiento de la huerta por el productor, al historial de rendimiento de los últimos años y al ciclo de alternancia de la huerta. El nitrógeno residual se estima en kg N/ha a partir del análisis de nitratos (mg/kg o ppm) en muestras compuestas de suelo tomadas a 0-30 cm de profundidad. Para calcular el nitrógeno disponible en Kg/ha, una aproximación es multiplicar

el valor de nitratos en el suelo (en mg/kg de suelo), por un factor de 4.0. El resultado representa el nitrógeno residual, asumiendo una densidad aparente de 1.35 g/cm³ y una profundidad de 30 cm.

Por ejemplo: se quiere aplicar estiércol bovino en una huerta donde el rendimiento esperado es de 2 ton/ha de nuez; los análisis de suelo indican una concentración de nitratos de 10 ppm (mg/kg). El estiércol disponible tiene una concentración total de nitrógeno de 1.2% (12 kg N/ton) y 65% de MS. Con los datos anteriores se calcula el requerimiento de nitrógeno del cultivo en (2 ton nuez/ha x 100 kg N/ton nuez) = 200 kg N/ha. El nitrógeno residual del suelo, en base al contenido de nitratos, es de 40 kg N/ha. El nitrógeno disponible en el estiércol durante el primer año es de (12 kg N/ton x 0.25) = 3.0 kg N/ton de estiércol. Aplicando la fórmula anterior, la dosis calculada es:

$$D_e = \frac{200 - 40}{3 \times (65/100)} = 82 \text{ ton/ha (peso fresco)}$$

También es posible sustituir parcialmente las aplicaciones de nitrógeno. Por ejemplo, si solo se aplican 50 ton/ha de estiércol (32.5 ton/ha MS), se están incorporando (32.5 ton/ha x 3.0 kg N/ton) = 97 kg N/ha; sumando ésta cantidad al nitrógeno residual del suelo (97 + 40) obtenemos 137 kg N/ha que esta disponible al cultivo, por lo que solo basta aplicar la diferencia en forma de fertilizante, para completar el requerimiento de nitrógeno del cultivo:

$$200 \text{ kg/ha} - 137 \text{ kg/ha} = 63 \text{ kg N/ha}$$

Generalmente el estiércol se aplica antes de la brotación de los árboles, por lo que en caso de requerirse fertilizante complementario es recomendable aplicarlo en la segunda mitad del ciclo.

Control de la salinidad

El estiércol contiene un promedio de 5% de sales solubles totales (2), por lo cual también deben tomarse algunas medidas para evitar efectos adversos. Es recomendable 1) no aplicar dosis mayores al requerimiento de nitrógeno de la huerta, 2) incorporar el estiércol con un paso de rastra y 3) aplicar una lamina pesada de riego, alrededor de 20 cm, para lavar las sales contenidas en el estiércol. Lo anterior es importante ya que el desarrollo y rendimiento del nogal se ve afectado a valores de salinidad mayores de 3 dS/m y 3% de sodio intercambiable en el suelo (32).

LITERATURA CITADA

1. Brison, R. F. 1976. Cultivo del Nogal Pecanero. 1ª Edición en español. México. Editorial CONAFRUT. pp. 79, 99, 106-110, 133, 279-291.
2. Castellanos R., J.Z. 1982. Estudios sobre la producción, utilización y características de los estiércoles en la Región Lagunera, México. En: La utilización de los estiércoles en la agricultura. Ed. J. Z. Castellanos y J. L. Reyes. ISTEMAC.
3. Castellanos, J.Z. 1984. El estiércol para uso agrícola en la región Lagunera. Folleto Técnico No. 1. Campo Agrícola Experimental de la Laguna, SARH-INIA-CIAN. 20 paginas.
4. Chaney, .E., Drinkwater, L.E. and Pettygrove, G.S. 2000. Organic soil amendments and fertilizers. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, CA.
5. Chávez G., J.F.J. 1987. Abastecimiento de zinc en nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Koch) por medio de aplicaciones foliares en la Región de Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Saltillo, Coah.
6. Chávez G., J. F. J. y M. D.C. Medina M. 1992. Aplicaciones foliares de zinc en nogal pecanero. Resúmenes, 6º día del nogalero. CAELALA. INIFAP. Publicación especial N° 45. pp. 27-32.
7. Durieux, R.P., H.J. Brown, E.J. Stewart, J.Q. Zhao, W.E. Jokela and F.R. Magdoff. 1995. Implications of nitrogen management strategies for nitrate leaching potential: roles of nitrogen source and fertilizer recommendation system. Agron. J. 87:884-887.
8. Enríquez R., S., A. Lagarda M., A. Salas F. y J. F. Chávez G. 1975-79. Curva de variación de 9 nutrientes en el cultivo del nogal pecanero en la Región del Centro-Norte de México. Informe de Investigación. CELALA-CIAN-INIA-SARH. p. 15
9. Hanna, J. D. 1977. Causa y efectos de la producción alternada. VI Ciclo de Conferencias Internacionales de los Productores de Nuez de la República Mexicana. CONAFRUT. pp. 53-56.

10. Herrera, E. 1998. El control del nitrógeno en huertas de nogal. Memorias evento NOGATEC. ITESM-Campus Laguna. Torreon Coah. Pag 38-42.
11. Herrera, E., y W.C. Lindeman. 2001. Distribución del fertilizante nitrogenado en las huertas nogaleras. Memorias 5º día del nogalero. Cd. Delicias, Chihuahua. Pag 1-5.
12. Jones, J.B., B. Wolf y H.A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing Inc. Pp 163.
13. Hester, E. 1974. Leaf analysis for improved yields. Pecan South. Jun. 16-17.
14. Kilby, W. M. 1976. Training young pecan trees. Western Pecan Conference New Mexico State University. Cooperative Extension Service. pp. 47-49.
15. Kilby, M. W. y E. Mielke. 1982. Mineral nutrition of the pecan in the irrigated southwest. Sixteenth Western Pecan Conference Procc. New Mexico State University. Coop. Ext. Serv. E.U.A.
16. Lagarda M., A. 1985. Problemas de producción de nogal. En: CAELALA Resúmenes 4º Día del Nogalero. Publicación Especial. 14:8-13.
17. Lindeman, W.C., E.A. Herrera y R.A. Kraimer. 1999. Nitrogen cycling and implications for management. Pecan Industry: Current situation and future challenges, Third National Pecan Workshop Proceedings. Pp 117-123.
18. Malstrom, H.L., L.B. Feen and T.D. Riley. 1983. Nitrogen fertilization of pecan in far west Texas. The Pecan Quaterly. 17(2):5-13.
19. Madden, G. D., H.J. Amling y H. Tisdale. 1976. Training plays a key role. Pecan Quartely 10(1): 6-8.
20. McEachern, G.R. 1975. Establecimiento de un huerto intensivo de nogal. Manual para el cultivo del nogal en texas. Traducción. pp. 16-20.

21. McEachern, G.R. 1993. Nitrogen yields profits. Pecan South. 28(4): 4-5.
22. McEachern, R.G. 1975. Intensive pecan orchard establishment. Proc. Texas Pecan Growers Assoc. Vol. 54:18-19.
23. Medina M., M. del C. 1980. Muestro técnico agronómico del cultivo del nogal en la Región Lagunera. Matamoros, Coah. CAELALA -INIA. Informe de Investigación en Fruticultura. p. 150
24. Medina M., M. del C. 1987. Evaluación del método DRIS para el diagnóstico nutricional del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) Cv Western, en la Región Lagunera. CIFAP Región Lagunera INIFAP. Informe de Investigación. Programa de Fruticultura. p.108
25. Medina M., M. del C. 1991. Comparación de dos métodos de interpretación foliar en nogal pecanero (*Carya illinoensis*). Revista Terra. 9(1):52-58.
26. Medina M., M. del C., E.D.J. Medina M., A. Alvarado M. y S. Enríquez R. 1993. Comparación de dos métodos de interpretación foliar en nogal pecanero, en tres regiones de México. Horticultura Mexicana. 2(1): 9-16.
27. Medina M., M. del C. y E.D.J. Medina M. 1994. Nutrientes menores en nogal pecanero. XIII Conferencias Internacionales Sobre el Cultivo del Nogal. Delicias, Chih. Mexico. pp. 34-44.
28. NRCS. 2000. Agricultural waste management field handbook. Natural Resources Conservation Service – USDA. Washington.
29. Nuñez, M.J. y G.B. Valdez. 1991. Composición nutricional de variedades de nogal pecanero. La investigación edafológica en Mexico 1990-1991. Memorias XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de las Ciencias del Suelo. P 86.
30. O´Barr, R.D. 1976. Pecan tree nutrition: an often overlooked factor in tree health and production. Pecan South. Nov. pp. 512-519.
31. Plus, E. 1986. Pecan fertility. Texas Pecan Growers Ass. 59:13.

32. Santamaria C. J., M.C. Medina M., M. Rivera G. Y R. Faz C.. 2002. Algunos factores de suelo, agua y planta que afectan la producción y alternancia del nogal pecanero. Rev. Fitotec. Mex. 25(2):119-125.
33. Sparks, D. 1968. Some effects of nitrogen on young pecan trees. Proc. S.E. Pecan Growers Assoc. 61:93-102.
34. Stockton, A.. 1985. Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis. 19th Western Pecan Conference Procc. New Mexico State University. Coop. Ext. Service USA. Pp 99-100.
35. Storey, J. B. 1974. Causas que originan la caída de la nuez. III Ciclo de Conferencias Internacionales en Productores de Nuez de la República Mexicana. CONAFRUT-SAG. México. pp. 66-67.
36. Storey, J. B., L. Stein and G.R. Mc Eachern. 1986. Influence of nitrogen fertilization on pecan production in south Texas USA. HortSci. 21(5): 855.

METODOS Y TECNICAS DE RIEGO

Claudio GODOY AVILA

CONCEPTOS SOBRE PERDIDAS DE AGUA

Desde que el agua de riego es extraída de la fuente abastecedora, hasta que llega a las raíces de las plantas, se producen pérdidas que es necesario reducir o eliminar con el propósito de optimizar el uso de éste recurso.

Una vez obtenida el agua, ésta pasa por una red de canales hasta llegar a la huerta y de ahí es finalmente conducida hasta las raíces de los árboles de tal forma, que el agua realmente aprovechada es la que llega a las raíces y permanece en el suelo el tiempo suficiente para ser absorbida por las plantas.

Para ahorrar agua, hay que distribuirla, conducirla y aplicarla con eficiencia ya que las pérdidas que se consideran más importantes son precisamente por conducción y por aplicación (11).

PÉRDIDAS POR CONDUCCION

Las pérdidas de agua por conducción se producen principalmente por las siguientes causas:

- 1) Por fuga de agua: estas pueden ser pérdidas importantes y se producen cuando el caudal sobrepasa la capacidad de la acequia o cuando se rompen los bordos de conducción.

- 2) Por infiltración:
- a) Respecto al tamaño de las acequias, éstas pierden más agua por infiltración mientras más anchas y más largas sean, ya que presentan mayor superficie de contacto con el agua.
 - b) La textura del suelo, es muy importante, por ejemplo; las acequias en suelos arenosos tienen pérdidas hasta de un 50%, mientras que, en suelos arcillosos las pérdidas son mínimas.
 - c) Respecto a la cantidad de agua que se conduce; un caudal de agua mayor tiene más pérdidas por infiltración que cuando se conduce un gasto menor.
 - d) Revestimiento de canales. Todos los sistemas de revestimiento reducen o eliminan las pérdidas por infiltración; pero se diferencian entre sí por el costo y la duración del material. Para decidir cual tipo de revestimiento va a utilizar necesita hacer el análisis de costos.
Las fugas o pérdidas de agua se pueden evitar previniendo sus causas a través del mantenimiento de acequias y compuertas. Además, se puede ahorrar agua instalando en las acequias marcos y compuertas adecuadas que facilitan la distribución (11).
- 3) Por Evaporación: Las pérdidas por evaporación son relativamente bajas en los sistemas comunes por lo que éstas son de menor importancia.

Cálculo para Estimar la Eficiencia por Conducción

Para estimar la eficiencia por conducción se mide el volumen de agua que llega a la cabecera de la melga a regar con respecto al agua disponible.

Para aumentar la eficiencia de conducción se necesitan acequias internas en buenas condiciones, ya que el alto costo del agua y la constante tendencia a incrementarse, justifican la inversión en sistemas que reduzcan pérdidas.

PERDIDAS POR APLICACION

En los sistemas de riego por melgas se producen pérdidas que se pueden evitar mediante un manejo correcto del agua. Para que ésta llegue a la profundidad de las raíces se necesita cierto tiempo según sea la infiltración del suelo. A éste se le llama "Tiempo de riego".

Por otra parte, según el gasto usado, el agua que entre a la melga necesita un tiempo para llegar al otro extremo. A éste se le denomina "Tiempo de mojado".

Debido al intervalo necesario para "mojar" la melga, el agua permanece más tiempo en la cabecera que en el recibidor. Esto hace que la humedad en la cabecera alcance una profundidad mayor que en el recibidor, mojando una parte del suelo que en algunos sectores es mayor que la necesaria. Esto origina las "Pérdidas por Aplicación" y puede apreciarse en la Figura 35.

Obsérvese en la Figura 35 que en la zona de raíces es donde se aprovecha el agua de riego que se encuentra marcada con la letra A. Toda la porción de suelo marcado con letra B, representa la parte mojada por agua que las plantas no aprovecharán por estar debajo de sus raíces. Como se ve en

la Figura 35, la profundidad mojada fuera del alcance es mayor en la cabecera que en el recibidor.

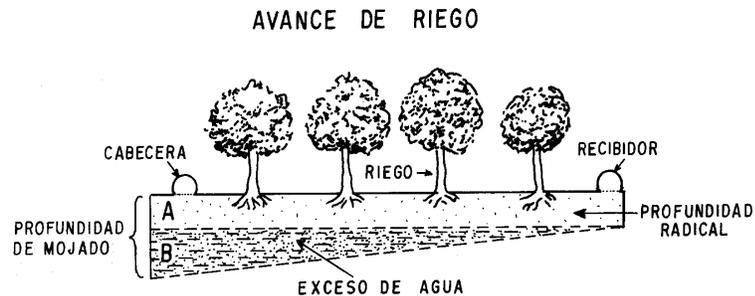


Figura 35. Distribución del agua a través del perfil del suelo en una melga (11).

Estas pérdidas se producen, porque a medida que va cumpliéndose el "Tiempo de mojado" el agua va penetrando en las partes de la melga que ha estado mayor tiempo en el agua. Cuando llega al pie, en la cabecera ya ha mojado hasta la profundidad que de acuerdo a la infiltración del suelo corresponde al "Tiempo de mojado", ya que estuvo pasando por ese punto todo el tiempo que el agua necesitó para llegar al recibidor. En éste, el agua deberá permanecer el tiempo necesario para llegar hasta la profundidad de las raíces; es decir, el "Tiempo de riego" y en consecuencia en la cabecera, además de la profundidad que ya alcanzó, seguirá profundizando en la proporción que corresponde a ese "Tiempo de riego". Con esto, el agua en la cabecera llegará a mojar mayor profundidad que la necesaria, perdiéndose toda el agua que vaya más abajo de las raíces.

Las pérdidas de agua son mayores cuanto mayor sea el tiempo que tarda el agua en llegar de la cabecera al pie de la melga. Estos son mayores en suelos arenosos que en los pesados, aunque tanto en unos como en otros las pérdidas se pueden atenuar con un buen manejo de agua.

CALCULO DE LA EFICIENCIA DE APLICACION DEL RIEGO

El valor de la eficiencia de aplicación es el porcentaje de agua que llega a las raíces con respecto al que ingresa a la melga. Este valor puede calcularse conociendo el "Tiempo de riego" y el "Tiempo de mojado" que corresponden a la melga.

Con un "Tiempo de mojado" igual al "Tiempo de riego", la eficiencia es de un 66%. Si el "Tiempo de mojado" es la cuarta parte de "riego" la eficiencia es del 89%. Si el "Tiempo de mojado" es la décima parte del de "riego" la eficiencia es del 95%. Esto significa que la eficiencia de aplicación aumenta cuando el "Tiempo de Mojado" se reduce y es posible conseguir un ahorro de agua importante si se aumenta la eficiencia de aplicación. Para lograr este ahorro de agua, hay que "mojar" la melga lo más rápidamente posible, lo que se consigue de tres formas:

- 1) Colocando en el surco o melga el caudal más grande que pueda, sin que se produzcan arrastres de suelo, para llegar rápidamente al pie y luego reducirlo hasta que cumpla el "Tiempo de riego" necesario.
- 2) Acortando las melgas para que el agua tarde menos en llegar al pie.
- 3) Combinando los dos métodos anteriores; usando los caudales convenientes y acortando los surcos en la medida adecuada.

Para poder manejar el agua, según las formas que se acaban de indicar, es necesario tener buena nivelación en las melgas. Es preferible el "nivel cero" o una pequeña pendiente no mayor del 2 por mil. En lugares donde ya existe la plantación es a veces difícil corregir la falta de nivel del terreno. En éstos casos, el problema se resuelve construyendo terrazas y bordos de la manera exigida por las circunstancias, con lo cual se logra mejorar el aprovechamiento del agua y en consecuencia se obtiene la mayor eficiencia en el riego.

DISTRIBUCION DEL AGUA DENTRO DE LA HUERTA

En la Región Lagunera existen dos métodos para distribuir el agua en las huertas de nogal: uno es por medio de melgas y el otro con riego por goteo; se ha encontrado que el 97% de productores utiliza melgas y solamente 1.3% utiliza el riego por goteo (8).

Riego por Melgas

El método de riego por melga es el más utilizado en la región por ser de bajo costo. Para utilizar éste método es importante tomar en cuenta el ancho y largo de la melga, el gasto disponible y las características del suelo.

Este método consiste en dividir el terreno en fajas limitadas por bordos paralelos. El agua se aplica en la parte superior de las melgas por medio de sifones, cajas de distribución, válvulas y boquillas, entre otros. La uniformidad de aplicación y la eficiencia son bajas comparándolas con otros sistemas de riego, porque es el método que riega una menor unidad de superficie.

Un buen diseño difícilmente sobrepasa el 60% de eficiencia de aplicación, para ello se requiere contar con un gasto grande de aplicación, una buena preparación del terreno y una cuidadosa

nivelación a lo ancho. La pendiente a lo largo no debe excederse de 1 a 1.5% siendo preferible una de 0.1 a 0.3% (óptimo) y la pendiente a lo ancho será de 0 (cero).

Para un suelo de textura media con melgas de 100-150 m de largo se deben aplicar aproximadamente de 6-8 litros por segundo por cada metro de ancho que tenga la melga. Para lograr buena eficiencia con el riego por melgas basta ajustarlas al gasto disponible.

El volumen de agua por aplicar en cada melga se determina relacionando el ancho, el largo y la pendiente, con la infiltración, agua a aplicar y el tiempo de riego.

Si no existe la posibilidad de determinar las constantes para el diseño de riego por melgas; se pueden utilizar las constantes ya establecidas y que se presentan en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Tamaño de melgas para pendientes del 0.1% (11).

Velocidad de infiltración	Textura del suelo	Caudal l/s	Ancho m	Longitud máxima m
Muy alta	Gruesa (arena)	70	6	60-120
Alta	Ligera (franco-arenosa)	40-70	6-10	100-130
Moderada	Media (franco-limoso)	28-56	6-15	130-200
Baja	Pesada (franco-arcilloso)	14-40	6-20	200-300
Muy baja	Muy pesada (arcilla)	14-30	6-20	200-400

Riego por Goteo

El riego por goteo es el método más avanzado de que se dispone actualmente para la aplicación eficiente de agua a los cultivos. El método consiste fundamentalmente en aplicar el agua en la zona radicular de los cultivos en forma de gotas mediante un sistema de tuberías, piezas específicas y emisores (4).

Al igual que en cualquier otro tipo de riego, el agua que se aplica a un terreno cultivado se infiltra por los poros del suelo. Estos poros se forman por la agregación de partículas, las cuales retienen cierta cantidad de humedad que no está disponible para las plantas, sin importar el método de riego que se utiliza.

El máximo rendimiento del agua se obtiene cuando las fluctuaciones no sobrepasan el 2% en el contenido de humedad óptima requerida por el cultivo (1). La forma práctica con la cual se podría mantener esta humedad en los suelos es con un riego por goteo dirigido a la zona radicular (1).

