

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



La Poda del Nogal Pecanero  
(*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch)

Por:

**JOSÉ GONZÁLEZ CORTINAS**

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

La Poda del Nogal Pecanero  
(*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch)

Por:

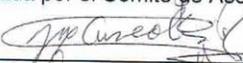
**JOSÉ GONZÁLEZ CORTINAS**

MONOGRAFÍA

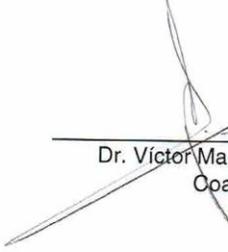
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal

  
Dr. Víctor Manuel Reyes Salas  
Coasesor

  
Dr. Andrés Martínez Cano  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme la fuerza necesaria para emprender este viaje, por enseñarme la luz en la oscuridad de mis problemas, ser mi mayor consejero y llenarme de sabiduría en cada una de las decisiones tomadas.

### **A mi familia**

Porque gracias a sus insistencias me dieron las fuerzas necesarias para seguir perseverando día con día y poder lograr la meta deseada.

### **A mi escuela la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Por haberme recibido en esta hermosa escuela y darme las herramientas necesarias para abrirme camino en mi vida laboral.

### **A mi maestra la Dra. Fabiola Aureoles Rdz.**

Por darme su tiempo y apoyo en este trabajo realizado ser una gran consejera y por su orientación en mi educación profesional.

### **A mis Maestros**

Que jamás me cansare de agradecerles cada una de sus enseñanzas impartidas en clases y fuera de ellas.

### **A mis compañeros**

Por brindarme su apoyo incondicional en estos cuatro años y medio de nuestra estancia estudiantil.

### **A mis Abuelos**

Por cada uno de sus consejos palabras llenas de sabiduría y la alentación de seguir adelante.

### **A Silvia Uñate**

Gracias por ser una verdadera amiga, por gran apoyo dentro y fuera de la universidad.

### **Al equipo de Rugby**

Por darme tantas emociones y satisfacciones de nuestro juego lleno de pasión.

## **DEDICATORIA**

**Mis padres:**

**Sr. José González Mariscal**

**Sra. San Juana de Dios Cortinas Torres**

Gracias padres míos porque no solo me dieron lo mejor de ustedes si no que nunca se cansaron y buscaron que yo fuera mejor en todos los aspectos de la vida como hijo, como estudiante, y como padre de familia, gracias papas por ser un ejemplo de amor y comprensión por que me han dado la mejor de las herencias que un hijo puede tener el estudio hoy solo espero poder pagar todo el esfuerzo que ustedes pusieron en mi sin dudar, por eso hoy mi logro es también su logro con mucho amor y cariño de su hijo José González Cortinas.

**A mi Esposa:**

**Mayra Mata Martínez**

Amor, como agradecerte tanto apoyo brindado durante tanto tiempo, gracias por ser mi motor de empuje día con día, por no haberme permitido rendirme durante este tiempo, estoy eternamente agradecido con dios por haberte puesto en mi camino, gracias a tu apoyo pude levantarme y seguir con mis estudios, por hacerme ver que el esfuerzo y la distancia que vivimos eran para buscar un mejor futuro para nuestros hijos, gracias por hacerme fuerte y valorar las cosas vividas que gracias al amor y paciencia que me tuviste, pude alcanzar nuestra meta.

**A mis Hijos:**

**José Caleb, Edylan Aaron, Oliver Norberto**

Tal vez al principio nunca comprendieron porque su papa se fue de casa tanto tiempo, pero hoy que dios me los ha dejado crecer y comprender que mi ausencia fue motivo de buscar un mañana mejor para ustedes un mañana donde pueda brindarles las oportunidades y herramientas para enfrentar la vida no saben cómo los amo, gracias porque a pesar de mi ausencia jamás olvidaron decirme papa la mejor palabra que he escuchado en toda mi vida, gracias mis hijos por su gran amor hoy puedo regresar con ustedes y brindarles todo lo mejor de mí.

**A mis Abuelos:**

**Matilde González**

**Elena Mariscal**

Mis viejitos adorados como olvidar la alegría que les dio cuando les dije que estudiaría nuevamente, recuerdo siempre sus palabras júntate con los mejores porque te enseñaran a ser mejor y así fue, hoy abuelitos le quiero agradecer a dios por permitirme ser afortunado de seguir teniéndolos conmigo, y dedicarles un par de palabras en este trabajo gracias por no solo quererme a mi si no a mis hijos y esposa y ser siempre un apoyo incondicional.

**A mis Hermanos:**

**Elena Alejandra, José Mauro**

Con mucho cariño y afecto les dedico este logro realizado gracias por su apoyo y consejos por grandes momentos vividos los quiero mucho.