Este sistema consiste en transportar y distribuir el agua de riego a través de tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno hasta la zona radicular, donde es liberada a través de pequeños orificios, microtubos o goteros. Para impulsar el agua a través de tuberías es necesario un sistema de bombeo que consta de una bomba centrífuga, filtros para gravas (opcional), válvula reguladora de gasto y carga, válvula "check" y manómetros.

Los objetivos del riego por goteo son (13):

1. Mantener un alto contenido de humedad en el suelo sin provocar problemas de aireación.
2. Minimizar las fluctuaciones de contenido de humedad en el suelo durante el ciclo de riego.
3. Evitar la destrucción de la estructura de la superficie del suelo y el desarrollo de la costra superficial.
4. Restringir el abastecimiento de agua solamente a aquellas partes del suelo donde la absorción del agua por las raíces sea más eficiente. El humedecimiento selectivo

del suelo tienen resultados benéficos adicionales tales como reducir la evaporación del suelo, limitar el crecimiento de hierbas y permitir un mejor control de plagas y enfermedades.

5. Minimizar el peligro de salinidad a las plantas mediante:
 - a) El desplazamiento de las sales más allá del volumen radicular efectivo.
 - b) Disminuyendo la concentración de sales al mantener un alto contenido de humedad.
6. Optimizar el balance nutricional de la zona radical aplicando nutrientes directamente a la parte más eficiente de las raíces.
7. Ahorrar agua:
 - a) En su conducción.
 - b) Minimizando la evaporación del suelo y
 - c) Reduciendo el escurrimiento en suelos poco permeables (11).

El riego por goteo tiene magníficas perspectivas en nogal. Por las distancias de siembra se requiere un mínimo de materiales lo que reduce la inversión, comparada con la requerida en otros cultivos. El riego por goteo reduce los costos operativos con relación a otros sistemas de riego en uso, mejora la uniformidad de aplicación del agua, hace posible la nutrición y reduce costos por concepto de control de malas hierbas. Al mejorar muchos de los aspectos antes citados resultan mayores y mejores cosechas de esta valiosa especie frutal (1).

Los sistemas de riego por goteo pueden proyectarse de acuerdo a las demandas máximas como antes se indicó y apegarse de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo

(tamaño del árbol, condiciones evaporativas del aire y época de crecimiento, entre otras); o bien desarrollarse siguiendo las demandas de riego ya que las aportaciones máximas se realizan después de muchos años y podrá hacerse la inversión gradualmente. Estos planteamientos y soluciones dinámicas requieren de asistencia técnica por especialistas (1).

El éxito de la inversión en riego por goteo se fundamenta en un cultivo agrícola potencialmente productivo y un sistema de riego confiable y de fácil operación.

Cálculo de Aplicaciones del Riego

Los programas de operación simplificados se determinan en forma diaria, semanal o para períodos preestablecidos, considerados como uniformes. La estimación se apoya en las necesidades de riego, dividiéndola por la capacidad de riego del sistema, expresado en las mismas unidades volumétricas que tiene el sistema por hora y dividiendo el resultado en el número de días en cuestión.

Por ejemplo: si se estima una necesidad de riego de 500 l por árbol/día y si se tiene una capacidad de riego del sistema, que en éste caso es 91 l/hr/árbol, el número de horas de operación se obtendrá dividiendo 500 entre 91 que da como resultado 5.5 hr. Como la demanda indicada era para un día, el valor obtenido se utiliza para definir el número de horas riego ese día.

La aplicación de los riegos será con base en la evaporación diaria registrada o medida en un tanque evaporímetro tipo "A", afectado por un factor de tanque (Figura 36).



Figura 36. Tanque evaporímetro "A" (1.22 m de diámetro en su base 0.26 m de altura)

Observándose que siempre las unidades sean congruentes y al referir las necesidades de riego en litros/árbol/semana, se considera la capacidad de riego también en litros/árbol/hora, obteniéndose en consecuencia el resultado en horas/semana, el cual al dividirse entre el número de riegos que se desean proporcionar en la semana, daría el número de horas que operaría el sistema en cada riego.

Los agricultores y técnicos preocupados por el nogal, pueden confiar en que es posible mejorar este cultivo considerablemente a través de éste moderno sistema de riego.

SUGERENCIAS DE CUANDO REGAR

Dentro de los factores que determinan el éxito de una plantación de nogal, el riego es considerado como uno de los factores más importantes, además de que bajo ciertas condiciones influye sobre otros factores que controlan el crecimiento de la planta (6).

Requerimientos Anuales de Agua

En la Región Lagunera durante 1977 y 1978 en una huerta de nogal de nueve años de edad se determinó que los requerimientos de agua para este cultivo fueron de 120 cm/año (5). Estos datos coinciden con los obtenidos en otros estudios (2, 7, 10) que determinaron valores de uso consuntivo en el rango de 100 a 130 cm/año. Sin embargo, es necesario mencionar que a medida de que se incrementa la edad de los árboles sus requerimientos de agua son mayores que los antes mencionados. Por tal motivo, existe una serie de ecuaciones empíricas para determinar los requerimientos de agua (10).

En el cultivo del nogal o en cualquier cultivo, para desarrollar un concepto de riego eficiente es importante establecer claramente los resultados que se esperan de la práctica. Para lograr esto es necesario conocer los factores que afecten el uso de agua por los árboles así como los mecanismos a través de los cuales éstos absorben, transportan y utilizan el agua. Lo anterior permitirá proporcionar cantidades adecuadas de agua, así como el "cuando" y "donde" puede ser mejor utilizada.

Demanda Crítica de Agua

En el nogal cuando ocurre una deficiencia de agua la primera función fisiológica afectada es el crecimiento celular (12). Los nogaleros están conscientes de que en el mercado las nueces grandes producen más dinero en comparación con las nueces pequeñas. En el nogal, el tamaño de fruto o nuez es función del crecimiento celular; por lo que es importante que no se presenten deficiencias de agua de ninguna magnitud durante las fases de expansión celular del desarrollo del fruto. También se conoce que se requiere un cierto número de hojas para soportar o sostener un racimo de nueces. Las hojas grandes pueden sostener más nueces que las hojas pequeñas y al igual que en el caso del fruto, el tamaño de la hoja es función del

crecimiento celular; por lo que es importante que no se presenten deficiencias de agua durante este período de crecimiento celular. El transporte de nutrientes, fotosíntesis y translocación de fotosintatos dentro de la planta son inhibidos también por deficiencias de agua. Tomado como un todo, se puede decir que, una deficiencia de agua en cualquier año afecta de manera adversa el tamaño y llenado de la nuez y además es un riesgo potencial para una buena cosecha para el siguiente año (12). La programación de los riegos en este cultivo debe de ser lo suficientemente dinámica y que se acerque más a la realidad para compensar las variaciones de clima y suelo que se presentan en un año determinado y entre años, con el propósito de tener una producción estable a través del tiempo (3).

EFFECTO DE LA EVAPORACION EN EL DESARROLLO DEL FRUTO

Se ha encontrado que desde el inicio del crecimiento de la nuez (mayo 20) hasta el inicio del estado acuoso (primera semana de julio) tanto la longitud como el ancho del fruto no son afectados si los árboles son irrigados con el 40% de la evaporación registrada en el tanque evaporímetro.

Durante la siguiente fase considerada entre el estado acuoso y el inicio en el endurecimiento de la cáscara (primera semana de agosto) se ha encontrado que el por ciento de la evaporación que deberá ser repuesto a través del riego deberá ser de un 60%.

Desde el endurecimiento de la cáscara al inicio de la maduración del fruto (3^a semana de septiembre) se ha encontrado que el por ciento de la evaporación que deberá ser repuesto, debe ser del 80 al 100% debido a que la presencia de cualquier deficiencia de agua reduce significativamente el peso seco final de la nuez (Figura 37). Esto significa que durante esta última fase, el fruto requiere de un suministro alto de agua,

debido a que durante este período el crecimiento del fruto tiene lugar la acumulación más fuerte del peso seco de la nuez.

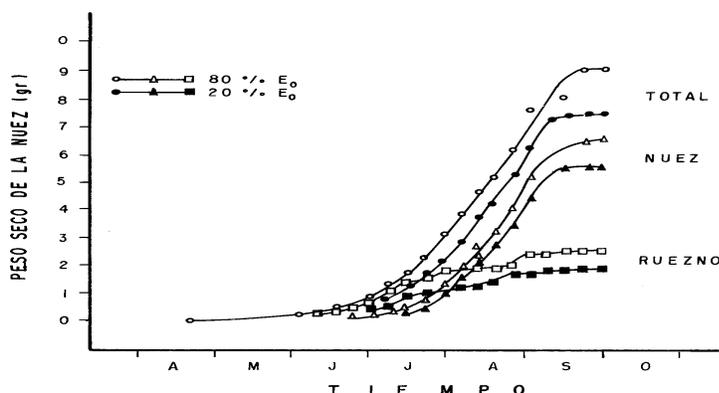


Figura 37. Acumulación de peso seco total del fruto y de ruezno con dos niveles de evaporación (6).

A través de muchos estudios realizados con lisímetros en diversos cultivos, dentro de los cuales se incluyó el nogal se ha determinado que estos usan el agua a una tasa que es proporcional al agua que se evapora de un tanque evaporímetro clase "A".

Así mismo, se ha encontrado que bajo las condiciones regionales, para poder obtener calidad de nuez, el volumen de agua por aplicar en litros por día, deberá de ser de 50-80 desde el inicio del crecimiento de la nuez al inicio del estado acuoso; 100-120 desde el estado acuoso al endurecimiento de la cáscara y de 120-140 desde el endurecimiento de la cáscara hasta el inicio de la maduración de la nuez (5). Debe de quedar claro, que estos volúmenes serán diferentes de año a año debido a las condiciones ambientales que son cambiantes (temperatura, evaporación, humedad relativa, etc.) así como al tamaño del árbol. Consecuentemente, para evitar deficiencias de agua en la huerta de año en año es necesario aplicar los

riegos basados en la evaporación registrada en un tanque evaporímetro clase "A".

El manejar la huerta de nogal con los niveles de la evaporación ya mencionados en las diferentes fases de desarrollo garantiza que los niveles de producción y calidad de fruto a través de los años sean adecuados. Así también, es necesario enfatizar que es necesario un equilibrio ya que cuando se manejan niveles altos de agua se presentan porcentajes altos de nueces verdes (no maduras), mientras que cuando se manejan niveles bajos de agua las nueces muestran el ruezno pegado, dificultándose descascararlas.

ADAPTACIONES PRACTICAS AL RIEGO POR SUPERFICIE

Con el propósito de extrapolar los resultados obtenidos en una huerta irrigada con el sistema de riego por goteo a una huerta manejada con riego superficial: fue combinada la información discutida anteriormente y la obtenida a través de muestreos en las huertas de diferente edad de la región en las que se midió el desarrollo del fruto (peso seco) bajo diferentes manejo y fechas de riego (9). Los resultados mostraron, que en huertas de 6 a 12 años cuando se manejaron intervalos de riego de 25-30 días durante el inicio en el crecimiento del fruto al inicio en el endurecimiento de la cáscara, no se reflejó significativamente en la acumulación del peso seco de la nuez. Sin embargo, en huertas de más de 12 años cuando se manejan intervalos de riego mayores de 25 días durante la misma fase, el peso seco de la nuez se afecta significativamente. Independientemente de la edad de los árboles, si el agua no es aplicada o se retrasa durante el llenado de la almendra el peso seco final del fruto es afectado drásticamente en forma negativa.

Calendarios de Riego

Para aquéllos nogaleros que usan el sistema de riego superficial se sugiere la aplicación de los riegos durante el crecimiento del fruto de la siguiente manera:

- | | |
|----------------------|--|
| Primer Riego | Durante la primera semana de mayo. Esta corresponde al inicio en el crecimiento del fruto. |
| Segundo Riego | 30 días después de la aplicación del primer riego; lo cual corresponde al estado acuoso. |
| Tercer Riego | 30 días después del segundo riego; lo cual corresponde al inicio del endurecimiento de la cáscara. Después de aplicar este riego se sugiere manejar un intervalo de 20 días en los siguientes riegos, suspendiendo la aplicación de estos durante la primera o segunda semana de septiembre. |

LITERATURA CITADA

1. Anónimo, 1978. Recomendaciones prácticas sobre riego por goteo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Memorandum Técnico N° 383.
2. Bustamante G., M.A. 1978. Respuesta del nogal (*Carya illinoensis* K.) a tres niveles de humedad en la región de Saltillo, Coahuila. México. Tesis Profesional. Saltillo UAAAN. 87 p.
3. Godoy A., C. 1985. Efecto de diferentes niveles de evapotranspiración (Et) sobre el desarrollo del grano en los cultivares Grenache y Carignane. CIAN-CAELALA. Matamoros, Coah., México. Informe de Investigación en Fruticultura. Vol. (1):759-777.
4. Godoy A., C. 1987. Aplicación del riego por goteo en vid y nogal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. Matamoros, Coah., México. Folleto Técnico N° 3. 17 p.
5. Godoy A., C. y Lagarda M., A. 1978. Efecto de tres frecuencias de riego sobre el desarrollo del nogal. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. Matamoros, Coah., México. Informe de Investigación en Fruticultura 1978:25-40.
6. Godoy A., C. y M.A. Lagarda. 1986. Effect of different levels of evapotranspiration in Pecan nut development. Twentieth Western Pecan Conference Proceeding. New Mexico State, University. p. 45-57.
7. Jasso, J.R. 1980. Calendarios de riegos: sus efectos en el desarrollo y rendimiento del nogal pecanero (*Carya illinoensis* K.) en el sureste de Coahuila. México. Tesis Profesional. Saltillo, Coah. UAAAN. 66 p.
8. Medina M., M. del C. 1980. Marco de referencia del cultivo del nogal en la Región Lagunera. CIAN-CAELALA-INIFAP. Matamoros, Coah., México. Informe de Investigación en Fruticultura 1980:207 p.

9. Medina M., M. del C. 1980. Muestreo técnico agronómico del cultivo del nogal en la Región Lagunera. Informe de Investigación de Fruticultura. CAELALA-INIFAP. Matamoros, Coah., México.
10. Miyamoto, S. 1983. Consumptive water use of irrigated pecans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5):676-681.
11. Oriolani, M. *et al* 1972. Curso de riego para agricultores. Instituto Nacional de Tecnología. Argentina
12. Worthington, J.W., Lasswell, J., Stein, L.A. and McFarland, M.J. 1988. Now that you've decided to irrigate...how?...How much?...When?...Pecan South. March-April Vol. 22(2):6-15.
13. Yaron, B., Danfors, E. y Vaadia, Y. 1973. Arid zone irrigation. Springer Verlang. New York. 5:323-339.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL NOGAL

Urbano NAVA CAMBEROS
Manuel RAMÍREZ DELGADO

INTRODUCCION

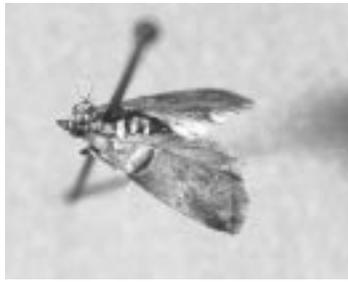
Uno de los factores limitantes de la productividad del nogal en la Comarca Lagunera lo constituyen las plagas. Las plagas primarias del nogal en la Comarca Lagunera son el gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis*, el pulgón amarillo de márgenes negros, *Monellia caryella*, y el pulgón negro, *Melanocallis caryaefoliae*. El gusano barrenador del ruezno, *Cydia caryana*, se ha incrementado en las huertas de nogal de la región, convirtiéndose en una plaga de importancia económica. Otras plagas de importancia secundaria son el barrenador del tronco y la madera, *Euplatypus segnis* y las chinches, *Brochymena* spp., *Nezara viridula*, *Chlorochroa ligata* y *Leptoglossus zonatus*. Para combatir a las plagas del nogal es necesario conocer los siguientes factores: primero, la especie de que se trata, así como su biología y hábitos; segundo, la época oportuna de aplicación, ya que si el insecticida es aplicado tarde, esto dará oportunidad a que la plaga ocasione daño y si es aplicado temprano se perderá dinero porque los insectos no serán controlados; tercero, seleccionar el insecticida y dosis eficientes para el control de la plaga en cuestión; cuarto, lograr una buena cobertura de la aplicación, es decir, que el árbol reciba una aspersión suficiente y uniforme del producto. Para el manejo de una plaga determinada, el factor clave es la toma de decisiones oportunas, (9,15,16).

GUSANO BARRENADOR DE LA NUEZ

El gusano barrenador de la nuez (GBN), *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (Lepidoptera: Pyralidae), es la plaga del nogal más ampliamente distribuida en el Norte de México y Sur de los Estados Unidos. En los estados de Chihuahua, Nuevo León y Durango, el GBN es considerado como la plaga clave del nogal. En la Comarca Lagunera el GBN llega a causar pérdidas superiores al 40% de los racimos en huertas donde el control efectuado es deficiente o nulo, (1,15,16,17).

Descripción morfológica. El adulto es una palomilla de color gris que mide de 7 a 9 mm de longitud y de 20 a 22 mm de expansión alar. Las alas anteriores tienen un penacho de escamas largas y oscuras extendidas a través del primer tercio (Figura 38A). Los huevecillos recién ovipositados son color blanco verdoso, posteriormente se tornan a color rojizo. Las larvas recién emergidas son de color blanco o rosado y después cambian de una coloración gris olivo a verde; en su máximo desarrollo miden de 1.2 a 1.5 cm (Figura 38B). La pupa recién formada es de color verde y en pocas horas cambia a café oscuro; mide aproximadamente 8 mm de largo, (1,15,16,17).

Biología y hábitos. El GBN pasa el invierno como larva parcialmente desarrollada dentro de un cocón de seda llamado hibernáculo, el cual se localiza generalmente en la base de las yemas del árbol en dormancia. En la Comarca Lagunera el inicio de la hibernación o diapausa ocurre del 24 de septiembre al 28 de octubre. Las larvas hibernantes finalizan su estado de reposo en la misma época en que el nogal inicia su brotación, lo cual ocurre alrededor del 14 de marzo, al acumularse 800 unidades calor (UC) a partir del 1 de enero (temperatura umbral de 3.3 °C). Las larvas hibernantes reinician su desarrollo alimentándose de las yemas durante 2 ó 3 días y después de esto barrenan los brotes en desarrollo, los cuales se marchitan y se secan, (1,15,16,17).



A



B

Figura 38. Adulto (A) y larva (B) del gusano barrenador de la nuez

Después de que el GBN termina la diapausa, su desarrollo es influenciado principalmente por la temperatura. El efecto de la temperatura en el desarrollo del insecto ha sido estudiado por varios investigadores con el propósito de predecir su fenología bajo condiciones de campo. Esto se puede calcular mediante el método de acumulación de UC. La temperatura umbral de desarrollo, también llamado punto crítico de desarrollo del insecto, es necesaria para calcular las UC, la cual es de 3.3°C. Los requerimientos de UC para cada etapa biológica y del ciclo biológico completo, equivalente a una generación del GBN se muestra en el Cuadro 32, (8).

Cuadro 32. Duración de las etapas biológicas del gusano barrenador de la nuez en unidades calor (García,

Etapa biológica	Unidades Calor > 3.3 °C
Preoviposición	55
Huevecillos	100
Larva	539
Pupa	213
Total	907

Relación fenológica cultivo-plaga. Las épocas en que se presentan las etapas fenológicas más importantes del GBN y cómo se relacionan éstas con las principales etapas fenológicas del nogal se muestran en el Cuadro 33. Puede observarse que se presenta una generación de origen hibernante y tres generaciones “normales” durante el ciclo de cultivo, siendo completas las dos primeras y parcial la tercera. La primera generación es la de mayor densidad poblacional y la más destructiva. Una sola larva puede destruir varias nueces e incluso todo el racimo para poder completar su desarrollo (Figura 39A). Las dos generaciones siguientes son menos numerosas y provocan un menor daño, ya que para esta época las nueces son más grandes y una larva completa su desarrollo en una sola nuez o incluso las nueces pueden no ser susceptibles al ataque de la plaga (Figura 39B), (8,15).

Cuadro 33. Relación fenológica entre el gusano barrenador de la nuez y el cultivo del nogal en unidades calor > 3.3 °C (Nava, 1994).