**A mis Amigos:**

**Raymundo Acalco, Santos Atilano, Alberto Crisóstomo, Silvia Uñate, Denise Hernández, Heriberto Jiménez, Erik Valdivia, Edgar Benítez, Heriberto Juárez, Ing. Víctor Gómez, Jesús Giménez y Francisco A. Castro Dávila.** Gracias por ser más que amigos por que sin duda alguna me dieron lo mejor de cada uno de ustedes, con la finalidad de que yo fuera mejor hoy tal vez nuestros caminos vayan en direcciones distintas, pero siempre los recordare gracias infinitamente.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIAS.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
I. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA.....	2
II. IMPORTANCIA DEL CULTIVO.....	4
2.1 ECONÓMICA.....	4
2.2 SOCIAL.....	6
2.3 NUTRICIONAL.....	7
III. EL CULTIVO DE LA NUEZ.....	8
3.1 BOTÁNICA DEL CULTIVO.....	8
3.1.1 TAXONOMÍA DEL NOGAL.....	8
3.1.2 MORFOLOGÍA DEL NOGAL.....	9
3.1.3 FENOLOGÍA DEL CULTIVO.....	11
3.1.4 VARIEDADES.....	12
IV. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	16
4.1 SUELO.....	16
4.2 TEMPERATURA.....	16
4.3 RIEGO.....	16
4.4 NUTRICIÓN.....	17
V. MANEJO DEL CULTIVO.....	18
5.1 DISEÑO DE PLANTACIÓN.....	18
5.2 PLANTACIÓN.....	18
5.3 FERTILIZACIÓN.....	19
5.4 INCORPORACION DE MATERIA ORGÁNICA.....	19
5.5 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	20
VI. PODA DEL NOGAL.....	21
6.1 OBJETIVO DE LA PODA.....	21

6.2 ÉPOCA DE PODA.....	21
6.3 TIPOS DE PODA.....	21
6.4 PODA DE FORMACIÓN DE LIDER CENTRAL.....	22
6.5 PODA SELECTIVA O DE PRODUCCIÓN.....	28
6.6 PODA DE REJUVENECIMIENTO.....	33
6.7 EFECTOS DE LA PODA EN EL NOGAL.....	36
6.7.1 BALANCE NUTRICIONAL DE LA PLANTA.....	36
7. BALANCE HORMONAL.....	37
7.1 OTROS EFECTOS.....	38
VII. RENTABILIDAD DE LA PODA.....	38
VIII. CONCLUSIONES.....	40
IX. RECOMENDACIONES.....	41
X. LITERATURA CITADA.....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación Taxonomía del nogal pecanero.....	8
Cuadro 2. Variedades de nogal pecanero que coinciden en la receptibilidad de la flor femenina y la liberación del polen por la flor masculina.....	13
Cuadro 3. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Wichita.....	14
Cuadro 4. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Western.....	14
Cuadro 5. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Pawnee.....	15
Cuadro 6. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Cheyenne.....	15
Cuadro 7. Efecto de la poda de renovación en el vigor y estado nutricional de nogales Western.....	34
Cuadro 8. Efecto de la poda de renovación realizada en un periodo de 3 años en nogales variedad Western para las variables en el rendimiento y calidad de nogales Western.....	35
Cuadro 9. Rendimiento de nogales con y sin poda de rejuvenecimiento en nogales variedad Western durante los años 2001 al 2004.....	35
Cuadro 10. Resultados de la poda selectiva y mecánica en dos variedades de nogal pecanero.....	38
Cuadro 11. Efecto de la poda en el rendimiento de una huerta de nogal Western con árboles de dos edades en el periodo de 2007 al 2012.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la distribución geográfica de Nogales pecaneros en América del Norte. La escala de color azul es directamente proporcional a la producción en toneladas de nuez pecanera para el año 2014.....	3
Figura 2. Producción de nuez pecanera en toneladas en el periodo de 2000 a 2017.....	5
Figura 3. Producción de nuez pecanera en toneladas en los principales estados productores de nuez en México y Estados Unidos.....	5
Figura 4. Producción de nuez en toneladas de 14 municipios del estado de Coahuila.....	6
Figura 5. Raíz de nogal. (A) sin micorrizas y (B) con infestación de micorrizas.....	9
Figura 6. Flores del nogal pecanero. (A) flor femenina y (B) flor masculina (amentos).....	11
Figura 7. Etapas fenológicas del nogal pecanero. Brotación (B), liberación de polen (LP), receptividad (R), inicio de desarrollo de fruto (IDF), inicio estado acuoso (IEA), inicio de endurecimiento de cascara (IEC) e inicio de la maduración (IM) y defoliación (D).....	12
Figura 8. Comportamiento dicógamo en tres variedades de nogal pecanero en el Norte de Coahuila.....	12
Figura 9. Diseños de plantación utilizados en huertas de nogal pecanero. (A) cuadrado o marco real, (B) triangular o tresbolillo y (C) rectangular.....	18

Figura 10. Diagrama que muestra el punto de corte en un árbol joven de nogal pecanero para formar el líder central.....	23
Figura 11. Diagrama de los cortes a realizar al segundo año después de la plantación en una planta joven de nogal pecanero para formar el líder central.....	24
Figura 12. Ejemplo de la formación de un árbol joven de cuatro o cinco años de edad.....	24
Figura 13. Poda de un árbol con dos ramas de semejante grosos en forma de “Y” o “V”. (A) Árbol con dos ramas de similar grosor antes de la poda, (B) Eliminación de una de las ramas, (C) Selección y poda de la rama más fuerte, (D) Eliminación de ramas superiores y (E) Eliminación de brotes laterales con ángulos estrechos.....	25
Figura 14. Selección de las primeras ramas principales de pisos laterales.....	27
Figura 15. Proceso completo de poda del líder central. (A) Árbol antes de la poda, (B) Selección de la parte superior más fuerte (líder central) y recorte de ½ de la longitud, (C) Eliminación del resto de brotes superiores y (D) Eliminación de brotes laterales con ángulos estrechos.....	28
Figura 16. Poda en nogal pecanero para separación de copas.....	30
Figura 17. Poda en nogal pecanero para separación de ramas.....	30
Figura 18. Poda en nogal pecanero para eliminar ramas cruzadas.....	31
Figura 19. Poda en nogal pecanero para eliminar ramas orientadas hacia el interior del árbol.....	31
Figura 20. Poda en nogal pecanero para eliminar ramas empalmadas.	32
Figura 21. Poda en nogal pecanero para despatar ramas.....	32
Figura 22. Poda de rejuvenecimiento. (A) árbol con poda de rejuvenecimiento antes de la brotación, (B) árbol con poda de rejuvenecimiento después de la brotación.....	34

Figura 23. Poda de renovación realizada durante un periodo de tres años en nogal Western. (A) primer año sin brotación, (B) segundo año sin brotación, (C) tercer año sin brotación, (D) primer año con brotación, (E) segundo año con brotación y (F) tercer año con brotación..... 36

Figura 24. Modelo de desarrollo hormonal en distintas etapas durante el ciclo de desarrollo de la planta..... 37

## INTRODUCCIÓN

La producción de nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) o nuez encarcelada ha tenido una alta demanda dentro de la sociedad debido a su gran importancia económica, social y nutricional, lo que ha favorecido al aumento de la superficie sembrada a nivel nacional y en todo el mundo.

Este trabajo pretende dar a conocer el manejo que se le da a este cultivo con relación a la práctica de poda. Inicia proporcionando un marco teórico donde se establece el origen; la importancia económica, social y nutricional del cultivo; las características botánicas; los requerimientos edafoclimáticos y de manejo para profundizar en el tema de poda. El objetivo de la poda, la época del año ideal para realizar esta actividad, los tipos de poda más comunes, la forma de realizar los diferentes tipos de poda, ejemplos de casos particulares de la poda, los efectos que tiene la poda en la planta al realizarse durante varios años, la rentabilidad de la práctica, entre otros.

Este trabajo es el resultado de una investigación exhaustiva de libros, revistas, memorias de eventos nacionales con productores, comentarios personales de asesores técnicos, páginas web de asociaciones de productores como la de COMENUEZ, Universidades de reconocimiento en E.U., página del SIAP entre otros, así como comentarios de experiencias propias.

Si bien la práctica de la poda es un tema que de acuerdo a la literatura consultada se realiza de diversas formas, con diversos propósitos y como dice el dicho “Todo mundo habla de la feria según como le fue en ella” considera los aspectos más generalizados encontrados en dichas fuentes consultadas.

## I. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA

La nuez pecanera es originaria del Norte de México y Sureste de los Estados Unidos de América y 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 vocabulario indígena Algonquin que le da el nombre de “Pakan” que significa nueces tan duras que requieren una piedra para quebrarlas (Medina y Cano, 2002). Las áreas productivas se extienden desde el suroeste de Ohio hasta Kentucky y Alabama en Estados Unidos de América. En tanto que en México el cultivo encuentra condiciones favorables en el Noreste y parte central del país (Herrera y Clevenger, 1996).

Los hallazgos de restos fósiles junto con millones de árboles nativos de nuez pecanera han sido realizados a lo largo de la mayoría de los arroyos y cauces de ríos en el sur de Estados Unidos de América y Norte de México, (Herrera, 2004). El género *Carya*, miembro de la familia Juglandaceae, comprende más de 20 especies, de las cuales trece son nativas de Estados Unidos, y siete son cultivadas por sus nueces, siendo el nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] el único con importancia económica a nivel mundial.

El Nogal pecanero es una especie perenne altamente valorada por sus nueces pecaneras las cuales hacen parte de la dieta de un gran número de aves, zorros, ardillas, tlacuaches, pecaríes y mapaches (Burns and Honkala, 1990), al igual que de los humanos quienes vienen aprovechándolas por su valor nutricional desde hace más de 10,000 años, motivo que ha favorecido su dispersión geográfica en su región de origen, Norteamérica.

La distribución geográfica actual de la especie *Carya* sobrepasa los antecedentes históricos al extenderse desde el estado de Carolina del Sur hasta California en Estados Unidos (longitud de 80° a 120° Occidente respectivamente); y desde el estado de Missouri en Estados Unidos a Oaxaca en México (latitud 38° a 17° Norte respectivamente).



## II. IMPORTANCIA DEL CULTIVO EN MÉXICO

### 2.1 ECONÓMICA

En México, las primeras plantaciones comerciales de nogal se establecieron en el año de 1946, y para el año 2000 se tenían plantadas más de 60 mil hectáreas (Tarango, 2004). Actualmente, la superficie cosechada del nogal pecanero se localiza en el norte del país y prácticamente en su totalidad en las áreas de riego (gravedad y bombeo) y en áreas muy marginales de temporal.

Los principales distritos de riego que cuenta con plantaciones de nogal en el país son los de Chihuahua, Delicias y Río Florido en el estado de Chihuahua; y el de la Costa de Hermosillo en Sonora. En tanto que los estados con mayor producción de nuez son Chihuahua con 54,629 ton y un rendimiento por hectárea de 1.5 ton, seguido de Coahuila con una producción de 8,776 ton y un rendimiento de 0.71 ton/ha; Sonora con una producción de 7,075 ton y un rendimiento de 1.06 ton/ha; y Durango con una producción de 2,783 ton y un rendimiento de 0.78 ton/ha (SIAP, 2009).