G. barrenador de la nuez		Fenología del nogal	UC después del 1 de enero	Fecha aproximada
Generación	Etapas biológicas			
Hibernante	Larvas	Inicio de brotación	802-816	Mar. 13
	Pupas		1257-1303	Abr. 15
	Adultos		1598	Abr. 22
Primera	Huevecillos	Inicio de crecimiento de la nuez (8 mm)	1638	Abr. 27
	Larvas		1738	May. 3
	Pupas		2148-2196	May. 25
	Adultos		2375-2379	Jun. 2
Segunda	Huevecillos	Nueces de 2 cm de longitud	2458	Jun. 7
	Larvas		2558	Jun. 11
	Pupas		3097	Jul. 2
	Adultos		3310	Jul. 10
Tercera	Huevecillos		3365	Jul. 24
	Larvas		3465	Jul. 28
	Pupas		4004	Ago. 20
	Adultos		4217	Ago. 28



A



B

Figura 39. Daño por larvas de la primera generación (A) y daños de la segunda generación (B) del gusano barrenador de la nuez

Determinación del momento oportuno de control.

El combate del GBN mediante insecticidas debe dirigirse fundamentalmente contra la primera generación de larvas, debido a que ésta es la más numerosa y la que más daño causa. En algunas ocasiones es necesario controlar a la segunda generación; sobre todo cuando el control de la primera no fue lo suficientemente efectivo. La etapa biológica más susceptible al efecto de los insecticidas es la larva de primer instar; es decir, la larva recién emergida del huevecillo. El tiempo que la larva tarda en penetrar a la nuez es de vital importancia para su control, ya que se encuentra expuesta a la acción de los insecticidas. La determinación precisa del momento oportuno de control del GBN se basa en los siguientes dos métodos: 1) acumulación de UC a partir de la brotación y 2) monitoreo con trampas de feromonas, (8,15,16).

Acumulación de UC. El primer paso es determinar cuando iniciar la acumulación de UC. La mejor manera de determinar el inicio de la acumulación de UC es mediante el monitoreo de la brotación del nogal. La fecha de inicio es de 10 días antes del 50% de brotación. Por ejemplo, si el 50% de brotación tiene lugar el 20 de marzo, la acumulación de UC se debe iniciar el 10 de marzo. Las unidades calor diarias se calculan de la siguiente manera:

UC diarias = $[(\text{Temp. max.} + \text{Temp. mín.})/2] - \text{Temp. base}$;
 donde la temperatura base es de 3.3 °C.

El cuadro 34 muestra el procedimiento de cálculo y acumulación de Unidades Calor

Cuadro 34. Ejemplo de cálculo y acumulación de UC > 3.3 °C.

Fecha (1998)	Temp. mín.	Temp. máx.	UC diarias	UC acumuladas
Mar. 10	3.0	19.0	7.7	7.7
Mar. 11	7.5	20.5	10.7	18.4
Mar. 12	4.0	20.0	8.87	27.1
Mar. 13	5.5	25.5	12.2	39.3
Mar. 14	7.0	30.5	15.4	54.7
Mar. 15	12.0	34.0	19.7	74.4
Mar. 16	4.5	24.5	11.2	85.6
Mar. 17	5.5	27.5	13.2	98.8
Mar. 18	6.0	28.5	13.9	112.8
Mar. 19	5.5	26.5	12.7	125.5
Mar. 20	2.5	24.5	10.2	135.7

Las UC para el 10 de marzo se calculan de la siguiente manera:

$$UC = [(19.0 + 3.0) / 2] - 3.3 = 11.0 - 3.3 = 7.7$$

De acuerdo con Harris (1995) y Harris y Dean (1997) el momento oportuno de control es la fecha cuando se han acumulado 1,831 UC > 38 °F, equivalentes a 1019 UC > 3.3 °C, el cual es el tiempo fisiológico requerido para que ocurra la pupación, emergencia de adultos, oviposición, eclosión y primeras entradas de larvas a las nuecesillas, (10,12).

Monitoreo con trampas de feromonas. Se sugiere utilizar tres trampas tipo delta (Pherocon 3^δ) por huerta. Las trampas deberán ser colocadas a principios de abril, sujetándolas de una rama baja del árbol a una altura conveniente para su fácil revisión, deberán estar separadas entre si por varios árboles y se revisarán dos veces por semana. Los atrayentes a base de feromonas pueden durar hasta tres meses. El momento oportuno de control es 14 días después de que se capturan las primeras

palomillas en las trampas. Este periodo de tiempo corresponde a los siguientes eventos, (11):

Evento	Días
Captura de primeras palomillas machos	0
Aparición de palomillas hembras	3
Periodo de cópula y preoviposición	4
Incubación de huevecillos	5
Periodo de alimentación de larvas antes de entrar a las nuecesillas	2
Total	14

Determinación de la necesidad de control.

Después de haber determinado el momento oportuno de control, la siguiente pregunta a contestar es si la población del GBN es capaz de causar un daño de 5% o más de las nueces que se esperan cosechar. Esto se debe determinar mediante muestreo de huevecillos y entradas de larvas a las nuecesillas durante intervalos específicos. El procedimiento consiste en muestrear secuencialmente 10 racimos por árbol hasta un total de 31 árboles. El primer muestreo se deberá efectuar cuando se hayan acumulado entre 963-979 UC. Si en este primer muestreo se encuentran dos o más racimos infestados por el GBN antes de muestrear un total de 310 racimos, esto indica que ocurrirá un daño económico y que se deben aplicar insecticidas; si no, se muestrea de nuevo a los dos o tres días después cuando se tengan 1,007 UC, siguiendo el mismo procedimiento anterior. Si en este segundo muestreo la infestación alcanza el umbral de acción señalado, se deberá aplicar inmediatamente para evitar un daño económico; si no, se efectúa un tercer muestreo dos días después. Si en este tercer muestreo se encuentran tres o más racimos infestados,

esto indica que algo de daño puede ocurrir y la decisión de aplicar será a juicio del productor, basándose en si las condiciones de clima retrasaron la oviposición más de lo normal. La Figura 40 muestra la ruta crítica a seguir para el muestreo y toma de decisiones de control del GBN, (10,12).

Métodos de control. Los insecticidas efectivos para el control del GBN en la Comarca Lagunera se muestran en el Cuadro 35. Otros insecticidas recomendados en otras regiones y que cuentan con registro de uso por la CICOPLAFEST son endosulfán, *Bacillus thuringiensis*, carbarilo y malatión, (16). El insecticida tebufenozide (Confirm) es un regulador del crecimiento de insectos que ha resultado efectivo para el control de esta plaga en E. U., por lo que es necesario su evaluación en la región, (4).

Cuadro 35. Insecticidas recomendados para el control del GBN en la Comarca Lagunera.

Insecticida	Dosis / 100 Lts de agua (g.i.a.)	Intervalo de Seguridad (Días)
azinfós metílico	35	**
diazinón	50-70	7
fenvalerato	10 .	21
metidation	65	60

** No asperjar este producto después de la apertura del ruzno.
g. i. a.= gramos de ingredie nte activo.

Algunos productores de nuez de la Comarca Lagunera efectúan liberaciones de la avispa *Trichogramma* para el control del GBN. La efectividad de estos insectos benéficos no se ha evaluado en la región. Es necesario la evaluación de insecticidas microbiales a base de *B. thuringiensis*, los cuales se usan en otras regiones para el control de esta plaga, (16).

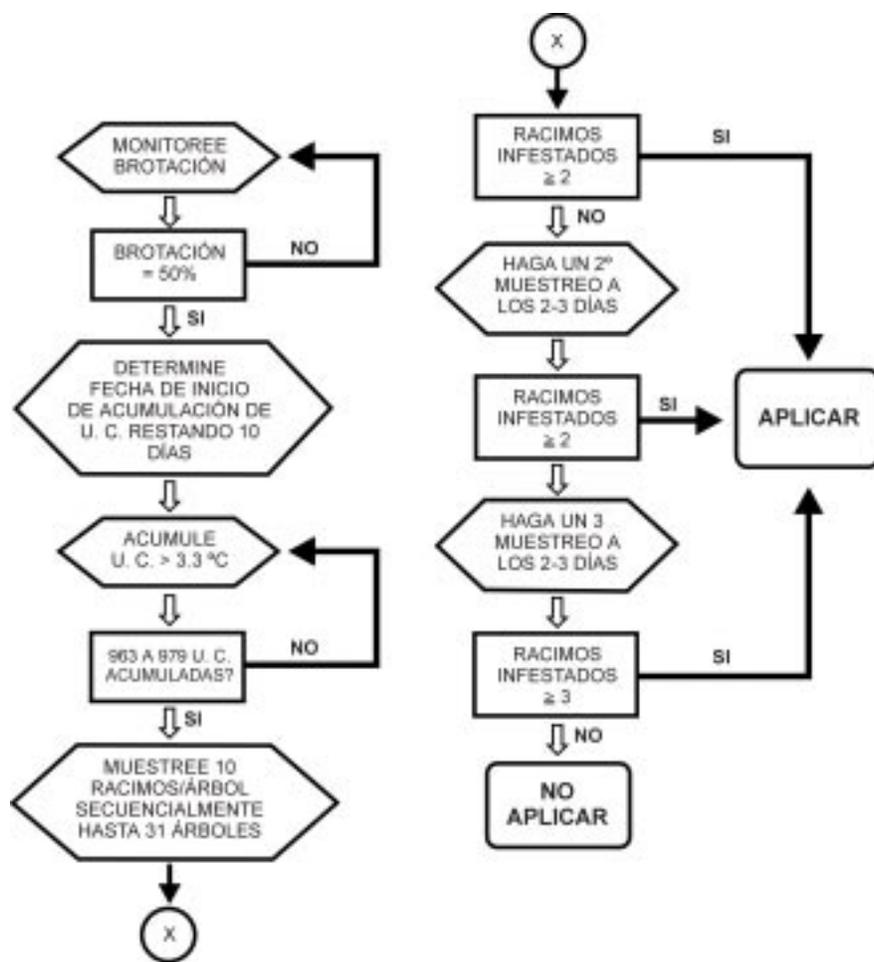


Figura 40. Ruta crítica para muestreo y toma de decisiones de control del GBN. (adaptado de Harris, 1995).

GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO

El gusano barrenador del ruezno (GBR), *Cydia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae) es una de las plagas primarias del nogal en México. Se encuentra ampliamente distribuida en las regiones nogaleras de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango, (15,16,17,25).

Descripción morfológica. El adulto es una palomilla de color café oscuro a negro grisáceo de unos 10 mm de largo y una expansión alar de poco más de 13 mm. La palomilla tiene forma de florero, lo cual es típico de la familia Tortricidae (Figura 41A). Los huevecillos son ovalados y aplanados, de color cremoso y de 0.5 a 0.8 mm de diámetro, son depositados individualmente sobre el ruezno. Las larvas son de color blanco cremoso con la cabeza café claro y alcanzan una longitud de alrededor de 10 mm al completar su desarrollo (Figura 41B). Las pupas son de color café claro y miden aproximadamente 10 mm de longitud (Figura 41C), (15,16,17,25).

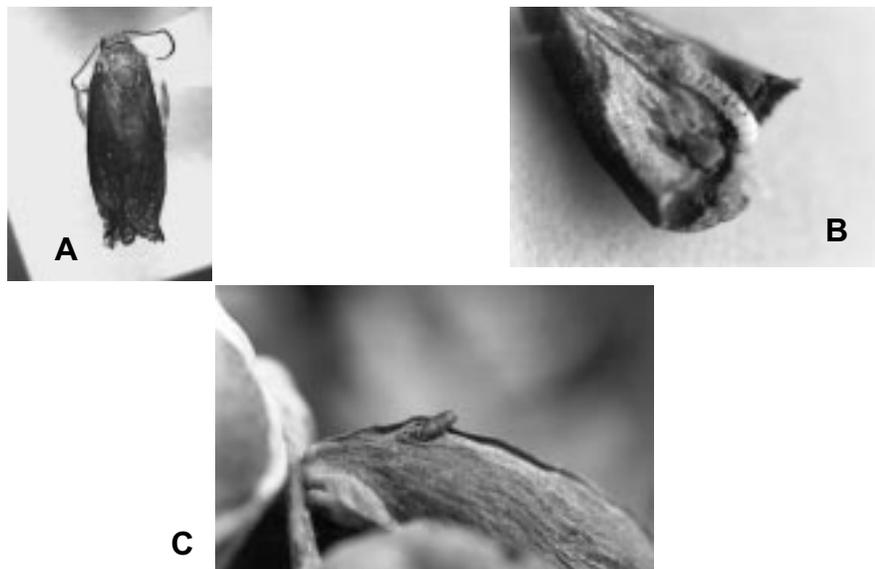


Figura 41. Adulto (A), larva (B) y pupa (C) del gusano barrenador del ruezno.

Biología y Hábitos. El GBR pasa el invierno como larva casi completamente desarrollada dentro de los rueznos caídos. Las larvas rompen su estado de diapausa y pupan en marzo y posteriormente ocurre la emergencia de adultos. La emergencia de adultos hibernantes es bimodal, ya que se ha detectado un primer pico de emergencia durante abril y mayo y otro de agosto a septiembre en las distintas áreas nogaleras de Chihuahua, Texas y Alabama. El número de generaciones del GBR varía con las condiciones ambientales del año y de la región. En Saucillo, Chihuahua se han detectado tres periodos de máxima captura de adultos en tramas con feromonas, el primero de mediados de abril a mediados de mayo, el segundo de mediados de junio a principios de agosto y un tercero de fines de agosto a fines de octubre. En este último periodo las capturas de adultos fueron más elevadas. El número de generaciones (incluyendo la de origen hibernante) reportadas es de tres en Chihuahua y Kansas, cuatro en Texas y Coahuila, de cuatro a cinco en Florida y de seis en Nuevo León, (15,16,17,25).

Daños. La capacidad de causar daño por el GBR depende en gran parte del estado de desarrollo de la nuez. Las generaciones que ocurren antes de la época fenológica de inicio de endurecimiento de la cáscara (15 a 30 de julio, dependiendo de la variedad) ocasionan la caída del fruto y no parecen ser de mucha importancia económica. Las generaciones del GBR que ocurren posteriormente son más abundantes y el daño a la nuez puede ser más significativo (Figura 42). Después del endurecimiento de la cáscara, durante agosto y septiembre, las larvas se alimentan del ruezno y no ocasionan su caída. Sin embargo, el daño al ruezno reduce la calidad y rendimiento de almendra e incrementa los costos de cosecha y del proceso de selección (Figura 43). En Texas se indica que se pueden tolerar niveles de infestación del 10% o menos de nueces infestadas. En Chihuahua se han reportado daños por caída de nueces y por reducción de la calidad de la almendra del 31%. Se considera que las variedades Burkett, Choctaw, Mahan y Wichita

son susceptibles; Cheyenne, Shaunee y Western son tolerantes; y Barton, Cherokee, Chickasaw, y Shoshoni son resistentes, (15,16,17,25).

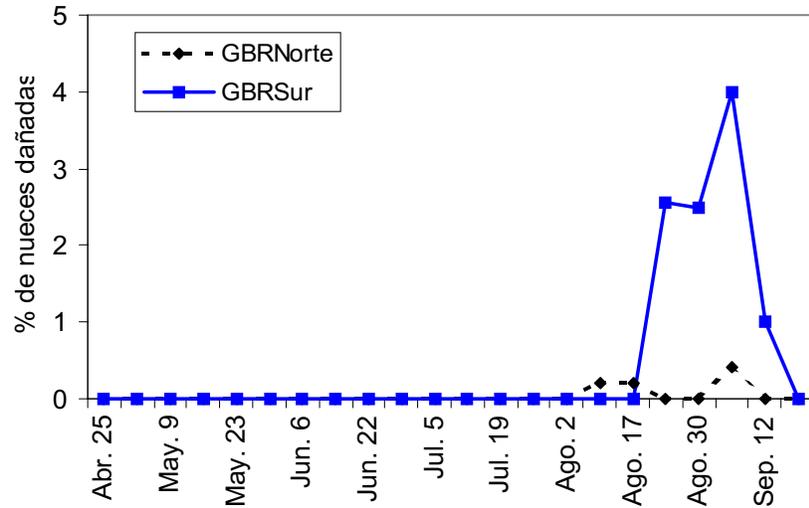


Figura 42. Fluctuación del porcentaje de nueces dañadas por el gusano barrenador del ruezno. Comarca Lagunera, 1995.



Figura 43. Comparación de nueces sin daño y con daño por gusano barrenador del ruezno en una huerta de nogal de la Comarca Lagunera

Determinación del momento oportuno de control.

El periodo crítico del nogal al daño por el GBR comprende del inicio de endurecimiento de la cáscara (25 a 30 de julio) a la apertura del ruego (6 a 20 de septiembre), es decir, comprende el periodo de llenado de la almendra. Con relación al insecto, las larvas y pupas no pueden ser controladas químicamente debido a que siempre se encuentran protegidas. Los huevecillos se encuentran expuestos y pueden ser controlados por parasitoides y depredadores. Los adultos son susceptibles de ser controlados mediante insecticidas. Para la determinación del momento oportuno de control de adultos se pueden emplear trampas de feromonas, trampas de luz negra y un método de pronóstico mediante acumulación de unidades calor, (15,16,25).

Monitoreo con trampas de feromonas. Se colocan trampas de feromonas tipo ala a principios de junio, a una altura de 6 a 10 m del árbol, del lado norte o este y entre el tronco y la mitad de la zona de goteo del árbol. El atrayente y la parte inferior de la trampa se cambian cada mes. Las trampas deben revisarse dos veces por semana, (15,16,25).

Monitoreo con trampas de luz negra. Este tipo de trampas se recomiendan para huertas pequeñas y son más precisas que las trampas de feromonas. Se recomiendan al menos dos trampas por huerta, se deben colocar a principios de junio, ubicadas a mitad de la copa de árboles pequeños a medianos o a una altura de 7 a 9 m en árboles grandes (18 m o más de altura). Las trampas de luz deben ser operadas al menos tres noches por semana y revisarse al siguiente día, (15,16,17,25).

Predicción mediante acumulación de UC. Este método requiere como primer paso recolectar nueces o rueznos infestados con larvas hibernantes, durante la cosecha, y colocarlos en una jaula de emergencia. Las jaulas se revisan dos veces por semana. La fecha de inicio de acumulación de

UC corresponde a la fecha de emergencia de las primeras palomillas. Las UC se calculan con base en las temperaturas máximas y mínimas diarias y una tabla precalculada de valores de UC por medios días con una temperatura base de 12 °C. De acuerdo con este método se debe efectuar una primera aplicación de insecticidas cuando la curva de emergencia de adultos en la jaula esté en una fase de rápido incremento. La segunda aplicación se deberá efectuar a las 612 UC de la primera, cuando ocurre la siguiente generación de adultos, (5,15,16,25).

Determinación de la necesidad de control. Solo se justifica efectuar una acción de control si la densidad o daño de la plaga rebasa un determinado umbral de acción por arriba del cual ocurre una pérdida económica. En Texas se considera que si en el año anterior existió un 20% o más de nueces infestadas en huertas sin tratamientos con insecticidas, se justifica efectuar una aplicación a mitad del periodo de endurecimiento de la cáscara y otra a los 10 a 14 días más tarde, en el presente año. En Kansas el umbral de acción es de 5 ó más palomillas/trampa/día capturadas en un período de tres días consecutivos, mediante monitoreo con trampas de feromonas. En Alabama el umbral de acción es de 8 adultos/ trampa de luz/noche del 15 de junio a la apertura del ruezno o cuando se capturen 3 a 7 palomillas/ trampa/noche durante tres períodos de trampeo consecutivos. En Georgia se recomienda aplicar si se capturan 7 o más adultos / trampa de luz / noche y si se observa un incremento en las capturas durante tres períodos de trampeo consecutivos, (12).

Métodos de control. Los insecticidas efectivos para el control del GBR en la Comarca Lagunera se presentan en el Cuadro 36. Otros insecticidas recomendados en otras regiones y que cuentan con registro de uso por la CICOPLAFEST son endosulfán, metidatió, azinfós metílico y fenvalerato, (17).

Cuadro 36. Insecticidas recomendados para el control del GBR en la Comarca Lagunera.