El 96% de la producción mundial de nuez se produce en Estados Unidos y México, y desde que la nuez en México se ha convertido en un símbolo de intercambio con Estados Unidos, la producción anual en México se ha doblado alcanzando las 85,000 toneladas en los últimos 20 años y continúa en aumento.

En la Figura 2 se la observa el incremento en la producción de nuez pecanera en los últimos 17 años. Se observa para el año 2017 una producción de 8,530 toneladas más que en el año 2016 con un total de 150,349 toneladas (COMENUEZ, 2018).

Mientras que en la Figura 3 se observa que Chihuahua es el principal productor de nuez a nivel mundial, con una producción de 96,926 toneladas en el año 2017, seguido de Georgia y Nuevo México (COMENUEZ, 2018).

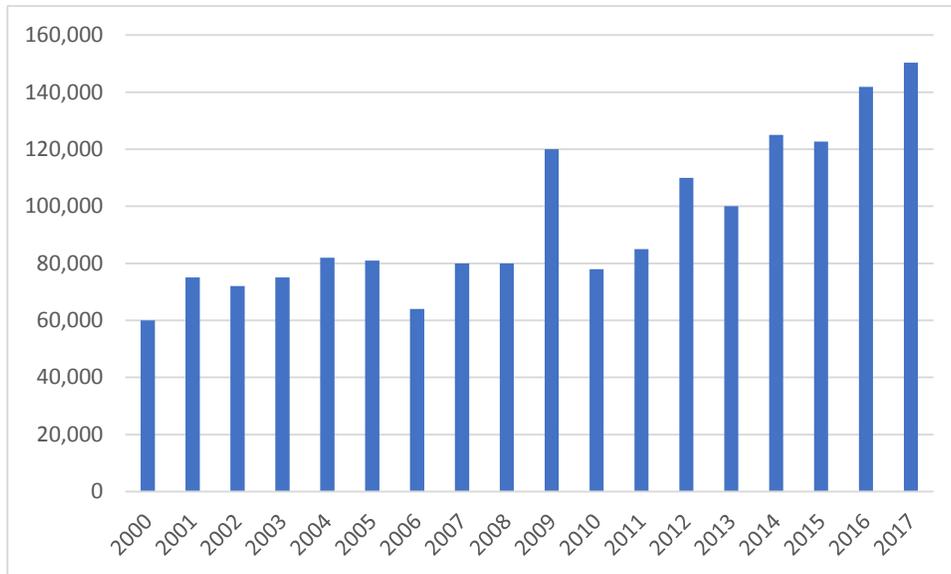


Figura 2. Producción de nuez pecanera en toneladas en el periodo de 2000 a 2017.

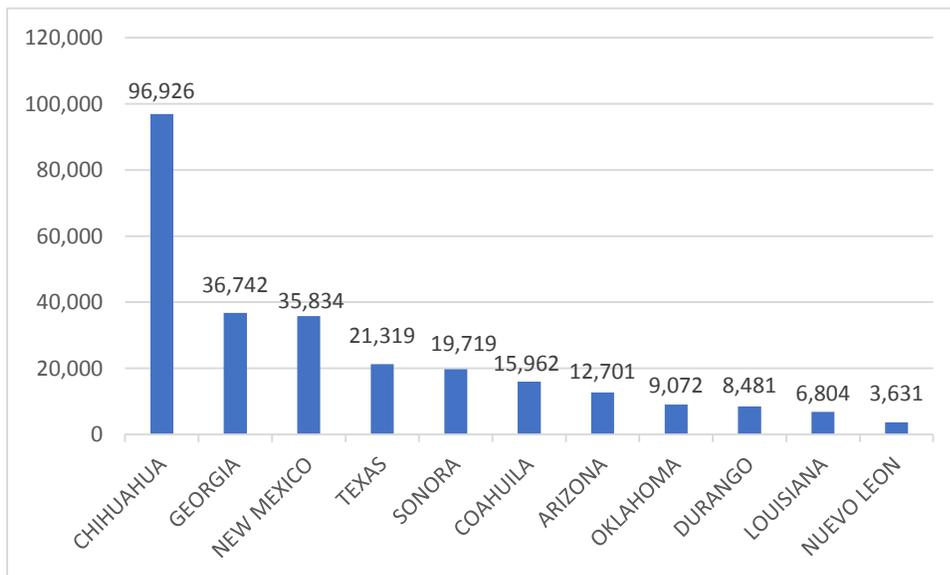


Figura 3. Producción de nuez pecanera en toneladas en los principales estados productores de nuez en México y Estados Unidos.

En la Figura 4 se observa que en el estado de Coahuila los municipios con la mayor producción de nuez son San Pedro y Parras de la Fuente con 3,355 y 3,300 toneladas respectivamente (COMENUEZ, 2018).

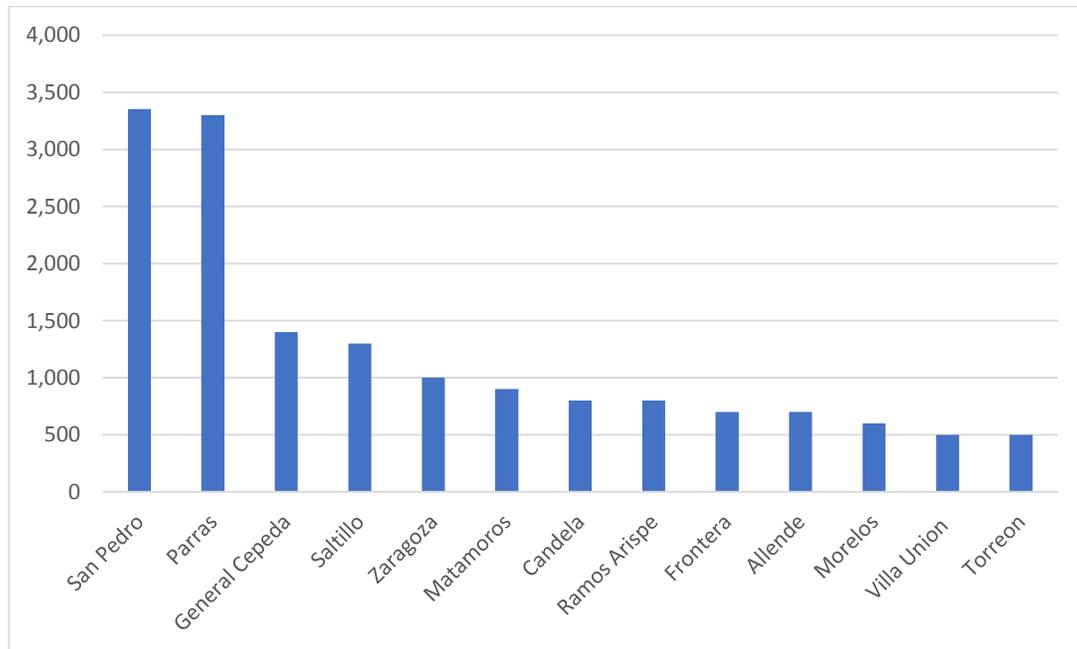


Figura 4. Producción de nuez en toneladas de 14 municipios del estado de Coahuila.

Además de la superficie comercial, se cuenta con una gran población de nogales nativos o nuez criolla que generan una producción de alrededor de mil toneladas con un valor aproximado de doce millones de pesos, que sumados a los de la nuez mejorada completan un total de 96 millones de pesos (COMENUEZ, 2018).

## 2.2 SOCIAL

Una consecuencia de la importancia del nogal en México en la generación de empleos durante todo el ciclo, gran cantidad de mano de obra que requiere desde la producción en el campo hasta su industrialización. Se estima que cada año se generan alrededor de cinco mil empleos debido a que se requieren entre 20 y 40 jornales por cultivo (HIDROPONIA MX, 2018). Así mismo, en la región norte se pueden encontrar nogales en patios, terrenos

baldíos, banquetas y parques que sirven de alimento y una fuente de ingresos adicionales a un importante sector de la población.

### **2.3 NUTRICIONAL**

Los frutos secos destacan por su elevado contenido energético, ya que, por término medio, 100 g aportan 560 Kcal. Este importante valor energético deriva de su escaso contenido en agua y, sobre todo, de su notable cantidad de grasas: en la mayoría de los frutos secos, más del 50% de su peso son grasas. No obstante, la importancia del contenido lipídico de estos alimentos no es únicamente cuantitativa, sino cualitativa, puesto que predominan los ácidos grasos insaturados, entre ellos, el ácido linolénico y linoleico, nutrientes esenciales para el ser humano.

También destacan por su alto contenido en proteínas, de relativo valor biológico (en muchos casos cercano e incluso superior al 20% de su peso) y que adecuadamente combinadas con cereales y legumbres, dan lugar a proteínas completas equivalentes a las de origen animal. Por el contrario, son pobres en Hidratos de Carbono, ya que, en la mayoría de los frutos secos, su contenido ronda el 10% o es inferior. Por último, constituyen una excelente fuente de algunas vitaminas (especialmente E y del grupo B) y minerales, y son ricos en fibra. Rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados, como los Omega 3 y Omega 6, benéficos para la salud humana, la nuez pecanera es también fuente de proteína rica en arginina, fitoesteroles y compuestos fitoquímicos que tienen el efecto modulador del colesterol sérico. Contiene vitaminas E (antioxidantes), vitaminas del Complejo B y Hierro (COMENUEZ, 2018).

### III. EL CULTIVO DE LA NUEZ

#### 3.1 BOTÁNICA DEL CULTIVO

##### 3.1.1 TAXONOMÍA DEL NOGAL

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) o nuez encarcelada, pertenece a la familia de Juglandácea que comprende plantas arbóreas que produce una drupa, en la cual durante la fase de maduración el pericarpio y el mesocarpio se secan, y el endocarpio (cáscara) y la semilla (almendra) son considerados una nuez los géneros más importantes de esta familia son *Juglans* y *Carya*, destacando en el primero el nogal de castilla y en el segundo el nogal pecanero (López *et al.*, 2014). En el Cuadro 1 se observa la clasificación taxonómica del cultivo.

Cuadro 1. Clasificación Taxonomía del nogal pecanero.