Insecticidas	Dosis / 100 Lts de agua (g.i.a.)	Intervalo de Seguridad (Días)
azinfos metílico	35	**
carbarilo	200-300	4

** No asperjar este producto después de la apertura del ruezno.
g. i. a.= gramos de ingrediente activo.

Los huevecillos del GBR pueden ser parasitados por la avispa *Trichogramma*, por lo que algunos productores realizan liberaciones de este parasitoide; sin embargo, no se han efectuado evaluaciones de su impacto en las poblaciones y daños de la plaga en esta región, (4,16).

En relación a medidas de control cultural, se recomienda quemar las ramas provenientes de la poda infestadas con plagas. La recolección y quema de rueznos y de nueces con ruezno pegado es una medida útil para reducir poblaciones invernantes del gusano barrenador del ruezno. También se recomienda la incorporación al suelo de nueces infestadas por esta plaga, mediante rastreo y riego, (16,25).

PULGONES

Los pulgones son los insectos más comunes en las huertas de nogal de la Comarca Lagunera. Existe un complejo de especies de pulgones en la región formado por el pulgón amarillo de alas con márgenes negros, *Monellia caryella* (Fitch), el pulgón amarillo del nogal *Monelliopsis pecanis* Bissel y el pulgón negro, *Melanocallis caryaefoliae* (Davis) (Homoptera: Aphididae). Este último es el de mayor importancia económica, (15,16,17,19).

Descripción morfológica. Los adultos de *M. caryella* tienen el cuerpo de color amarillo, las alas poseen márgenes de color negro y en reposo tienen una posición horizontal (Figura 44A). Las ninfas de esta especie son de color amarillo y presentan dos setas por segmento en la parte dorsal, las cuales forman dos hileras continuas a lo largo del cuerpo. Los adultos de *M. pecanalis* tienen el cuerpo de color amarillo, las alas no poseen márgenes pigmentados y en reposo tienen una posición casi vertical en forma de tejado. Las ninfas de esta especie son de color amarillo y tienen cuatro setas por segmento en el dorso. Los adultos de *M. caryaefoliae* son de color negro, con alas sin pigmentación y en reposo su posición es vertical en forma de tejado (Figura 44B). Las ninfas de *M. caryaefoliae* tienen el cuerpo de color verde olivo a oscuro, con dos setas por segmento en el área dorsal y dispuestas irregularmente a lo largo del cuerpo, sin formar hileras continuas, (15,16,17,19).



Figura 44. Ninfa y adulto de pulgón amarillo, *Monellia caryella* (A) y pulgón negro, *Melanocallis caryaefoliae* (B).

Biología y hábitos. Tanto el pulgón negro como el pulgón amarillo pasan el invierno como huevecillos bajo la corteza de las ramas o del tronco. En la primavera, después de la brotación del nogal, los huevecillos eclosionan y las ninfas (pulgones jóvenes) recién emergidas empiezan a alimentarse de las hojas más tiernas y succulentas. Las ninfas llegan a su madurez entre 7 y 10 días y se convierten en adultos, los cuales empiezan a reproducirse al día siguiente y duran reproduciéndose en promedio 18 días. Entre los 5 y 14 días de edad de los adultos

producen de 8 a 10 pulgones por día, dependiendo de la temperatura y otros factores; observándose la máxima reproducción a los 8 días de edad. La fecundidad promedio es de 125 ninfas por hembra; aunque algunos adultos son capaces de producir hasta 200 ninfas. Durante la mayor parte del año todos los adultos son hembras partenogenéticas con alas. Es decir, se reproducen sin la participación de los machos. A principios del otoño se producen machos con alas y hembras sin alas, las cuales son fertilizadas para posteriormente depositar los huevecillos hibernantes en la corteza de los árboles. Debido al ciclo biológico tan corto de los pulgones, pueden desarrollarse alrededor de 15 generaciones sucesivas durante el año. Las épocas de mayor incidencia de pulgones amarillos son durante junio y agosto (Figura 45); mientras que el pulgón negro es más abundante a partir de septiembre, alcanzando una máxima densidad en noviembre (Figura 46), (15,16,17,19).

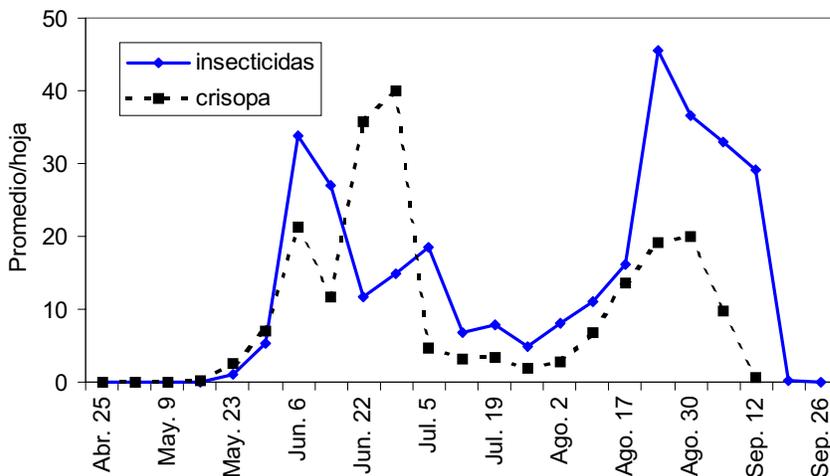


Figura 45. Fluctuación poblacional de pulgón amarillo en nogal con control químico y liberaciones de crisopa. Comarca Lagunera, 1995.

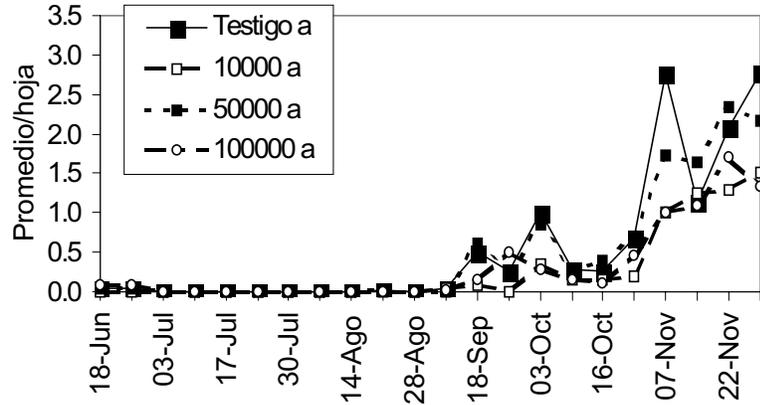


Figura 46. Fluctuación poblacional de pulgón negro en nogal con diferentes dosis de crisopa. Ej. La Joya, 1997.

Daños. Los pulgones amarillos causan los siguientes dos tipos de daño al nogal: daño directo por extracción de la savia de las hojas y daño indirecto por excreción de mielecilla (Figura 47A). El pulgón negro sólo causa daño directo por succión de savia, pero su efecto es más severo debido a que produce áreas cloróticas alrededor del sitio de alimentación, las cuales posteriormente se necrosan, causando defoliaciones severas y prematuras (Figura 47B). Cuando las poblaciones de pulgones amarillos son altas producen cantidades considerables de mielecilla, la que constituye un medio ideal para el desarrollo de fumagina. La fumagina reduce la captación de luz y la actividad fotosintética del follaje. El efecto general de los pulgones es una reducción en el área foliar fotosintética, a través de la defoliación, reducción del tamaño de las hojas, del contenido de clorofila, y de la captación de luz. El daño de los pulgones puede causar reducciones en la producción y calidad de la nuez en el presente año o en el siguiente ciclo agrícola. Las defoliaciones prematuras y severas en un año determinado causan una disminución en la acumulación de reservas por el árbol, afectando la floración y rendimiento del siguiente año, (3,15,16,17).



A



B

Foto 47. Mielecilla sobre hojas depositada por pulgones amarillos (A) y defoliación prematura ocasionada por pulgones negros (B).

Muestreo y umbral económico. El muestreo de pulgones consiste en revisar al azar 10 hojas por árbol en un total de 10 árboles seleccionados al azar por hectárea. Las hojas se deben tomar a una altura aproximada de 2.0 m, tanto de la parte central como de la periferia del árbol. La frecuencia del muestreo debe ser semanal, cuando las poblaciones sean bajas, y dos veces por semana cuando se encuentren cerca del umbral de acción. Si las poblaciones son muy elevadas la unidad de muestreo puede ser determinados folíolos, en vez de toda la hoja compuesta. Por ejemplo, se pueden revisar solo los cuatro folíolos medios y estimar la densidad en toda la hoja mediante un factor de corrección. El umbral de acción para Texas, Coahuila y Chihuahua es de 20 a 30 pulgones amarillos por hoja compuesta y de 2 a 4 pulgones negros por hoja compuesta, (15,16,20).

Métodos de control. Los insecticidas recomendados para el control de pulgones en la Comarca Lagunera se indican en el Cuadro 37. Otros insecticidas recomendados en otras regiones y que cuentan con registro de uso por la CICOPLAFEST son naled, disulfotón, etión metidatió y aldicarb, (16).

En la región se ha evaluado la efectividad de crisopa verde, *Chrysoperla carnea* contra pulgones amarillos y negros, por lo que se ha sugerido a los productores de nuez de la región realizar liberaciones de huevecillos de crisopa para el control

biológico de este complejo de pulgones, (14,18,21,22). La catarinita japonesa, *Armonia axyridis*, es un depredador de pulgones que requiere evaluación bajo las condiciones de la región, (27).

Cuadro 37. Insecticidas recomendados para el control de pulgones en la Comarca Lagunera.

Insecticidas	Dosis / 100 Lts de agua (g.i.a.)	Intervalo de seguridad (Días)
dimetoato	50	21
endosulfán	70-122	10
malatión	125	Sin limite
paratión metílico	75	15

g. i. a.= gramos de ingrediente activo.

Los pulgones del nogal son atacados por numeroso parasitoides, depredadores y hongos. Entre los insectos depredadores más comunes en la Comarca Lagunera están: la catarinita gris, *Olla v-nigrum*, la catarinita convergente, *Hippodamia convergens*, la crisopa verde, *Chrysoperla carnea*, la crisopa café, *Micromus* sp, (14). Dentro de los parásitos de los pulgones del nogal se encuentran la avispa *Aphelinus perpallidus*. El pulgón amarillo es atacado también por un hongo del género *Entomophthora*.

BARRENADOR DEL TRONCO Y RAMAS

El barrenador del tronco y ramas del nogal pecanero, también conocido como barrenador ambrosial, se encuentra distribuido en Parras de la Fuente, General Cepeda y Comarca Lagunera en el estado de Coahuila, en Nazas, Durango y en las entidades de San Luis Potosí, Jalisco y Chihuahua, (2,7,16).

Durante 1998 en la Comarca Lagunera los técnicos de la Junta Local de Sanidad Vegetal determinaron un 1.0% de árboles de nogal con presencia del barrenador, lo cual significa que de los 400,000 que hay en total, 4,000 árboles están afectados por esta plaga, (7,16).

Descripción morfológica. El adulto mide de 3 a 6 mm de largo por 2 a 3 mm de ancho, su cuerpo es duro, cilíndrico, de color café rojizo, con el primer par de alas endurecido sin venas y el segundo membranoso, utilizado para el vuelo. El adulto macho (Figura 48B) se caracteriza por tener las prolongaciones del declive elitral grandes y delgadas. Las larvas son carnosas de color blanco, sin patas, subcilíndricas y miden de 3 a 5 mm de longitud. Las hembras (Figura 48A) y la mayoría de los machos tienen un par de poros pequeños cerca del centro del pronotum, los cuales corresponden a la micetangia, (2,7,16).

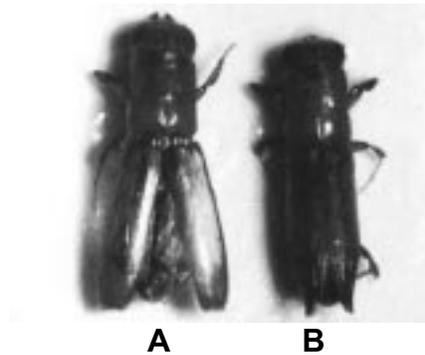


Figura 48. Adultos de hembra (A) y macho (B) del barrenador del tronco y madera, *Euplatypus segnis*.

Biología, hábitos y fluctuación poblacional. El ciclo biológico del barrenador del tronco según la literatura de huevo a adulto requiere de 105 a 110 días, por lo que pueden presentarse hasta dos generaciones al año con poblaciones superpuestas. De los adultos el macho es el que generalmente inicia la barrenación, seguido de la hembra que construye galerías y propaga los hongos que les servirán de alimento. Una vez establecidos, las hembras ovipositan a lo largo de las galerías. Las larvas recién emergidas se alimentan de los hongos que crecen en los túneles y cuando completan su desarrollo, construyen pequeños nichos laterales y en ángulo recto a las galerías, donde van a pupar, para que finalmente

emerjan los adultos que salen de los árboles o ramas para buscar nuevos sitios de ataque, copular y así iniciar otro ciclo. El barrenador pasa el invierno dentro de las galerías, (2,7,16).

En Parras de la Fuente, Coahuila, determinaron la presencia de dos picos poblacionales de esta plaga, el primero durante julio; y el segundo durante octubre. En la Comarca Lagunera, durante dos años de muestreo con trampas de alcohol, en la huerta de Alamito se presentaron cuatro poblaciones altas; una en la tercera semana de abril, la segunda de mediados de junio a fines de julio, la tercera y cuarta con promedios mucho menores a fines de febrero y principios de marzo y a mediados de septiembre, respectivamente (Figura 49). En la huerta de Hormiguero hubo un comportamiento similar, pero con promedios más bajos de junio a fines de julio (Figura 50), (6,7,16).

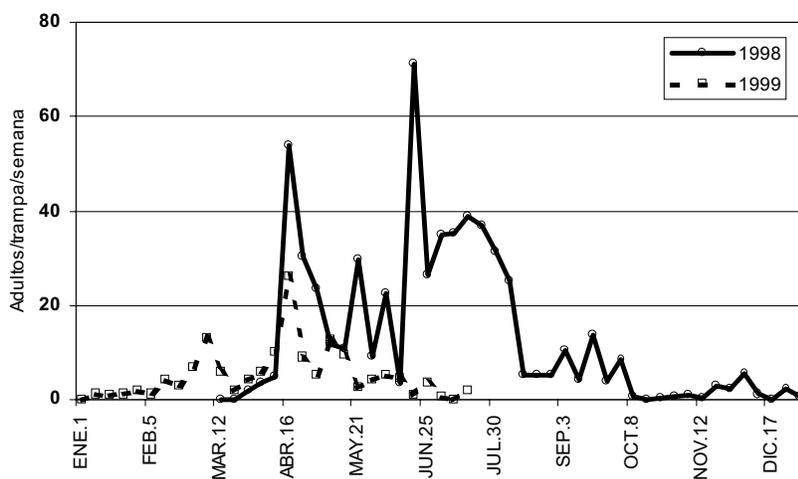


Figura 49. Monitoreo del barrenador del tronco y de la madera, *Euplatypus segnis* con trampas de alcohol, durante dos años en la Huerta de nogal de Alamito, Coah.

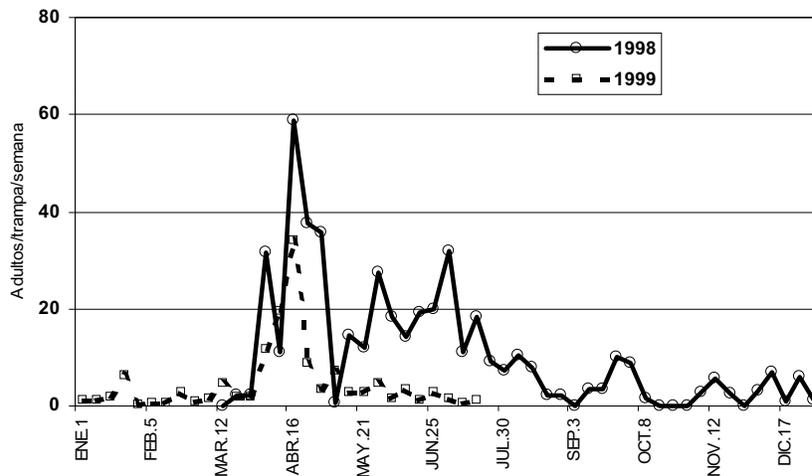


Figura 50. Monitoreo del barrenador del tronco y de la madera, *Euplatypus segnis* con trampas de alcohol, durante dos años en la Huerta de nogal de Hormiguero, Coah.

Daños. Los barrenadores atacan principalmente a árboles debilitados y/o estresados, ya sea porque son viejos, por falta de agua, por heridas causadas mecánicamente, por incendios, fríos intensos, nevadas y sequías prolongadas, entre otros. Estos árboles producen una sustancia química que atrae a insectos de las familias Scolytidae y Platypodidae. En el sur de Coahuila *E. segnis* se ha observado tanto en huertas mal atendidas, como en huertas bien manejadas, también, se ha encontrado atacando a árboles de aguacate, higuera, manzano, membrillo, durazno, granado, chabacano, damasco, álamo, mora y fresno. Además de la presencia de líquidos en la corteza de los árboles infestados, se pueden encontrar “churros” o “cigarros” de aserrín de tamaño regular en los orificios de salida en troncos, ramas y en el suelo en la base del tronco. El aserrín es diferente al de bupréstidos y otros insectos, los cuales producen un aserrín muy molido. Los orificios son redondos del tamaño de una cabeza de alfiler (tiro de munición). Otros

síntomas son: follaje triste y escaso, árboles debilitados, presencia de líneas oscuras verticales y en diferentes direcciones en cortes transversales. En la Comarca Lagunera esta plaga se ha encontrado atacando árboles en desarrollo y en plena producción, y en huertas con buen o mal manejo (Figura 51A). Puede haber líquidos que salen del árbol que mojan y manchan la corteza por fuera; esto último es muy importante para reconocer nuevos ataques (Figura 51B), (2,7,16).



A



B

Figura 51. Arbol de nogal con síntomas de ataque del barrenador del tronco y la madera, *Euplaypus segnis* (A) y síntomas de exudados en el tronco (B).

Muestreo y umbrales de acción. A nivel de huerta, se requiere un registro de todos los árboles para precisar la situación de cada árbol en base a criterios de riesgo de muerte (desde el criterio 1: árboles totalmente sanos, hasta el 5 con árboles muertos). En términos de control, se recomienda sacrificar a los árboles en riesgo 4 y 5, ya que son importantes fuentes de infestación, sobre todo los árboles cuatro. En trabajo realizado en Parras de la Fuente, Coahuila. se estimó que aproximadamente el 41% de los árboles de nogal estuvieron sanos (riesgo de muerte 1); el 36% presentó un riesgo de muerte 2; 15% con categoría 3; 4% con un riesgo 4 y; 3% con árboles muertos, es decir con categoría 5.

Respecto al umbral económico, este se desconoce, sin embargo, la recomendación es proteger y manejar adecuadamente a aquellos árboles ubicados en las categorías 2 y 3, (7,16,26).

Métodos de control. Como práctica cultural, se pueden cubrir los troncos con plástico negro o transparente impregnados con pegamento, de tal forma que los adultos se peguen y se reduzca la infestación a otros árboles. También se ha recurrido a descortezar troncos, realizar podas severas, tumbar y quemar árboles muertos o muy infestados. Como se mencionó previamente, el control debe dirigirse contra árboles con riesgo de muerte 2 y 3 a base de buen manejo y utilización de insecticidas como Malatión y Cipermetrina, aplicándolos preferentemente en la tarde y de manera dirigida hacia los sitios infestados. Un atrayente efectivo de adultos, es el alcohol etílico al 70%, el cual puede servir para monitorear a esta plaga en grandes superficies, (2,7,16).

CHINCHES

Las especies de chinches encontradas más comúnmente en las huertas de nogal son la chinche apestosa áspera, *Brochymena* spp., conchuela verde, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) y la chinche de patas laminadas, *Leptoglossus zonatus* (Hemiptera: Coreidae), (2,13,16).

Descripción morfológica. Las especies de pentatómidos tienen el cuerpo en forma de escudo y sus antenas poseen cinco segmentos. La chinche apestosa áspera es de color café oscuro rojizo, con marcas blancas y oscuras en los bordes del abdomen que sobresale de las alas (Figura 52A) La conchuela verde mide unos 15 mm de longitud, es de color verde oscuro, algo brillante (Figura 52B). Puede presentar 3, 5 ó 7 manchitas blancas en la parte anterior del escutelo, junto al pronoto. La chinche de patas laminadas es de color café oscuro brillante

con una mancha clara irregular y transversal en las alas anteriores, mide de 18 a 20 mm de longitud (Figura 52C). Los huevecillos de las especies de Pentatomidae tienen forma de barrilitos y se presentan en masas. Las ninfas tienen el mismo aspecto que los adultos, pero sin alas, y en el caso de las ninfas de la chinche de patas laminadas, carecen además del ensanchamiento en las patas, (2,13,16).