DOMINIO	Eukaryota
REINO	Plantae
FILO	Spermatophyta
SUBPHUYLUM	Angiospermae
CLASE	Dicotiledóneas
ORDEN	Juglandales
FAMILIA	Juglandaceae
GENERO	<i>Carya</i>
ESPECIE	<i>Carya illinoensis</i>

### 3.1.2 MORFOLOGÍA DEL NOGAL

**Raíz.** El nogal pecanero presenta una raíz pivotante el primero y segundo año de crecimiento; crece más del doble de su follaje, del tercer año en adelante se hace semifibrosa y se extiende en su radio que se ensancha horizontalmente hasta abarcar una área semejante o mayor alcanzada por el follaje, pudiendo llegar a desarrollarse a una profundidad de 3.6 a 5.4 m al momento de la madurez (Camargo, 2001). Además, las raíces del nogal pecanero presentan ausencia de pelos absorbentes lo cual hace que esta planta dependa de hongos micorrizos para una mayor asimilación de nutrientes (Rivero *et al*; 2004). En la Figura 5 se observa de una raíz de nogal sin micorrizas y con infestación de micorrizas (Tarango, 2018).



Figura 5. Raíz de nogal. (A) sin micorrizas y (B) con infestación de micorrizas.

**Tronco.** Existen nogales con más de 3 m de diámetro, estos por lo general son nativos o silvestres, se elevan rectos y sus ramificaciones comienzan casi a los 10 m de altura. Estas características diferencian a los árboles criollos de los injertados, ya que en estos últimos su tronco es generalmente más corto y sus ramificaciones comienzan en la parte inferior. Así mismo, un nogal adulto con una alimentación balanceada tendrá en promedio un crecimiento anual de

entre 10 a 35 cm en sus ramas y un aumento en el diámetro del tronco no menor de 2.5 cm al año (Camargo, 2001).

**Hojas.** Sus hojas son caducas, alternas, imparipinada, compuesta de 11 a 17 foliolos ovales, peciolados de forma oblonga lanceoladas, acuminadas con bordes semiacerrados con una longitud de 10 a 17 cm, pubescentes cuando jóvenes y glabras en la madurez excepto en las nervaduras, al frotarlas expiden un olor característico entre los dedos (Herrera, 2004).

La función de las hojas es contribuir directamente en el desarrollo de las nueces y proveer de reservas alimenticias a los tallos y raíces, las cuales servirán para el crecimiento del árbol y desarrollo de las nueces del año siguiente (Camargo, 2001).

**Flor.** Los cultivares de nogal pecanero presentan dicogamia incompleta, por lo que no hay ningún empalme entre la liberación del polen y la recepción del estigma, es decir está en asincronía en el desarrollo flora, lo que hace necesario el uso de más de un cultivar en las plantaciones para asegurar la polinización. En la región occidente de USA y en México los cultivares usados en producción comercial son en su mayoría “Western Schley” y “Wichita” esta última utilizada principalmente como polinizador (Herrera, 1995). De hecho, la variedad Western es una de las que presentan menor grado de dicogamia, cuyo periodo de receptividad de estigma, es bien cubierto por el periodo de liberación de polen de Wichita a su vez Wichita es bien polinizada por Western. En la Figura 6 se observan las flores femeninas y masculinas del nogal (Tarango, 2004).

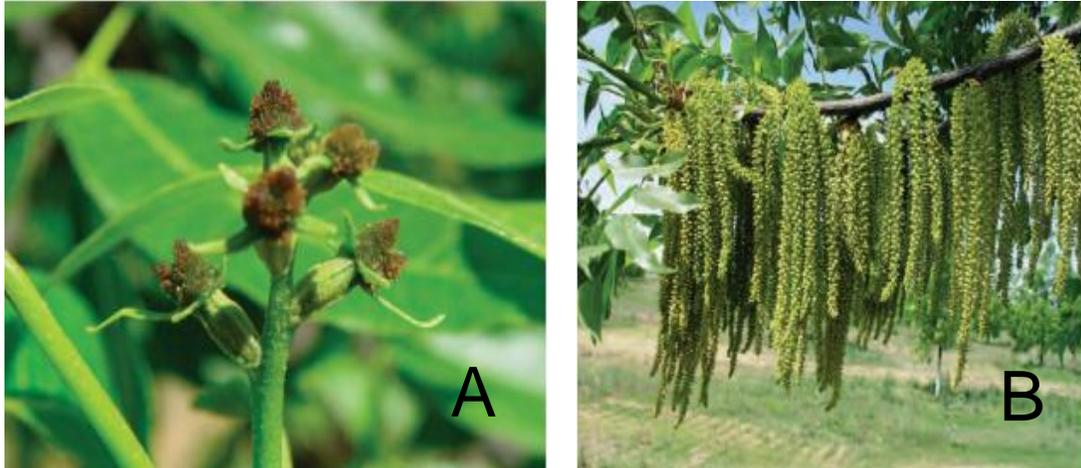


Figura 6. Flores del nogal pecanero. (A) flor femenina y (B) flor masculina (amentos).

**Fruto.** Su fruto es drupáceo, monospermo dehiscente con endocarpio endurecido (Wagner *et al.*, 2005). La fruta consta de un pericarpio, mesocarpio y semilla (almendra) (Aragón, 2004). Los frutos están agrupados de uno a cuatro, sobre un pedúnculo corto, cada uno constituye una drupa dehiscente, con la cubierta carnosa al principio o sea el pericarpio y mesocarpio (ruezo) el cual se seca haciéndose en cuatro valvas para dar salida al endocarpio leñoso el cual encierra la semilla o almendra (nuez), reducida a un embrión con dos cotiledones los cuales son la parte comestible de la nuez (Brisson, 1992).