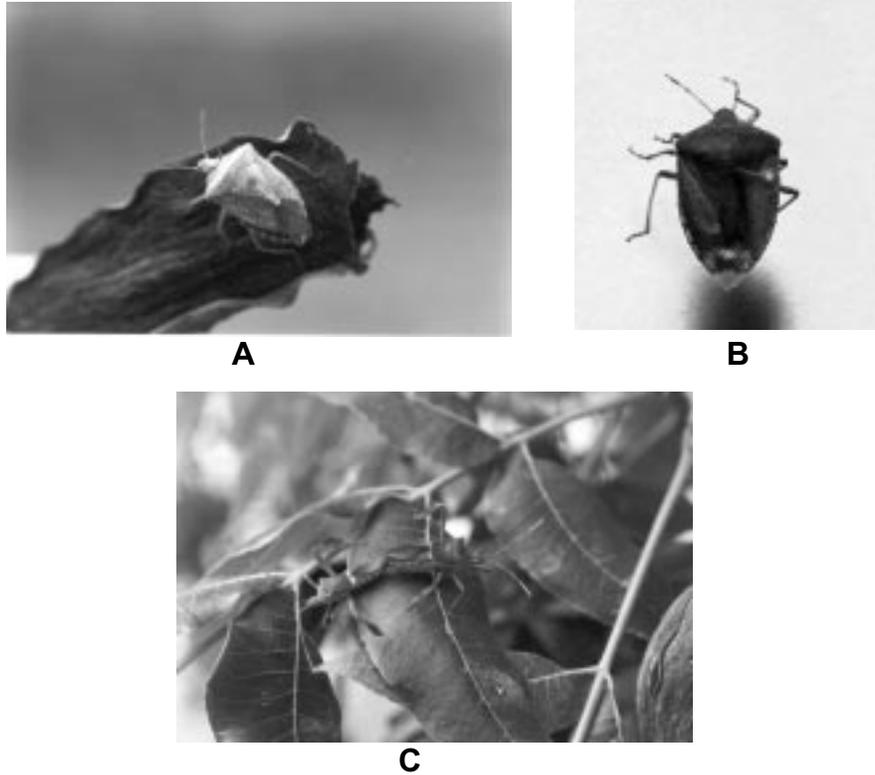


Figura 52. Adultos de chinche apestosa áspera, *Brochymena* spp. (A), chinche verde, *Nezara viridula* (B) y chinche de patas laminadas, *Leptoglossus zonatus* (C).

Biología, hábitos y dinámica poblacional. Estas especies de chinches hibernan como adultos. En la primavera se alimentan y reproducen en maleza y varios cultivos, tales como soya, sorgo y maíz, de donde emigran al nogal, el cual es considerado solo un hospedante alternativo. Se considera que estas plagas pueden tener alrededor de cuatro generaciones al año. La chinche apestosa áspera es la especie relativamente más abundante, sobre todo durante los meses de mayo a mediados de julio. La chinche verde y la chinche de patas laminadas se pueden presentar de agosto a octubre, aunque en cantidades bajas, (2,13,16,24).

Daños. Los pentatómidos son polífagos y sólo ocasionalmente utilizan al nogal como hospedante. Cuando las chinches se alimentan de las nueces en formación ocasionan su caída. Después del endurecimiento de la cáscara, las nueces picadas no se caen, pero se afecta su calidad ya que las picaduras forman manchas oscuras en la almendra, lo que les da mal aspecto y sabor desagradable, (2,13,16).

Muestreo y umbrales de acción. No existe un método de muestreo bien definido. No obstante, en Texas se sugiere evaluar el daño en varios racimos y si se encuentra una nuez dañada de cada 100 revisadas o 2.5 % de racimos afectados de julio a octubre, esto justificaría una acción de control. Para la región Lagunera se sugiere muestrear a partir de mayo, (16).

Métodos de control. En estudios realizados regionalmente, se ha estimado un porcentaje de parasitismo natural de huevecillos de chinches de 44 a 65% y se han identificado algunas especies de avispidas parasitoides de huevecillos, como *Trissolcus* spp., *Telenomus* spp., *Neorileya* spp. y *Anastatus* spp, (23). En Texas se indica que los insecticidas cipermetrina (sin registro de uso por la CICOPLAFEST en nogal en México), esfenvalerato o carbarilo aplicados contra otras plagas, también pueden controlar estas chinches. Como medidas

de control cultural se recomienda en la primavera eliminar la maleza dentro y alrededor de la huerta, ya que éstas constituyen su principal fuente de alimento. No se deben intercalar cultivos susceptibles entre los nogales ni sembrar coberteras como *Crotalaria* spp. o *Sesbania* spp. Se puede utilizar chícharo como cultivo trampa, sembrándolo alrededor de la huerta en julio y aplicar insecticidas a fines de agosto y en septiembre para eliminar a las chinches antes de que se muevan al nogal, (2,16).

LITERATURA CITADA.

1. Cortés O., D. 1997. Gusano barrenador de la nuez. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 203-218.
2. Cortés O., D. y A. Salas F. 1997. Plagas secundarias del nogal. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 219-227.
3. Duarte L., E. 1997. Daño por áfidos en el nogal. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 69-80.
4. Ellington, J., T. Carrillo y C. Sutherland. 2001. Biological control options in New México pecans. Memorias del XXIV Congreso Nacional de Control Biológico. 9-10 de agosto. Chihuahua, Chih. Pp. 219-225.
5. Flores M., A. 1989. Barrenador del ruezno, *Laspeyrezia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Olethreutidae), su ciclo biológico en unidades calor y relación fenológica cultivo-plaga, en Delicias, Chih. Tesis de Lic. Universidad Autónoma Chapingo. 49 p.
6. Galván de L., O. A. 2000. *Euplatypus segnis* (Chapuis): Fluctuación poblacional y magnitud de daño a nogales en Parras, Coahuila. *In*: Vázquez N. J. M. (ed.). Memoria del II Curso de actualización fitosanitaria en nogal. 10 y 11 de marzo. ITESM Campus Laguna, Torreón, Coahuila. pp. 45-47.
7. García M., O. 1999. «El barrenador ambrosial *Euplatypus segnis* (Chapuis) del tronco y ramas del nogal (*Carya illinoensis*)». Memorias del Séptimo Simposium Internacional Nogalero NOGATEC. 23, 24 y 25 de septiembre. ITESM Campus Laguna, Torreón, Coahuila. s/n.
8. García S., C. 1986. Dinámica de población y combate del barrenador de la nuez *Acrobasi nuxvorella* Neunzing, en la Región Lagunera. Publicación Especial N° 23. 5° día del Nogalero, 1986. pp. 13 - 22.
9. Harris, M. K. 1983. Ingrated pest management of pecans. *Ann. Rev. Entomol.* 28:291-318.

10. Harris, M. K. 1995. Manejo Integral de Plagas. *In: Memorias del 3er. Simposium Internacional Nogalero, Nogatec 95. Patronato para la Investigación y Producción de Nuez, A. C. Torreón, Coah. pp: 30-38*
11. Harris, M. K. 2000. La Feromona del Gusano Barrenador de la Nuez en el MIP del Nogal. *Memorias del 8°. Simposium Internacional Nogalero, Nogatec 2000. 17-19 de agosto. Torreón, Coah. pp. 25-33.*
12. Harris, M. K. y D. A. Dean. 1997. Pecan pest management. CD-ROM. Texas A&M University.
13. Hernández V., E. 2002. Identificación, fluctuación poblacional, y evaluación de daños por chinches del nogal en la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría en Ciencias. Subdirección de Postgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 51 p.
14. Martínez A., I. P. 2002. Dinámica poblacional de insectos benéficos, pulgones e identificación de especies de crisopa en huertas de nogal pecanero *Carya illinoensis* Koch, con alfalfa como cobertura vegetal en la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Durango. 170 p.
15. Nava C., U. 1994. Manejo Integrado de Plagas. En: Torres E., C. y Reyes J., I. (eds.). *El Nogal Pecanero. CELALA, INIFAP. Matamoros, Coah. pp. 115-130.*
16. Nava C., U. y M. Ramírez D. 2001. Manejo integrado de plagas del nogal. Memoria de la XIII Semana Internacional de Agronomía. 5-7 de septiembre. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. pp. 77-90.
17. Pacheco M., F. 1994. Plagas de los cultivos oleaginosos en México. Libro Técnico No. 3. INIFAP-CIANO. Cd. Obregón, Son. 600 p.
18. Ontiveros M., Y. 2001. Desarrollo, sobrevivencia, fecundidad y estadísticas vitales de la crisopa verde, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) nativas y de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Biología de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. 69 p.

19. Quiñones P., F. J. 1997. Morfología, biología y hábitos de los pulgones del nogal. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 51-68.
20. Quiñones P., F. J. 1997. Muestreo y control de pulgones del nogal. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 81-112.
21. Ramírez D., M. y U. Nava C. 1998. Influencia del tipo y cantidad de alimento sobre el desarrollo e índices demográficos de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Memoria XXI Congreso Nacional de Control Biológico. Río Bravo, Tamaulipas. pp. 147-149.
22. Ramírez D., M. y U. Nava C. 2000. Efectos de la dieta sobre la biología de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Segundo Curso de Actualización Fitosanitaria en el Cultivo del Nogal. ITESM, Campus Laguna. Torreón, Coahuila. Marzo 11 y 12.
23. Ramírez D., M. y U. Nava C. 2001. Identificación de parasitoides y evaluación de parasitismo natural en chinches del nogal. Informe de Investigación. CELALA-CIRNOC-INIFAP.
24. Ramírez D., M., U. Nava C. y E. Hernández V. 2000. Identificación, fluctuación poblacional y evaluación de daños de chinches en nogal. *In*: Silos C., M. C., S. Valenzuela R., A. Córdova U., A. Marínez R. y E. Salazar S. (eds.). Memoria de la XII Semana Internacional de Agronomía, Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED. Gómez Palacio, Durango. pp. 14-17.
25. Rojo T., F. y D. Cortés O. 1997. Gusano barrenador del ruezno. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 183-202.
26. Sifuentes I., A. 2001. Fluctuación poblacional de adultos del barrenador ambrosial del tronco y ramas del nogal, *Euplatypus segnis* (Chapuis) (Coleoptera: Platypodidae) y el gusano barrenador del ruezno, *Cydia caryana* Fitch (Lepidoptera: Tortricidae) y sus sistemas de muestreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Subdirección de Postgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 90 p.

27. Tarango R., S. H. 1997. Depredadores de áfidos del nogal. *In*: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 113-150.

ENFERMEDADES DEL NOGAL

Teodoro HERRERA PÉREZ
José Alfredo SAMANIEGO GAXIOLA

PUDRICIÓN TEXANA

La enfermedad más importante del nogal *Carya illinoensis* L. en la Región Lagunera es la “pudrición texana” o pudrición de la raíz asociada al hongo *Phymatotrichum omnivorum* Shear (Duggar). El hongo es nativo del Norte de México y Suroeste de Estados Unidos de América y se encuentra distribuido en una amplia gama de suelos (27). *P. omnivorum* ataca más de 2000 especies de plantas, donde se incluye la mayoría de las especies cultivadas con excepción de: espárrago (*Asparagus officinalis* L.), fresa (*Fragaria* spp.), palma datilera (*Phoenix dactylifera*), ajo (*Allium sativum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), y todas las especies gramíneas. El patrón naranjo agrio (*Citrus aurantium*) y las especies cucurbitáceas son resistentes a su ataque (41, 42).

Magnitud del Problema.

En un muestreo realizado durante 1984, en 89 nogaleras distribuidas en La Laguna (17), se determinó que el 92% tenían la enfermedad; de acuerdo al muestreo, la incidencia fue 3.1% de árboles muertos y 8.1% de nogales con síntomas. La frecuencia de huertas y porcentaje de incidencia de la enfermedad se muestra en el cuadro 38. Recientemente, en La Laguna, se realizó un censo en 17 huertas de nogal, cuyas edades en 1995 oscilaban entre lo 10 a 48 años, las huertas ocupaban una superficie de cerca de 450 ha; la incidencia de la enfermedad en dichas huertas fue de 10.5% en promedio y los detalles por huerta se muestran en el cuadro 39. De manera

preliminar se han calculado las pérdidas que la pudrición texana causa al cultivo de nogal en La Laguna, es de 12 millones de pesos anualmente (33).

Cuadro 38. Frecuencia de huertas que presentaron árboles con síntomas o muertos por pudrición texana con relación a la incidencia de la enfermedad.

Rangos de incidencia (%)	Frecuencia de huertas que muestran árboles	
	Con síntomas	Muertos
0.1 - 5.0	42	69
5.1 - 20.0	34	21
20.1 - 50.0	16	1
>50.0	0	0

Fuente: Herrera y López, 1984 (17).

Cuadro 39. Porcentaje de incidencia de árboles con síntomas de pudrición texana en 17 huertas de nogal en la Región Lagunera de 1995 a 1998

NOMBRE DE LA HUERTA	Años			
	1995	1996	1997	1998
BARRANCA	2.9	4.4	5.0	6.6
CHUPÓN	0.0	0.0	0.0	0.0
DON ROBERTO	0.0	0.0	0.0	0.0
DOÑA MARGARITA	1.4	1.9	3.5	2.4
ENCANTADA	6.8	6.8	8.9	10.0
FLORENCIA	23.5	24.5	26.0	23.9
FLORIDA	21.9	16.6	12.9	12.0
HERRADURA	4.1	2.6	4.6	4.2
IPANEMA	5.0	8.1	7.2	7.7
PIEDRITAS	4.1	5.3	10.6	11.0
ROSETAL	5.9	8.9	8.2	7.0
SAN FELIPE	9.4	4.7	7.5	3.5
TIERRA BLANCA	1.3	1.2	1.3	1.3
UNIÓN	2.1	2.8	2.7	3.9
VENECIA	1.8	2.0	5.5	5.7
VERGEL	6.7	8.5	11.6	15.2
VIÑASOL	4.1	5.2	5.5	4.1

Fuente: Samaniego, Herrera y Santamaría, 1998 (33).

Síntomas en el Follaje

En huertas jóvenes de uno a cuatro años de edad, los árboles mueren en forma repentina y quedan con las hojas fuertemente adheridas, aunque vientos intensos puede desprenderlas. La muerte de los árboles ocurre comúnmente de junio a septiembre, sin que estos muestren síntomas visibles de estar afectados por la enfermedad. En contraste, por lo general, en árboles enfermos de cinco o más años de edad, los síntomas de la enfermedad se manifiestan en forma gradual (Cuadro 40).

Cuadro 40. Árboles con síntomas o muertos por pudrición texana con relación a la edad de las huertas en la region lagunera

Rango de edad de las huertas (años)	% de árboles	
	Con síntomas	Muertos
1-2	0.0	3.0
3-4	3.9	7.1
5-7	8.2	3.8
8-10	12.3	1.6
11-13	10.5	1.2
>13	3.0	0.5

Fuente: Herrera y López, 1984 (17).

Cuando el árboles muestra un avance gradual de la enfermedad, las hojas empiezan a presentar un tono color amarillo con tinte café o amarillo-bronceado, que es distinto del color verde oscuro del cultivar Western, o de verde claro de Wichita y del follaje amarillo debido a deficiencia de fierro (Figura 53). En estos árboles el color amarillo del follaje aumenta en intensidad durante el verano, aunque puede no hacerlo, en cuyo caso las hojas presentan deshidratación o muerte en su base, parte media o punta. Estos síntomas, algunas veces son seguidos por una defoliación prematura parcial o total del árbol.



Figura 53. Síntomas de purición texana en nogal, grado leve.

Se encontró una relación entre la intensidad de color amarillo del follaje o defoliación con la intensidad de daño que el patógeno ha causado en la raíz (19, 21). Los árboles con follaje amarillento, escaso o defoliado presentan de 60 a 90% de sus raíces con pudrición (19), si estos árboles sobreviven, a la primavera siguiente, su follaje es escaso, el color de las hojas es verde claro o verde opaco y se presentan muerte de las ramas más jóvenes que ocupan la periferia de la copa; si esto ocurre, los brotes en las ramas más gruesas que quedaron vivas son de mayor longitud y vigor con hojas de color verde normal. En algunos árboles es imperceptible el avance de los síntomas iniciales durante el verano, por lo general, permanece la misma densidad de follaje que se desarrolló en primavera durante el resto del año. Los nogales enfermos pueden distinguirse de los sanos desde fines de abril o principios de mayo hasta finales de septiembre o principios de octubre.

Debido a la diferencia en la época en que los árboles son atacados inicialmente por el hongo, y de acuerdo con la rapidez con que las raíces son invadidas, en una huertas con pudrición texana, se encuentran árboles con una gama diferente de síntomas.

Síntomas en la Raíz

Las raíces del árbol al ser invadidas por el hongo, muestran lesiones elípticas u ovaladas de color café en la corteza y madera, que contrasta con el color blanco del tejido sano (Figura 54). En raíces con mayor tiempo de invasión y muertas por el hongo, la corteza se desprende fácilmente y sobre ésta se observan los cordones miceliales característicos de *P. omnivorum*. Los cordones tienen aspecto de hebras de estambre, son delgados y de color blanco crema en las raíces recientemente invadidas; pero son gruesos y de color café claro a oscuro conforme transcurre su permanencia sobre las raíces.



Figura 54. Lesiones en la raíz de nogal causadas por *P. omnivorum*.

Características del Patógeno

El patógeno sobrevive y desarrolla su ciclo de vida en las raíces y suelo. En donde forma estructuras globosas u ovoides de 0.3 a 5 mm de diámetro conocidos como esclerocios. Los esclerocios se originan a partir de cordones miceliales que el hongo produce en el suelo o sobre las raíces de los cultivos o plantas susceptibles. El esclerocio es una agregación compacta de células de pared delgada, rodeadas por una cubierta de células de pared gruesa. Una vez formado el esclerocio, puede germinar y formar el cordón micelial, cuya función es colonizar nuevas raíces, si esto ocurre, todo el esclerocio se utilizará para formar cordones miceliales, pero si no, el cordón formado se desprenderá del esclerocio y este podrá volver a germinar cuando existan condiciones favorables, como lo pueden ser en presencia de raíces de cultivos susceptibles.

Los cordones miceliales tienen un aspecto de hebras de un hilo, están formados por células alargadas llamadas hifas, las hifas están rodeadas por células pequeñas de pared gruesa, muchas de ellas con prolongaciones en forma de cruz y de aguja, que es una característica única del género (41). A partir de los cordones se pueden formar esclerocios, o dar origen en la superficie del suelo húmedo a estructuras con aspecto de cojín, de color blanco crema, cuando son jóvenes a café crema y de consistencia similar al talco pocos días después. Estas estructuras conocidas como masas de esporas, se forman solamente en el verano en las paredes de hoyos, zanjas o agujeros o sobre el suelo que no pierde humedad superficial por estar de 4 a 5 días sombreado por el árbol, por malas hierbas o durante períodos de lluvia prolongados. Las masas de esporas son estructuras reproductoras constituidas por conidióforos globosos que producen esporas de tipo botriblastosporas; las esporas, aparentemente no son capaces de diseminar la enfermedad, debido a que su germinación es muy baja.

El hongo *P. omnivorum* crece y se reproduce rápidamente a temperaturas de 28 a 30°C, aunque hay crecimiento y producción de cordones miceliales y esclerocios en el rango de 15 a 35 °C. Su crecimiento se detiene a temperatura menor de 12 y mayor a 37 °C (18, 46).

El micelio se desarrolla en un medio de cultivo con pH entre 3 a 8 (6). Sin embargo, se requieren suelos con reacción neutra o alcalina para la formación de los cordones miceliales y esclerocios. Los esclerocios no se forman o son escasos en suelos con pH menor de 5, por lo que la pudrición texana se mantiene baja en las regiones cuyos suelos son cercanos a este valor (1, 18). Por otra parte, se ha tratado de encontrar una relación entre la salinidad del suelo y la sobrevivencia del hongo o presencia plantas enfermas (21, 26), sin haberlo logrado; no obstante, se ha obtenido una correlación entre suelos con más altos contenidos de magnesio y escasa o nula expresión de plantas enfermas (24, 26, 33, 36), al respecto no se tiene una explicación.