### 3.1.3 FENOLOGIA DEL CULTIVO

Algunos procesos fisiológicos de la planta requieren requisitos estrictos y complejos, especialmente los relacionados con la fructificación. Así, por ejemplo, muchas variedades tendrán necesidad de pasar un determinado número de horas por debajo de una temperatura dada, durante el reposo invernal (acumulación de horas-frío).

Cada año el nogal presenta un mismo ciclo fenológico, coincidiendo dentro de ciertos rangos de variación con la época del año en los que se encuentran las diferentes etapas (McWhorter *et al.*, 1977). Se requieren unas condiciones adecuadas para que se lleve a cabo la formación de yemas fructíferas

(inducción floral), la polinización, el cuajado y crecimiento de los frutos, etc., de cuyos sucesivos fenómenos dependerá, año tras año, el éxito de la plantación. En la Figura 7 se muestra la fenología del nogal pecanero.

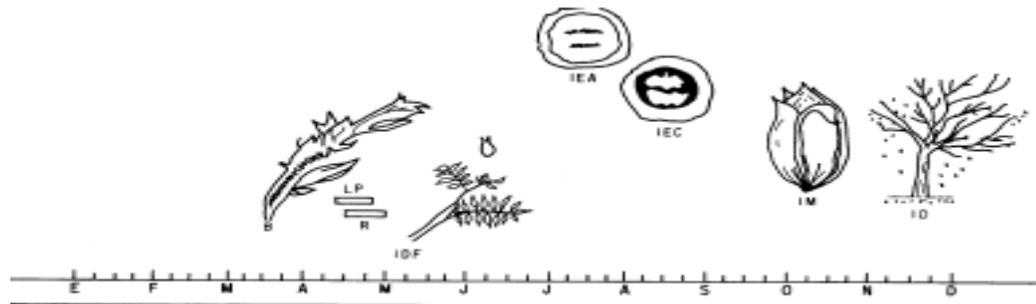


Figura 7. Etapas fenológicas del nogal pecanero. Brotación (B), liberación de polen (LP), receptividad (R), inicio de desarrollo de fruto (IDF), inicio estado acuoso (IEA), inicio de endurecimiento de cascara (IEC) e inicio de la maduración (IM) y defoliación (D).

### 3.1.4 VARIEDADES

Por sus condiciones de clima seco tanto las variedades del Este y del Oeste de los E.U. se pueden recomendar para el estado de Coahuila, siendo preferente las variedades del Oeste por su adaptabilidad en desarrollo y producciones para este estado. En la Figura 8 se observa el comportamiento dicógamo en tres variedades en el Norte de Coahuila.



Figura 8. Comportamiento dicógamo en tres variedades de nogal pecanero en el Norte de Coahuila (Mencionado por González, 2018).

Al seleccionar las variedades se deben tomar en cuenta la uniformidad, diámetro adecuado (lo ideal es una pulgada), variedad certificada, buen desarrollo del cepellón y sanidad del material (Mencionado por González, 2018). Además, considerando que el fruto del nogal es producto de la unión de la flor masculina (polen) con la flor femenina, es necesario que en las huertas se establezcan por lo menos 4 variedades que coincidan en la receptibilidad de la flor femenina y la liberación de la flor masculina (polen); por esa razón se recomiendan las siguientes cuatro variedades (Cuadro 2) (Herrera, 1993).

Cuadro 2. Variedades de nogal pecanero que coincidan en la receptibilidad de la flor femenina y la liberación del polen por la flor masculina.

Variedad	Porcentaje
Western Schley	60
Wichita	20
Choctaw	10
Cheyenne	10

Las variedades que mejor adaptación tienen en la zona del norte de Coahuila presentan las siguientes ventajas y desventajas como se muestran en los Cuadros 3, 4, y 5 (Mencionado por González, 2018).

Cuadro 3. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Wichita.

Ventajas	Desventajas
1. Precoz	1. Deficiencia de zinc
2. Buena producción	2. Poda adecuada
3. Buena calidad	3. Problemas fisiológicos
4. 59% almendra	4. Gusano barrenador del ruezno
5. Polinizador	5. Rajado de la nuez
	6. Germinación prematura

Cuadro 4. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Western.

Ventajas	Desventajas
1. Vigoroso	1. Alterna
2. Buen productor	2. Mancha vellosa
3. No es sensible al zinc	3. Nueces medianas
4. Resistente al estrés hídrico	4. Problemas fisiológicos
5. Resistente al calor	
6. Bajo porcentaje de germinación prematura	

Cuadro 5. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Pawnee.

Ventajas	Desventajas
1. Vigoroso	1. Alternante
2. Maduración temprana	2. Sensibilidad al zinc
3. Precoz	3. Problemas fisiológicos
4. Requiere poco frio	4. Bajas producciones
5. Crecimiento vertical	
6. Resistente a áfidos	
7. Nuez de tamaño grande	
8. Alto porcentaje de almendra	

Cuadro 6. Ventajas y desventajas del establecimiento de nogal pecanero variedad Cheyenne.