El hongo sobrevive en el suelo hasta por 11 años en ausencia de una planta huésped y como cordón micelial de un año a otro (41, 46) y en forma natural, se encuentra infestando el suelo hasta la profundidad a la que llegan las raíces de las plantas atacadas, pero los esclerocios se han encontrado más comúnmente a profundidad de 0.15 a 1.20 m (3, 18).

Se considera que el micelio y el esclerocio tienen poca capacidad para competir con los microorganismos saprobios en el suelo (21); sin embargo, el esclerocio soporta dicha competencia gracias a que permanece en estado latente sin germinar. Aunque se determinó que los esclerocios pierden su viabilidad al someterse a una competencia con microorganismos saprobios, inducida al adicionar glucosa en el suelo e inundarlo (31). Al parecer, condiciones de inundación o cercanas, no permiten la germinación de los esclerocios e inducen su pérdida

de viabilidad, aunque esto ocurre después de meses (21, 31, 38, 47).

Características de la Enfermedad

Los nogales enfermos expresan una o más de las siguientes características: menor crecimiento, reducción en su rendimiento de nuez, muerte, transmisión de la enfermedad a los árboles contiguos sanos y recuperación de la sanidad a través de reversión de síntomas.

Nogales que tienen varios años de estar enfermos y no logran recuperarse ni morir, se mantienen con un crecimiento por debajo de los árboles sanos (18). Una fuerte reducción del rendimiento de nuez se presenta conforme la severidad (intensidad de la enfermedad) se incrementa en nogales atacados por *P. omnivorum*, esta relación se aprecia en la figura 55 (32). A partir 25 mil nogales, se calculó que entre 1 a 2 % murieron por la enfermedad entre 1995 a 1998 (datos no publicados).

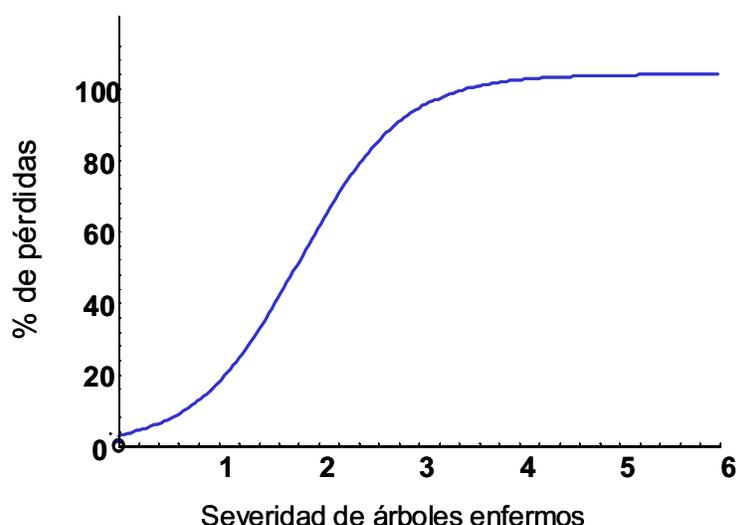


Figura 55. Pérdida de rendimiento de nuez en el cultivo de nogal en relación con la severidad de árboles enfermos de PT. Fuente: Samaniego, Herrera y Santamaría. 1996 (32).

Respecto a la transmisión de la enfermedad se tienen evidencias que el manejo y la condición de suelo influyen en la expresión y diseminación de la enfermedad en el nogal y otros cultivos (10, 22, 23, 24, 33, 36); presentándose el riego como el principal factor involucrado, de tal manera que, en el cultivo de nogal establecido en áreas con más de seis riegos no se incrementó la incidencia de la enfermedad en más de un 13% (excepto en un caso) en contraste, con un incremento entre 31-82% en áreas con menos de seis riegos (33).

La forma de diseminación más común de la pudrición texana es por crecimiento de cordones miceliales, formados por el patógeno sobre las raíces de las plantas enfermas, o plantas nativas que sirven como reservorios o portadoras. El traslado y plantación de árboles que contienen el hongo, sobre o dentro de sus raíces, también es una forma frecuente de diseminación de la enfermedad (18, 41). Por otra parte, no se tiene evidencia experimental de que la diseminación de la enfermedad sea por el acarreo de los conidios del hongo, en el agua de riego o por implementos de cultivo. El movimiento superficial del suelo no ha resultado ser el medio de acarreo de la enfermedad de las áreas infestadas o las no infestadas (28).

Medidas de Prevención

El hongo *P. omnivorum* sobrevive en el suelo por muchos años (41). Sin embargo, los suelos difieren en la distribución de la infestación por este patógeno. Los árboles frutales establecidos en terrenos altamente infestados mueren en los primeros años después de ser plantados. En áreas donde la infestación es general se pierde el 100% de la inversión. Por lo cual, es aconsejable conocer el grado de infestación que existe en el terreno donde se planea establecer la huerta. Para ello es útil el uso del algodón y la alfalfa como cultivos que sirven como indicadores de las áreas de los suelos infestados por el

hongo. Una vez localizada una zona libre de pudrición texana se deben plantar árboles sin lesiones o parte de su raíz muerta.

Algunas investigaciones sugieren que mejorar las condiciones de manejo o suelo en los cultivos susceptibles a *P. omnivorum* podrían prevenir su ataque o al menos tolerarlo por parte de la planta (33), por ejemplo, el aplicar subsuelo, resultó ser una práctica que permitió menos plantas de algodón afectadas que aplicar amoníaco al suelo como fumigante (29). Es importante no someter al nogal a estrés de agua en donde existe pudrición texana, pues existen evidencias que este factor predispone al nogal para ser atacado (33), también se debe considerar que el agua es el factor más importante para la obtención de cosechas de nuez comerciales (37).

Métodos de Control

Los árboles en producción con grado de síntomas leves o medios de pudrición texana (Figura 53 y 56), pueden ser recuperados al ser tratados con una sola aplicación de fungicidas sistémicos, (2, 11, 14, 44, 45). Los árboles con síntomas fuertes a severos (Figura 57, 58 y 59) requieren de varios años de aplicación de fungicidas (8, 9, 11). Dichos árboles, se han mantenido vivos con buen vigor y producción mediante poda del 30% en su copa y aplicación de 30 ton/ha de estiércol vacuno por dos años consecutivos (15, 21). Sin embargo, algunos vuelven a mostrar síntomas 4 a 5 años después de estos tratamientos.

Los tratamientos a los nogales enfermos estarán en función de la severidad de síntomas, por ejemplo, aquellos que muestren follaje amarillento (Figura 53 y 56) se deberán marcar en septiembre con una raya en el tronco usando pintura vinílica roja y se podrá optar por una aplicación de fungicida sistémico; entre tanto, árboles con síntomas avanzados (Figura 57, 58 y

59) requerirán de poda en invierno y pueden marcarse en el tallo dibujando una equis. Es importante marcar los árboles enfermos (como se indicó) en septiembre, ya que los tratamientos como: la aplicación del fungicida debe realizarse en marzo o abril y la poda y aplicación de estiércol en invierno; período en el cual los árboles enfermos no pueden ser distinguidos de los sanos.



Figura 56. Síntomas de purición texana en nogal, grado medio



Figura 57. Síntomas de purición texana en nogal, grado fuerte.



Figura 58. Síntomas de purición texana en nogal, grado severo.



Figura 59. Síntomas de purición texana en nogal, grado severo con muerte regresiva.

Tratamiento con Fungicidas Sistémicos

Para tratar los árboles enfermos con fungicidas sistémicos se requiere inyectar el producto en el suelo en marzo o abril, antes del segundo riego de primavera. El equipo para inyectar el fungicida puede ser el que se usa en la aspersion de agroquímicos en la huerta. Sin embargo, debe estar provisto de mangueras que soporten una presión de 150 a 200 libras por pulgada cuadrada. Para esto, se deberá adaptar, en el extremo de la salida de la manguera de aspersion, una aguja que tenga las dimensiones que se describen en la Figura 60. El diámetro del tubo y perforaciones en la punta de la aguja, están diseñados para permitir la penetración con el menor esfuerzo y la salida en el tiempo más rápido posible de los volúmenes de suspensión que se sugieren por inyección. Una vez adaptado el equipo se procede a agregar por cada 1000 litros de agua las cantidades

que se especifican de cualquiera de los siguientes fungicidas (1,8, 9, 14, 45): **1400 g de Cycosin 70 (Tiofanato metílico) PH (TOPSIN M); 500 ml de Tilt 250 CE (Propiconazole) o 2000 g de Benlate 50 PH (Benomyl).**

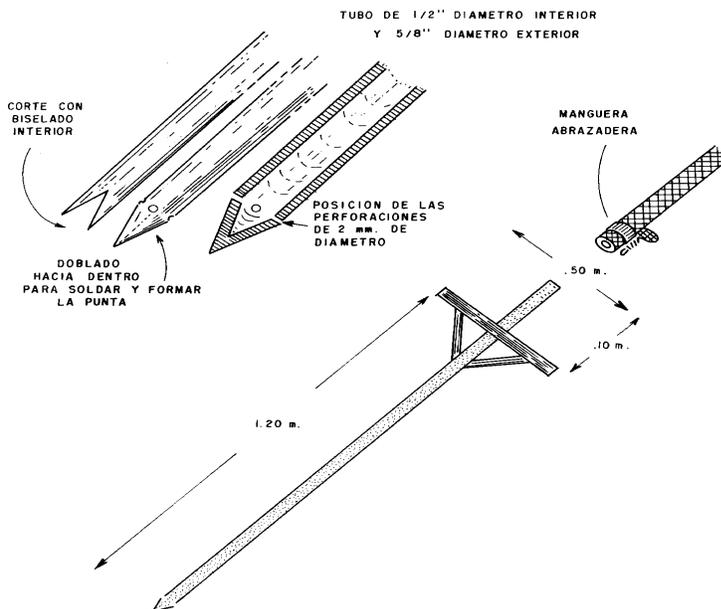


Figura 60. Características de la aguja y ensamblado para inyectar fungicidas en el suelo.

El fungicida se inyecta a presión desde 5 hasta 80 cm de profundidad; para ello la aguja se introduce 5 cm en el suelo antes de abrir la válvula y se empuja cuando empieza a salir el líquido. Los puntos a inyectar se distribuyen en cuadrícula en lugares separados a 50, 60 u 80 cm entre ellos según la superficie a tratar, determinada por el área del suelo donde se proyecta la copa del árbol (área de goteo). El Cuadro 41 y Figura 60 se pueden usar como guías para los casos particulares. Para proporcionar el volumen de suspensión de fungicida

requerido por inyección se abre la válvula el tiempo necesario que varía de 7 a 12 segundos contando a partir de que empieza a salir la suspensión.

Cuadro 41. Distancia entre inyecciones número por árbol y volúmen de la suspensión de fungicida por inyección según el área de goteo. CELALA-CIRNOC-INIFAP, 1993

Edad del árbol	Área de goteo estimada	Distancia / inyecciones (cm)	No. De inyecciones totales por área	L / inyección	L / árbol
2	2 X 2 m (4 m ²)	50	16 (4 X 4)	1.25	20
3-4	3 X 3 m (9 m ²)	60	25 (5 X 5)	1.80	45
5-6	2 X 2 m (16 m ²)	80	25 (5 X 5)	3.20	80
7-10	2 X 2 m (25 m ²)	80	36 (6 X 6)	3.50	125
11-12	2 X 2 m (36 m ²)	80	49 (7 X 7)	3.70	180
13-14	6.5 X 6.5 m	80	64 (8 X 8)	3.30	210
15-16	7.2 X 7.2 m	80	81 (9 X 9)	3.00	245
17-18	8 X 8 4 m	80	100 (10 X 10)	3.20	320
20	10 X 10 m	80	144 (12 X 12)	3.45	500

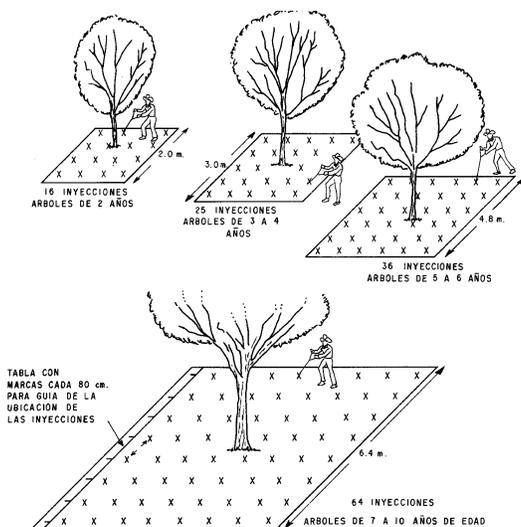


Figura 61. Esquemas que representan el número y posición de sitios donde se aplicaran las inyecciones de fungicida en el suelo.

Las inyecciones también se pueden distribuirse en tresbolillo a 80 cm una de otra; en cuyo caso se requiere aplicar 2.5 litros de suspensión por inyección en todos los casos. Cualquiera que sea la distribución, se inyectan 5 l de la suspensión por m² de superficie tratada. El número de inyecciones necesario según el área a cubrir se presenta en las Figuras 61 y 62.

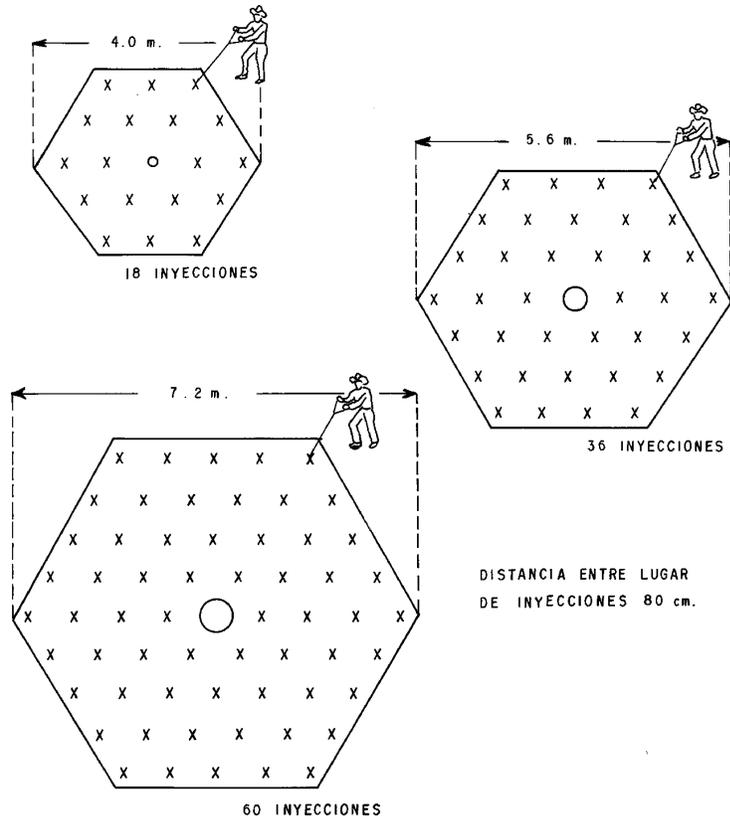


Figura 62. Distribución de inyecciones de fungicida en el área de goteo en árboles con diferentes edades en tresbolillo. CELALA-CIRNOC-INIFAP. 1993

Tratamientos de Arboles con Síntomas Avanzados

Los árboles con síntomas de ataque fuerte a severo de pudrición texana (Figura 57, 58 y 59), se deben podar en invierno (15, 40). Esta poda obedece a que estos árboles han perdido muchas ramas laterales por falta de brotación o muerte de ramas y son improductivos. En este grado de ataque el sistema radical se encuentra invadido por el hongo y las raíces muertas alcanzan valores de 50 a 80% (4, 19, 21). La poda de estos árboles es con el fin de lograr un balance entre el número de brotes y la capacidad de crecimiento del árbol, según sea el daño a su sistema radical.

Nogales con síntomas muy avanzados deben de recibir además material orgánico como estiércol o abono verde. Este contenido de materia orgánica ayuda a la multiplicación de microorganismos que destruyen los esclerocios y cordones miceliales del patógeno (7, 20, 25); además, mejoran las condiciones físicas del suelo, y proveen cantidades adecuadas de nutrientes para el desarrollo del árbol (5). Se sugiere aplicar 3 kilogramos de estiércol descompuesto por metro cuadrado, que es equivalente a aplicar en el área de goteo de los árboles, 30 ton/ha por año. Este tratamiento debe realizarse cada año por dos años consecutivos.

Tratamientos del Sitio para Replante

Los tratamientos a sitios de replante que se han evaluado en la región son el tratamiento Arizona y la aplicación del fumigante Telone. El tratamiento Arizona ha sido efectivo donde la incidencia de la enfermedad fue baja (13). La fumigación del sitio para replante con Telone ha sido un tratamiento consistente en dos pruebas regionales. (43, 44).

Tratamiento Arizona

Este tratamiento debe hacerse por lo menor con seis meses de anticipación a la época de plantación, con el fin de evitar fitotoxicidad. Para hacerlo en la forma adecuada se requiere realizar lo siguiente:

1. Hacer un hoyo de 2.5 x 2.5 por lado y 1.20 m de profundidad en septiembre u octubre (Figura 63).
2. Colocar una capa de 3 cm de estiércol descompuesto en el fondo del hoyo. Sobre esta capa se distribuyen 500 g de sulfato de amonio y 1 kg de azufre agrícola. Luego una capa de tierra de 5 cm de espesor, (Figura 63).
3. El procedimiento descrito en el punto anterior se repite las veces que sea necesario hasta llenar el hoyo.
4. Al terminar el tratamiento debe darse un riego pesado. El replante o plantación de los árboles se hace en la forma y época recomendada. Los riegos de primavera y verano deben darse con la frecuencia que requieren los árboles recién plantados.

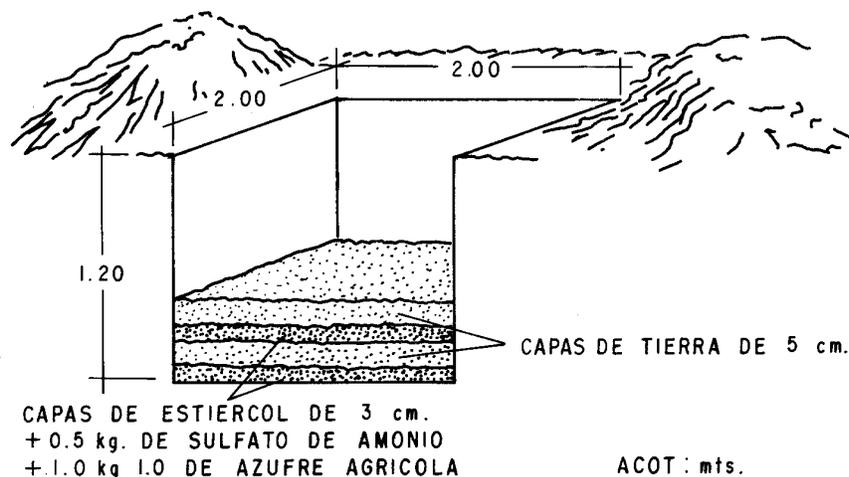


Figura 63. Dimensiones y distribución de capas de mezclas fertilizantes, estiércol y tierra, en el tratamiento arizona.

Aplicación del fumigante Telone

Para la aplicación del fumigante Telone se sugiere el procedimiento que a continuación se describe:

1. En cada lugar donde murió un árbol por pudrición texana se deben hacer un hoyo de 1.5 x 1.5 m por lado y 1.2 m de profundidad. Sacar las raíces y quemarlas. La aplicación del fumigante se debe hacer antes de que el suelo se seque completamente.
2. Al pozo, se agrega de la misma tierra que se extrajo una capa de 40 cm de espesor. En esta capa de tierra se hacen, con una estaca, nueve hoyos de 20 cm de profundidad distribuidos uno en el centro y los otros en cruz a distancias de 50 cm de éste y uno del otro (Figura 64A). Se agregan en cada hoyo 40 ml de Telone II (92% de 1.3 Dicloropropeno) o su equivalente y se tapan inmediatamente apisonando con el pie. De este modo se

ha aplicado la tercera parte de la dosis, a 1.0 m de profundidad.

3. Otra tercera parte del fumigante se aplica a 60 cm de profundidad. Para esto se agrega otra capa de 40 cm de tierra y se repite las aplicaciones de 40 ml de Telone II, en los nueve agujeros correspondientes a 20 cm de profundidad (Figura 64B).
4. La tercera y última parte del fumigante se aplica a 20 cm de profundidad. El pozo se llena con el resto de la tierra y se agregan las últimas nueve dosis de Telone II, en hoyos de 20 cm de profundidad. Con esto se completa la aplicación de 1.0 l de Telone II por sitio de replante.
5. El suelo se apisona bien y se agrega agua para sellar. Después de apisonar los hoyos donde se aplicó el fumigante se debe sobregar hasta que el agua alcance de 3 a 5 cm sobre la superficie del pozo, esto con el fin de reducir la pérdida del fumigante por difusión en la atmósfera.

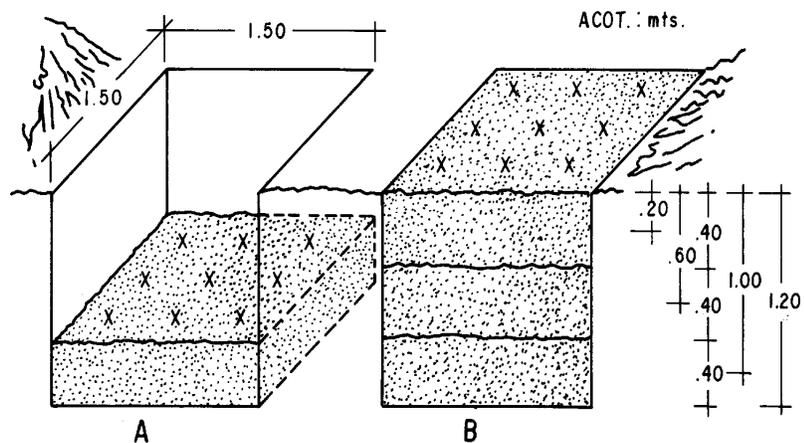


Figura 64. Posición y distribución de dosis de fumigante Telone en tratamiento de replante.

RUEZNO PEGADO

Es la enfermedad ruezno pegado el nombre común que se da a un complejo de problemas de características fisiológicas y de daño por plagas que se presentan en el ruezno a partir del inicio del estado acuoso durante el desarrollo de la nuez. Existen variantes del problema, pero la sintomatología común es la muerte prematura, parcial o total del ruezno. Esta muerte, resulta a su vez de la interrupción parcial o total del movimiento de nutrientes y agua hacia el fruto, y se relaciona con la etapa del desarrollo de la almendra y el área del ruezno; se manifiesta con cualquiera de los siguientes eventos: a) caída prematura del fruto al inicio del endurecimiento de la cáscara a principios de agosto b) la muerte y dehiscencia parcial y prematura del ruezno en la punta del fruto que resulta en el desarrollo incompleto o nulo de la almendra (nuez vana) c) la muerte y fuerte adherencia del ruezno completo a la cáscara de la nuez, que da lugar al síntoma típico de enfermedades ruezno pegado (Figura 65).



A



B

Figura 65. Modalidades del ruezno pegado: A, Muerte regresiva del ruezno; B, Muerte del extremo del pedúnculo. (Tomado de: Identifying Pecan Diseases. Cooperative Extension Service NMSU)

TIZON DEL EXTREMO DEL PEDUNCULO

Una de las variantes de este tipo de problema se presenta en la Región Lagunera y Texas (12), principalmente en el cultivar Western. En donde la muerte del tejido del ruezno se inicia con una lesión negra, localizada en la parte basal del ruezno o junto a la unión del fruto con el pedúnculo. La muerte del ruezno se extiende posteriormente a una parte o al total del pedúnculo, lo que se le conoce como "tizón del extremo del pedúnculo".

MUERTE REGRESIVA DEL RUEZNO

Una segunda variante de la enfermedad ruezno pegado que se presenta en Texas, ocurre entre la primera y segunda semana antes de la apertura del ruezno (12). La muerte del tejido del ruezno se inicia en la punta del ruezno y posteriormente se abre y se enrolla hacia fuera, dando el aspecto de un tulipán; a esta característica se le conoce como muerte regresiva del ruezno o punta de tulipán. Este tipo de problema se ha visto comúnmente asociado con la variedad Success y en otras que interviene como progenitora. La enfermedad se expresa con mayor severidad en años de alta producción, aunque también lo puede hacer en caso contrario (12). El daño de las nueces se presenta como almendra vacía o parcialmente llena.

MUERTE Y AGRIETADO DEL RUEZNO

Una tercera variante, que es menos común en el Norte de México pero que en la Región Lagunera y en el Norte de Coahuila se presenta con mayor frecuencia en la variedad Wichita, es la muerte del tejido del ruezno y ocurre primero en el área localizada entre las suturas de ruezno. Este daño se extiende hacia el interior del fruto, abarcando la cáscara y la almendra en formación; observándose al final el agrietamiento del ruezno y la cáscara del fruto en el centro de la lesión. Este

daño es aparentemente causado por una absorción excesiva de agua por el fruto, después que el árbol se ha sometido a estrés de humedad.

ETIOLOGÍA DEL RUEZNO PEGADO

Las primeras observaciones sobre los problemas del ruezno fueron conocidos con el nombre general de "enfermedades del ruezno" e indicaban que estaban asociados a ciclos con rendimientos altos de nuez y otras condiciones adversas como: lluvia en exceso en suelos pesados y húmedos, que inducen deficiente aireación; entrecruzamiento de ramas; defoliación prematura, causada por enfermedades foliares y daño de plagas (34). En Louisiana, en el año de 1969, un año de escasa precipitación en verano, la entonces llamada enfermedad del ruezno fue altamente dañina en la variedad Success y en aquellas en que interviene como progenitora, como es Mohawk, en otras variedades su comportamiento fue el siguiente: se expresó de manera severa en Brook y Elliot; de manera leve en Stuart, Mahan, Western y Shley y no afectó a Curtis y Bradley (34).

En 1972, se señaló por vez primera que, el problema general denominado hasta entonces como enfermedad del ruezno, se podía distinguir del llamado "tizón del extremo del pedúnculo", en el cual el daño se inicia como se describió anteriormente (35). Otra manifestación del daño en el ruezno se inicia con el ennegrecimiento de la punta (extremo distal) del ruezno, después de lo cual sus gajos se separan, se abren y se curvan hacia afuera en la punta del fruto dando el aspecto de un tulipán. Esta variante estuvo asociada a la carga excesiva del árbol y le denominaron "muerte regresiva del ruezno" o "enfermedad de tulipán" (35) (Figura 65).

Existe un solo caso en que se asocia un organismo con el complejo de problemas del ruezno. Esto ocurrió en huertas de nogal, en la India, donde se aisló al hongo *Botryosphaeria ribis* Gross y Doug de lesiones elípticas en el ruezno y se comprobó su patogenicidad (30). Este reporte no ha sido confirmado en otras regiones del mundo (39).

Diferentes especies del género de hongo *Alternaria*, son comúnmente saprófitas, y se han aislado con frecuencia de las márgenes de lesiones en nueces de la variedad Western y Mahan, que proceden del Norte de Coahuila y la Región Lagunera en el CELALA. Este mismo hongo ha sido aislado de rueznos afectados en Texas (39). Sin embargo, no se ha podido determinar si *Alternaria* spp. producen algún tipo de ruezno pegado.

En otros trabajos se comprobó que, la muerte parcial o total del ruezno ocurre por una prematura aparición de una zona incipiente de separación entre el pedúnculo y el fruto (abscisión). Este fenómeno se ha logrado inducir perforando la cáscara de la nuez en formación, mediante punciones artificiales o por piquete de insecto, con lo que se indujo la producción de etileno y se presentó la sintomatología descrita. Otra evidencia de que la producción de etileno induce o genera abscisión prematura del pedúnculo, es mediante la aplicación artificial de etileno o ethrel, la cual es contrarrestada con inhibidores del etileno como: bióxido de carbono y hormonas del tipo de las auxinas, en este estudio no se encontró evidencia de algún microorganismo asociado al tejido de frutos con el problema (16).

Al no aislarse del “ruezno pegado” consistentemente un organismo patógeno, se asume que el problema se inicia por una reacción fisiológica que provoca la iniciación prematura e incompleta de la dehiscencia del fruto; condición que predispone al ruezno a la invasión por patógenos débiles (12). Los

fungicidas sistémicos parecen detener el avance de éstos organismos y disminuyen el daño provocado por esta condición. La caída prematura del fruto o la muerte del ruzno se ha provocado experimentalmente cuando se sujeten los nogales a deficiencia de humedad en la etapa anterior y posterior al inicio de la formación de la almendra respectivamente (20).

Control

En algunos casos la enfermedad se ha controlado mediante la aspersion de fungicidas sistémicos (12, 35). No obstante, se carece de resultados experimentales del control de la enfermedad en la Región Lagunera. En Lousiana, el problema fue reducido con aplicaciones de Benomyl, en dosis de 120 g de Benlate 50 PH en 100 l de agua. Se encontró poca diferencia al realizar 1, 2 ó 3 aplicaciones, pero siempre y cuando se realice una aplicación en la primera semana de agosto. (35).

En Texas, el mejor tratamiento se obtuvo con la aspersion a los árboles de una suspensión formada con 120 g de Benomyl más 240 g de Sevín, por cada 100 l de agua. Para este trabajo se realizaron aplicaciones mensuales a partir de abril con el fin de controlar esta enfermedad del fruto y otras enfermedades foliares (12).

En la Región Lagunera, donde las enfermedades foliares no son problema, se sugieren las aspersiones de Benlate 50 PH en dosis de 120 g por cada 100 l de agua. La aplicación debe hacerse durante la primera o segunda semana de agosto y tres semanas después otra aplicación. Para un buen cubrimiento del follaje se requieren entre 1200 y 1600 l de agua por hectárea para árboles en producción.

LITERATURA CITADA

1. Bell, A. A. 1989. Role of nutrition in diseases of cotton. p. 167-204. En: **Soil Borne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements**. The American Phytopathological Society St., Paul, MN. pp. 243.
2. Bloss, E. E. y R. B. Streets, 1972. Early detection and treatment of *Phymatotrichum* rot in fruit Trees. **Progressive Agriculture in Arizona**. 24:8-9.
3. Borunda, F. E. y T. Herrera. 1984. Distribución vertical de esclerocios de *P. omnivorum* en huertas de nogal en la Región Lagunera. CIAN-INIFAP. Informe de Investigación en Fruticultura. Pag. 149-171.
4. Brinkerhoff, A. y R. B. Streets. 1946. Pathogenicity and pathological histology of *Phymatotrichum omnivorum* in a woody perennial, the pecan. University of Arizona, College of Agriculture A.E.S. 126 Technical Bulletin N° 11:126 p.
5. Castellanos, R. J. Z. 1982. Estudios sobre la producción, utilización y características de los estiércoles en la Región Lagunera, México. En: **La utilización de los estiércoles en la agricultura**. Ed. J. Z. Castellanos y J.L. Reyes. ITESM AC. p. 1-5.
6. Castrejón, S. A. 1975. Efecto del pH en el desarrollo de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar, utilizando tres medios de cultivo en algodónero. Matamoros, Coah., México. CIANE-INIA-SARH Informe de Investigación en Algodonero. pp:8.11-8.20.
7. Clark, F. E. 1942. Experiments toward the control of the take all disease of wheat and the *Phymatotrichum* root rot of cotton. U.S.D.A. Wash. D.C. Technical Bulletin N° 835:27 p.
8. Galván, L., R. 1985. Efecto de los fungicidas Topsin M y Tilt, en dos diferentes métodos de aplicación, para el control de pudrición texana en nogal. Delicias, Chih. CAE Delicias, Chih. Informe de Investigación en Fruticultura CIAN 1985. Pag. 87-97.
9. Galván, L. R. 1986. Control químico de pudrición texana (*Phymatotrichum omnivorum*) en nogal (*Carya illinoensis*) en la región de Delicias, Chih. CIFAP Chihuahua INIFAP-SARH. CAE Delicias, Chih. Informe de Investigación 21 p. Sin publicar.

10. Galvan, L. R. 1986. Factores físicos y químicos del suelo que limitan el desarrollo de pudrición texana y el crecimiento radical en el cultivo de nogal. CIAN. Informes de Investigación. Fruticultura. Matamoros Coahuila. 1: 67-84.
11. Galván, L. R. 1990. Validación del control químico para recuperar árboles de nogal con síntomas medios de pudrición texana (*Phymatotrichu omnivorum*) CIFAP Chihuahua. INIFAP-SARH. CAE Delicias, Chih. Informe de Investigación Fitopatológica. 30 p.
12. Halliwell, R. S. y J. Johnson. 1972. Etiology of the pecan shuck disease. Phytopathology 62:762 (abstr).
13. Halliwell, R. S. y J. Johnson. 1978. Chemical control of pecan stem end blight and shuck dieback. MP 1392. Texas Agricultural Experiment Station. College Station. Texas, U.S.A. 3 p.
14. Herrera, P. T. 1974. Evaluación de fumigantes y mejoradores y químicos del suelo como tratamiento a sitios para prevenir reinfección por pudrición texana en nogal. CAE-Laguna. CIANE-INIA-SAG. Informe de Investigación Agrícola.
15. Herrera, P. T. 1985. Dosis de propiconazole para recuperación de árboles de nogal afectados por *P. omnivorum* y movilidad del fungicida en el suelo. CAE La Laguna. CIAN-INIFAP-SARH. Informe de Investigación en Fruticultura 1985:1-17.
16. Herrera, P. T. 1989. Efecto de la intensidad de poda y dosis de estiércol sobre el vigor y producción de árboles de nogal con síntomas fuertes a severos de pudrición texana. En: Memorias XVI Congreso Nacional de la SMM. Julio 1989. Montecillo, Méx. p. 164 (resumen).
17. Herrera, P. T. e I. López M. 1984. Incidencia y distribución de pudrición texana del nogal pecanero en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Pag. 80-95. Campo Agrícola Exp. de La Laguna Matamoros, Coah. INIFAP-SARH.
18. Herrera, P. T. y J. Arreola A. 1989. Estimación de la relación entre el daño a la raíz por *Phymatotrichum omnivorum* y el crecimiento vegetativo del nogal pecanero *Carya illinoensis*. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH. Informe de Investigación en Fruticultura, 1989.

19. Herrera, P. T. y J. Santamaría. 1988. Magnitud del daño a la raíz por *P. omnivorum* al inicio del ciclo vegetativo y su relación con el crecimiento vegetativo del nogal pecanero. CAE La Laguna. CIAN-INIFAP-SARH. Informe de Investigación 1988.
20. Lira, S. H. R. 1991. Efecto del déficit hídrico en el desarrollo del fruto del nogal y en el ruezno pegado de la nuez. Resumen en: IV Congreso Nacional de la Soc. Mex. de Ciencias Hortícolas. Saltillo, Coah. Agosto de 1991. p. 391.
21. Lyda, S.A. 1978. Ecology of *Phymatotrichum omnivorum*. Ann. Rev. of Phytopathology 16:193:309.
22. Matocha, J. E. y F. L. Hopper. 1995. Influence of soil properties and chemical treatments of *Phymatotrichum omnivorum* in cotton. p. 224-229. En: (eds.). Ritcher, D. A. y J. Armour. Proceedings beltwide cotton conferences. San Antonio Texas.
23. Medina, M. E. 1984. Estudio del suelo asociado con mortandad de árboles de manzano (*Malus spp.*) en la región de Nuevas Casas Grandes, Chih. UAAAN. Saltillo, Coah. Tesis de Maestría.
24. Medina, M. E. y P. J. Aguilar. 1985. Características del suelo asociadas con pudrición texana (*Ph. omnivorum*) en huertas nogaleras del norte de Coahuila. CIAN. Informes de Investigación Fruticultura 1: 506-520.
25. Mitchel, R. B. y D. R. Hooton. 1941. Soil bacteriological studies on the control of *Phymatotrichum* root rot of cotton. Journ. of Agric. Res 63:535-547.
26. Mueller, J. P., R. B. Hine, D. A., Pennington y S. J. Ingle. 1983. Relationship of soil cations to the distribution of *Phymatotrichum omnivorum*. Phytopathology 73: 1365-1368.
27. Percy, R. G. 1983. Potential range of *Phymatotrichum omnivorum* as determined by edaphic factors. Plant Disease 67: 981-983.
28. Rea, H. E. 1934. Transportation of root rot scerotia by runoff water. En; Forty Seventh Annual Report. Texas Agric. Expt. Station. College Sta. Tex. p. 178.

29. Rush, C. M. 1984. Evaluation of deep-chiseled anhydrous ammonia as a control for *Phymatotrichum* root rot of cotton. *Phytopathology* 74: 291-293.
30. Saharan, G. S. 1974. *Botryosphaeria* nut rot of pecan. *Plant Dis. Repr.* 58:1030-1031.
31. Samaniego, J. A. 1994. Viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggare en suelos inundados y complementados con glucosa. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 12: 125-133.
32. Samaniego, J., P. T. Herrera y C. J. Santamaría. 1996. Influencia de las condiciones de suelo y manejo de las huertas de nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo. *Avances de Investigación para las Fundaciones Produce Durango y Coahuila, Matamoros, Coah.*
33. Samaniego, J., P. T. Herrera y C. J. Santamaría. 1998. Influencia de las condiciones de suelo y manejo de las huertas de nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo. VI Simposium Internacional Nogalero. Torreón, Coahuila, México. p. 56-62.
34. Schaller, C. C., F. N. Dodge y G. E. Kenknight. 1968. Increased occurrence of shuck disease of pecan *Carya illinoensis* plant Dis. *Repr.* 52:189-190.
35. Shaller, C.C. y G. Kenknight. 1972. Fungicide reduce the incidence os Stem-end Blight of *Carya illinoensis*. *Plant. Dis. Repr.* 56:276-281.
36. Smith, R. B. y C. T. Hallmark. 1987. Selected chemical and physical properties of soil manifesting cotton root rot. *Agronomy Journal* 79: 155-159.
37. Sparks, D. 1996. A climatic model for pecan production under humid conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 12: 908-914.
38. Stapper, M. F., S. D. Lyda y W. R. Jordan. 1984. Temperature x water potential interactions on growth and sclerotial germination of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 74:509-513.

39. Stein, L. y G. R. McEachern. 1983. Pecan shuck disorders. The pecan Quarterly Vol. 17(3):10-14.
40. Streets, R. B. y L. A. Brinkerhoff. 1940. Results of three years treatment of pecan groves for control of root rot. *Phytopathology* 30:789-790 (abstr).
41. Streets, R. B. y H. E. Bloss. 1973. *Phymatotrichum* root rot. The American Phytopathological St. Paul, MN. Monograph N° 8. 38 p.
42. Taubehaus, J. J. y W. N. Ezekiel. 1936. A rating of plants with reference to their relative resistance and susceptibility to *Phymatotrichum* root rot U.S.D.A. Bulletin 527. 52 p.
43. Valle, G. P. 1976. Evaluación de fumigantes y mejoradores orgánicos del suelo en sitios de replante para prevenir reinfección por pudrición texana en nogal. Matamoros, Coah., Méxicio. CAELALA. Informe de Investigación en Fruticultura 1976.
44. Valle, G. P. 1977. Evaluación de tiofanato metílico y benomyl para control de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar del nogal en la Región Lagunera. En: VI Ciclo de Conferencias Internacionales de los productores de Nuez en la República Mexicana 11-13 de agosto de 1977. Torreón, Coah., México. Memorias CONAFRUT-SARH. 0.67-72.
45. Valle, G. P. 1977. Nueva técnica para el combate de la pudrición texana en el nogal. Matamoros, Coah., México. CIANE-Región Lagunera INIA-SARH. Despleable CIANE 2 p.
46. Wheeler, J. E. e R. B. Hine. 1972. Influence of soil temperature and moisture on survival and growth of strands of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 62: 828-832.
47. White, T. L y C. M. Kenerley. 1986. Germination of *Phymatotrichum omnivorum* sclerotia in Houston black clay soil. *Phytopathology* 76: 1745 (abst)..

COSECHA Y ALMACENAMIENTO

Angel LAGARDA MURRIETA
Jesús G. ARREOLA AVILA

COSECHA

La época de maduración de la nuez es cuando indica que esta debe ser cosechada, indicándose que cuando el ruezno se abre y se desprenden las nueces de los nogales, es cuando hay que recogerlas y clasificarlas para posteriormente secarlas y empacarlas; a estas actividades en conjunto conocemos como cosecha. Esta actividad de cosecha y recolección constituye el procedimiento más importante de la producción del nogal. Sin embargo, esta actividad alcanza alrededor del 40% del costo total de la producción de nuez. Los costos de mano de obra y la inseguridad de conseguirla han generado una tendencia hacia la mecanización en las labores de vibración, recolección, limpiado, selección de la nuez y secado de la nuez.

La recolección de la nuez debe iniciarse de preferencia antes de que las nueces caigan del árbol en forma natural (octubre), considerando además una mejor oportunidad de comercialización. La cosecha temprana promueve la conservación de la calidad de la nuez, conservando el color claro de la almendra y evita que las nueces permanezcan en contacto con el suelo por períodos prolongados. Los costos de la recolección son bajos, si esta actividad se retarda hasta que todos los rueznos se hayan abierto; sin embargo por necesidades de carácter práctico (como lograr mejores mercados, evitar robos, conservar color de la almendra), la cosecha se realiza en dos pasos. Para conservar la calidad de la nuez se requiere hacer una selección de la nuez antes de pasar al secado, separando la nuez germinada, vanas y verdes del resto de la nuez buena para conservar la calidad (4). Es conveniente no vibrar los árboles antes de 15 días de haber aplicado el riego

para evitar daño de la corteza por desprendimiento, además de tener cuidado con los cojinetes de la vibradora.

ALMACENAMIENTO

Algunas características de la nuez son afectadas por las condiciones ambientales como temperatura y humedad. La coloración de la almendra se debe a la presencia de compuestos fenólicos y taninos que tienden a oscurecerse con el tiempo por efecto de oxidación. La almendra también absorbe taninos de la cáscara y de la parte corchosa intermedia; esto sucede si las nueces se mantienen con alto contenido de humedad, durante largo tiempo después de la maduración, motivo por el cual debe de ser secada en la sombra después de la cosecha, hasta alcanzar un porcentaje inferior al 6% de humedad.

La textura de la almendra está determinada por: el contenido de humedad, la maduración de la almendra y en cierto grado por la variedad. El 4% de humedad en la almendra se considera óptimo. Si ésta baja a 2.5% las almendras se vuelven frágiles; si tiene de 5% o más de humedad tienden a ser esponjosas; sin embargo muy susceptibles de que se desarrollen hongos y provoquen pudriciones de la nuez almacenada. La humedad relativa del aire en el almacén debe mantenerse en 65% para lograr el contenido ideal de humedad en las almendras, alrededor de un 4%. Si es más alto, la almendra absorbe cantidades excesivas de humedad del aire y pierde textura y se hace susceptible al ataque de hongos. Si la humedad relativa del aire es inferior al 65% las almendras pierden peso, se vuelven quebradizas y pueden presentar rancidez (2).

La causa más común del cambio en el sabor de la nuez es la rancidez. Las variaciones que caracterizan este proceso son progresivas y van acompañadas de sucesivas etapas de degradación de las grasas, siendo influenciadas principalmente

por la temperatura, considerando que la inferior a 5 °C retarda la rancidez, mientras que arriba de 25°C la acelera. La almendra con menos de 2% de humedad se enrancia con mayor rapidez que las que tienen 4% de humedad, como resultado de la oxidación del aceite insaturado que contiene la nuez, convirtiéndose en grasa saturada, lo cual da lugar a la rancidez. Esta característica desmerece el sabor e interviene también en los efectos perjudiciales de los aceites saturados (3).

La rancidez puede reducirse eficazmente durante un año, almacenando las nueces con cáscara o la almendra después de extraída a 0°C. Para un almacenamiento de dos años ó más, puede reducirse con temperatura de 15 °C bajo cero. El almacenamiento de la nuez es más efectivo a una temperatura de 0°C o más baja (2). La almendra de nuez pecanera absorbe sabores y olores de otros productos que sean almacenados en el mismo local. Los aromas que más fácilmente pueden ser absorbidos por la nuez son los de: manzana, pera, cebolla, cítricos, melón y derivados del petróleo, entre otros, los cuales una vez absorbidos no se eliminan con facilidad, por lo tanto se recomienda no almacenar la nuez con otros productos.

La almendra también puede ser infestada por diferentes insectos, los más comunes son la palomilla de la almendra (*Ephestia cautella*), palomilla harinosa de la India (*Rhodia interpunctella*) y diferentes especies de coleópteros. La almendra con 7.3 a 9.3% de contenido de humedad puede ser atacada por hongos; en cambio con porcentajes de 2.9 a 4.5% de humedad no es afectada por estos parásitos (1).

LITERATURA CITADA.

- 1. Brison, R. F. 1976. Cultivo del nogal pecanero. Edición en español. México: CONAFRUT.**
- 2. Gladden, M. B. 1979. A comparison of pecans to other foods for nutritive value. Pecan South 6(6): 18-19.**
- 3. Hammar, E. y J. H. Hunter 1945. Some Physical and Chemical changes in the composition of pecan nuts during kernel filling. Georgia Section of the American Chemical Society. Atlanta.**
- 4. Lagarda M., A. 1977. Relación entre el crecimiento del fruto y algunos puntos críticos del desarrollo fenológico con la acumulación de unidades caloríficas en el cultivo del nogal cáscara de papel. Matamoros, Coah. CIANE. INIA. Seminarios Técnicos CIANE 4(4).**

Índice

A

- Abono 89, 193
 - orgánico 89
 - verde 193
- Aceite
 - insaturado 10, 209
 - saturado 10, 209
- Acequia
 - capacidad 127
 - mantenimiento 128
 - tamaño 128
- Acrobasis nuxvorella* 145
- Acumulación
 - agua 140
 - calor 7
 - frio 8
 - frío 56
 - nutrientes 90
 - peso seco 141
 - reservas 22, 162
 - sales 81
 - UC 147, 149, 157
 - predicción 157
- Agua
 - abastecimiento de 134
 - absorción 134
 - ahorro 127
 - aplicación de 135
 - aprovechada 127
 - aprovechamiento del 129, 132
 - calidad 82, 83
 - deficiencia 61
 - deficiencia de 138, 139
 - demanda 59
 - disponible 79
 - distribución 132, 134
 - eficiencia
 - aplicación 131
 - conducción 129
 - eficiencia de aplicación 131
 - eficiencia por conducción 129
 - necesidades de 135
 - pérdidas 127
 - conducción 127
 - fuga 127
 - infiltración 128
 - por aplicación 129
 - pérdidas de 127, 128, 131
 - infiltración 128
 - requerimientos de 138
 - salinidad 81
 - conductividad eléctrica 81
- Almendra
 - calidad 155
 - color de la 207
 - coloración de la 208
 - crecimiento 59
 - desarrollo 62
 - desarrollo de la 197
 - humedad 208
 - llenado de la 59, 157, 141
 - porcentaje 72
 - porcentaje de 66, 69
 - quebradiza 208
 - rancidez 208, 209
 - textura 208
- Alternancia 46, 47, 60, 119
 - índice de 66, 67, 68
- Análisis
 - de suelo 78, 88, 90
 - interpretación 94
 - foliar
 - 23, 101, 102, 104, 107, 111, 113, 115
 - nitratos 119
 - químico
 - estiercol 118
- Árbol
 - distancia entre 15, 17
 - plantación 21
 - replante 21
 - tamaño de 17

Árboles

- Aclareo de 49
- aclareo de 46
- entresacar 49
- nativos 8, 69
- selección 20
- sombreo 19

Asimilación

- zinc 110

Auxina 200

B

Barrenador 145

- de la nuez 145

- Biología y hábitos 146
- control 149
- descripción morfológica 146
- Relación fenológica cultivo-plaga 148

- del ruezno 145, 154, 159

- Biología y hábitos 155
- control 157
- daños 155
- Descripción 154

- tronco y madera 145

- biología y hábitos 165

- tronco y ramas 164

- daño 167

Barton 2, 64, 156

Brotación 22, 55

- fallas 21

- fecha de 5

- inicio 34

- requerimiento horas frío 8

Brote

- a desarrollar 39

- apical 40, 41, 42

- crecimiento 40

- fructífero 46, 56

- lateral 41

- líder 40

- vegetativo 56

Burkett 2, 64, 155

C

Caddo 58, 64, 69

Cape Fear 58

Cape fear 66

Carbohidratos 60

- producción 59, 62

Cáscara

- endurecimiento 61, 140

- inicio de 59, 139, 141

Cherokee 58, 62, 156

Cheyenne 58, 62, 70, 156

Chinches 145, 169

Choctaw

- 56, 58, 61, 62, 64, 69, 70, 155

Conductividad eléctrica 94

Control

- salinidad 121

Control

- enfermedad

- ruezno pegado 201

- insectos 62

- maleza 23, 80, 89, 135

- plaga 145

- barrenador de la nuez 146, 149

- barrenador del tronco y ramas 169

- chinches 172

- gusano barrenador de la nuez 150, 152

- gusano barrenador del ruezno 157, 158, 159

- pulgones 163

- plagas y enfermedades 60, 135

Control cultural 159, 172

Copa

- estructura 39

- forma

- multiramificada 39

- periferia 50, 180

- volumen 46, 49

Cosecha 207

- época de 55

- inicio 64
- mecanizada 39
- oportuna 71
- temprana 207
- Crecimiento
 - brote
 - inicio de 62
 - curva de 56
 - erecto 43, 107
 - estación de 5
 - fruto 59
 - inicio de 59
 - hábitos de 19, 39
 - primer año 21
- Cultivos
 - a intercalar 23
 - intercalados 17, 22, 89
 - de invierno 23
 - perennes 23

D

- Desirable 8
- Diagnóstico
 - DRIS 106
 - nutrimental 105
 - Región Lagunera 106
- Diagnóstico 101
- Diapausa 146, 147, 155
- Dicogamia 58
 - completa 58
 - incompleta 58
 - protándrica 57
 - protogínica 57

E

- Embrión
 - crecimiento del 59
- Enfermedades 177
 - foliares 201
 - fungosas 8
 - podrición texana 177
 - ruetno pegado 197

- Esclerocio 182, 183
- Especie
 - 28, 145, 159, 169, 170, 171, 177, 200, 135, 209
- Estabilidad productiva 66
- Establecimiento 15, 80
 - de raíces 108
 - de una huerta 15
 - variedades 57
- Estado
 - nutrimental 102, 106
- Estiércol
 - 89, 104, 116, 119, 120, 121, 186, 193, 194
 - aplicación 116, 120
 - dosis de aplicación 118
 - nutrimentos disponibles 117
- Etapas fenológicas
 - brotación 5, 8, 55, 64
 - floración 55, 56
 - polinización 56
- Ethrel 200
- Etiología 199

F

- Fenología 147
 - etapas de desarrollo 55
- Fertilidad 56, 108
- Fitotoxicidad 194
- Flor
 - caída de 61
 - femenina 57, 59, 61
 - formación de 60
 - masculina y femenina 56
- Floración 56
- Foliolo 163
- Follaje 179
- Follaje
 - 8, 40, 46, 47, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 113, 162, 168, 179, 180, 186, 201
- Fruto 1, 7, 197
 - amarre 59, 60

- caída 61, 62, 155, 171, 201
 - causas 61
 - prematura 197
 - caída del 61
 - calidad 57
 - calidad del 66
 - crecimiento del 142
 - dehiscencia 200
 - desarrollo del 55, 59, 138, 139
 - estado acuoso 61, 197, 139, 140
 - etapas de desarrollo 59
 - inicio de maduración 139
 - maduración 55, 62, 64
 - madurez del 62
 - segunda caída del 61
 - tamaño del 69, 138
 - Frutoso 27, 58, 62, 64, 69
 - Fumigante 186, 195, 196
 - Telone 193
 - telone
 - aplicación 195
- G**
- Gallinaza 116
 - nutrimentos 117
 - Germinación 27, 182
 - de la nuez 70, 71
 - reducir 72
 - nuez 9
 - prematura 71
 - semilla 27
 - Granizo 10
 - Grasas
 - degradación de 208
 - Gratex 58, 62, 64, 69
- H**
- Heladas 5, 27, 28, 64
 - Hifas 182
 - Hojas 44, 109, 110, 179
 - análisis de 101, 102
 - análisis de las 107
 - caída de 28
 - clorosis 107
 - color de 180
 - compuestas 102
 - concentración
 - nitrógeno 108
 - daños 162
 - defoliaciones 162
 - fósforo 115
 - muestras de 102
 - muestreo 163
 - número de 138
 - potasio 115
 - requerimiento por nuez 62
 - roseteado de 111
- Hongo
- 164, 165, 181, 182, 183, 185, 193, 208, 209
 - alternaria 200
 - botryosphaeria ribis* 200
 - Phymatotrichum omnivorum* 177
 - 183, 185
- Horas frío 8
- Huerta 2, 21, 56, 64
- alternancia 46
 - combinación de variedades 18
 - compactación
 - sistema de labranza 80
 - conducción 39
 - cultivos intercalados 22
 - diseños 17
 - entresacar árboles 49
 - establecimiento 15, 20, 77, 78
 - compactación 80
 - profundidad del suelo 80
 - textura del suelo 78
 - evaluaciones de producción 67
 - fallas 20
 - luz 15
 - piso de la 49
 - poda de producción 47
 - proyección 17
 - putrefacción texana 177, 181

replante 21
reposición de árboles 22
salinidad 82, 83
sombreo 19
suelos salinos 85
Huertas
sombreo 19
Humedad relativa 5, 8, 140, 208

I

Injerto 2
de corteza 29, 34, 35, 36
época 34
de parche 30
preparación 30
de yema 30
prendimiento 29
selección de madera 28
uso del 28
Insectos benéficos 152

K

Kiowa 58

L

Lengüeta 34, 35
Lixiviación 109
Luz 39
disponibilidad 49
distribución 39
intercepción 50
penetración 46, 47, 49, 62, 68
porcentaje 49

M

Macronutrientes 101
Madera 30, 44, 47
almacenamiento 29
maduración 107
selección 28, 29
Mahan 2, 8, 64, 155, 199, 200

Materia orgánica 106, 118, 193
Mecanización 207
Métodos de control
152, 158, 163, 169, 171
pudrición texana 186
Micronutrientes 101, 117
Mohawk 58, 64, 69, 199
Monoica 56
Muestreo
17, 21, 90, 91, 92, 102, 103, 105, 106,
151, 163, 166, 168, 171, 177,
141

N

Nivelación 15, 19
Nogal 1
Nogal 2
desarrollo del 5
en desarrollo 3
en producción 2
estación de crecimiento 5
temperatura 5

Nuez 59

caída 61
calidad 46, 47, 69, 140
crecimiento 59, 70, 139
germinación 9, 70, 71
llenado 59, 60
madurez 63
origen 1
países productores 1
peso seco final 139
producción 46, 50, 67
producción total 3
rendimiento 84
rendimiento óptimo 68
secado 207
tamaño 59, 69
valor nutritivo 10
Nutrimento
rango de concentración 102

O

Oxidación 208, 209

P

Pakan 1

Patrón 30

colocación de la yema 30

inserción de púa 35

preparación del 34

Período

crecimiento rápido 59

de desarrollo 55, 56

de polinización 8

floración y polinización 56

improductivo 20

libre de heladas 5

receptividad 58

vegetativo 64

Plantación

21, 57, 78, 185, 132, 137

árboles para 21

combinación de variedades 18

cuidados de 20

densidades de 68

diseño de

marco real 17

rectangular 17

tresbolillo 17

distancia de 18

época 15

época de 19, 194

poda de 22

poda de formación 40

replante 21, 22

selección de planta 20

sistema de 15

trazo de 19

Poda 17, 19, 39, 50

de aclareo 46, 62, 68

método práctico 49

de despunte 46

de formación 39, 41, 42

de plantación 22

de producción 46, 47

de raíz 22

de tallo 22

mecánica de despunte 47

selectiva 49

Polen 8

autopolinización 57

dispersión 56

liberación 57, 58

viabilidad 56

PSI 83, 84

Púa 29

colocación 34

corte 35

inserción 35

preparación 35

Pulgones 145, 159

biología y hábitos 160

ciclo biológico 161

daños 162

métodos de control 163

muestreo 163

Punto crítico

horas frío 8

Región Lagunera 8

unidades calor 7

R

Rango

de suficiencia 107

RAS 81, 83

Recolección 207

inicio 207

Recuperación

lavado de 85

Regenerar 28

Replante 21

sitio de 196

tratamiento del sitio 193

Requerimientos

climáticos 5

de agua

- anuales 138
 - de calor 8
 - de frío 8
 - de nitrógeno 107
 - térmicos 63
 - Riego
 - agua de
 - análisis 82
 - salinidad 81
 - aplicación 21
 - calendarios 142
 - eficiencia de aplicación 131
 - goteo 134, 135, 141
 - necesidades 136, 137
 - necesidades de agua 135
 - por goteo 132, 133
 - salinidad
 - fracción de lavado 86
 - superficie 141
 - Riegos
 - programación 139
 - Ruizno 9
 - apertura del 59, 62, 198
 - germinación 9, 70
 - gusano barrenador del 154
 - muerte regresiva 198
 - muerte y agrietado del 198
 - pegado 197, 141
 - etiología 199
- S**
- San Saba Improved 2, 64
 - Semilla
 - época de siembra 27
 - estratificado 28
 - germinación de 27
 - obtención de 27
 - Shawnee 58
 - Shoshoni 58, 62, 64, 69, 156
 - Sioux 58
 - Sombreo 19, 46, 47, 49, 68
 - Stuart 2, 8, 64, 199
 - Suelo
 - análisis 88, 90
 - interpretación 94
 - características 77
 - compactación 80
 - evaporación 135
 - infiltración 129, 130
 - lavado 85
 - manejo del 77
 - profundidad del 80
 - propiedades 78
 - salinidad 81, 83
 - fracción de lavado 86
 - lavado 85
 - textura 128
 - Suelos
 - aluviales 77
 - arcillosos 79
 - clasificación 77
 - mejoramiento 85
 - compactación 89
 - salinos 85
 - sódicos 88
 - textura 78
 - Superficie
 - nacional 2
 - Región Lagunera 2
 - ejidales 2
 - Pequeña propiedad 2
- T**
- Tanque evaporímetro
 - 136, 139, 140, 141
 - Temperatura 5
 - Tiempo
 - de mojado 129, 130
 - de riego 129
 - selección
 - vareta 28
- V**
- Variabilidad genética 28
 - Vibradora 208

Vivero 20, 21

W

Western

2, 7, 8, 18, 27, 39, 46, 55,
56, 58, 61, 62, 63, 64, 66, 67,
71, 113, 156, 179, 198,
199, 200

Wichita

2, 18, 56, 58, 61, 62, 64, 66,
69, 71

Y

Yema 29

brotación 43, 56
brotación de 46
colocación 30
injerto de 30
preparación de la 30
primaria 29, 44
rebrotación 29
reposo 29
selección de 43

En el proceso de la presente publicación colaboraron:

Comité Editorial del Campo Experimental La Laguna

Presidente	Dr. Arturo D. Tijerina Chávez
Secretario	Dr. Urbano Nava Camberos
Vocales	Dr. Uriel Figueroa Viramontes
	Dr. Salvador Godoy Ávila
	Dr. Pedro Cano Ríos
	M.S. Claudio Godoy Ávila
	Dr. José de Jesús Espinoza Arellano
	Dr. Gregorio Núñez Hernández

Edición

Dr. Jesús G. Arreola Ávila

Ing. Isidro Reyes Juárez

Diseño y proceso en Computadora

Ing. Isidro Reyes Juárez

Fotografía portada

Dr. J. Francisco Chávez G.

Los Libros Técnicos del Centro de Investigación Regional del Norte Centro (CIRNOC), tienen el objetivo de presentar información sobre temas de la ciencia forestal, agrícola y pecuaria, en forma amplia y detallada, descriptiva o analítica.

Se autoriza la reproducción total y/o parcial de esta obra, siempre y cuando no sea con fines de lucro y se den los créditos a los autores, CELALA, CIRNOC, INIFAP.

Para mayor información acuda a:

Campo Experimental La Laguna
Km. 17 carretera Torreón-Matamoros
Matamoros, Coahuila, México. 27440

Tel: 01(871) 762-02-02 al 05

Fax: 762-02-15

Correo Electrónico: celala@cirnoc.inifap.conacyt.mx