Ventajas	Desventajas
1. Vigor mediano	1. Alternante
2. Maduración temprana	2. Sensible de enfermedades
3. Buena calidad	3. Sensible a pulgones
4. Buen % de almendra	

## **IV. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **4.1 SUELO**

Cuando se va a establecer una huerta del nogal es conveniente tomar en consideración algunas características del suelo para tener un buen desarrollo de los árboles y en huertas establecidas también es conveniente conocer las propiedades del suelo para darle un manejo adecuado (Medina y Cano, 2002). El nogal puede establecerse en una amplia variedad de suelos, desde texturas de migajón arenoso hasta migajón arcilloso, se prefiere suelos de origen aluvial, profundos (1 a 1.5 m), permeables, sueltos, de buena fertilidad y con pH de 6.5 a 8.0, el crecimiento de las raíces del nogal es mayor cuando el pH del suelo es de 6.5 a 7.5 (Smith, 1990).

### **4.2 TEMPERATURA**

El clima es de los principales factores del ambiente que influyen en el desarrollo del nogal, ya que como factor abiótico puede generar daños en plantas cultivadas de una manera directa (falta de frío, heladas, golpes de aire y sol, granizo, sequía, etc.), así como influir en el desarrollo de desórdenes fisiológicos, plagas y enfermedades (viviparidad, barrenadores, pulgones, etc.) y modificar la programación del agua de riego (Villalpando y Ruiz, 2003). La temperatura afecta el desarrollo de un cultivo, insecto y/o patógenos, a través de su influencia en los procesos metabólicos. Bajas temperaturas retardan el desarrollo vegetativo, mientras que las altas (con cierto límite), lo aceleran y acortan las diferentes etapas fenológicas. Este concepto postula que las plantas y los insectos especialmente, dependen de la cantidad de calor que reciben (Villalpando, 1981).

### **4.3 RIEGO**

El manejo del agua para el cultivo del nogal, es un factor que determina el comportamiento fisiológico denominado alternancia productiva que consiste en presentar rendimientos fluctuantes de un año a otro, lo que impacta en la

productividad y calidad de la nuez. Cuando se presenta una deficiencia de agua, la primera función fisiológica es el crecimiento celular, se inhibe el transporte de nutrientes, la fotosíntesis y la translocación de los fotosintatos dentro de la planta y por consecuencia, se produce una deficiencia de brotes florales y finalmente una reducción en la cantidad y calidad de la nuez (Allan *et al*; 2006).

#### **4.4 NUTRICIÓN**

El nogal necesita de nutrimentos que se 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 nutrimentos son indispensables para el desarrollo del nogal y se clasifican en función de la cantidad en que son requeridos.

## V. MANEJO DEL CULTIVO

### 5.1 DISEÑO DE LA PLANTACIÓN

El establecimiento de huertas del nogal requiere de una inversión a largo plazo y de factores determinantes como agua, suelo, variedades y densidades de plantación. En la Figura 9 se observan los diseños de plantación utilizados en huertas de nogal pecanero (Mencionado por González, 2018). 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 proyección de la huerta a futuro (Herrera, 1996).

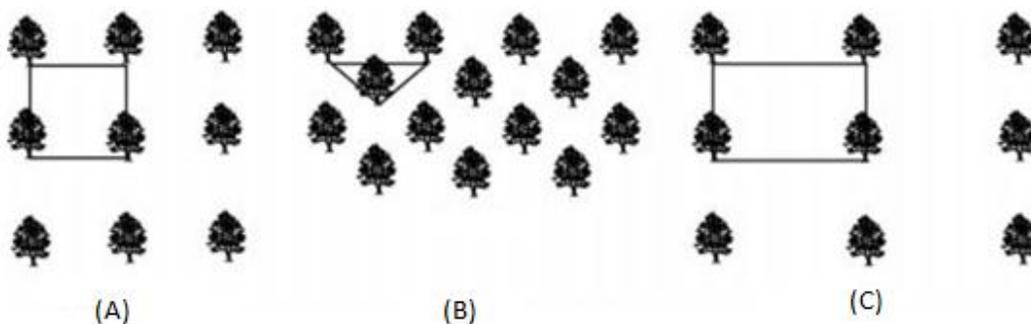


Figura 9. Diseños de plantación utilizados en huertas de nogal pecanero. (A) cuadrado o marco real, (B) triangular o tresbolillo y (C) rectangular.

### 5.2 PLANTACIÓN

El establecimiento de una huerta nogalera se hace de manera manual colocando la planta dentro de un pozo de 60 cm de profundidad por 40 cm de ancho, colocando dos testigos como referencia para no perder la alineación del trazo seleccionado, se pone un enraizador disuelto en el riego, con un poco de composta haciendo así más efectiva la plantación de una huerta nogalera. (Mencionado por González, 2018).

### **5.3 FERTILIZACIÓN**

Para que el nogal pecanero crezca y produzca adecuadamente debe ser abastecido de manera balanceada con los nutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y boro (B). Cuando un nogal sufre una deficiencia o un desbalance nutrimental su productividad resulta sustancialmente limitada (Sparks, 1989; Smith, 1991). Por eso, la fertilización es una práctica de manejo clave en las nogaleras de regiones semiáridas, donde los suelos son pobres en materia orgánica, de baja fertilidad y de pH alcalino (Kilby y Mielke 1982).

### **5.4 INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA**

En las huertas de nogal pecanero el suelo es explotado de manera muy intensiva, y muchas nogaleras basan su buena producción y calidad de nuez en un alto uso de insumos. No obstante, los efectos colaterales de varias prácticas agrícolas intensivas son acumulativos y su daño se observa a mediano plazo. De manera particular, la fertilización excesiva tiene efectos negativos en las propiedades químicas y biológicas del suelo (Weinbaum *et al.*, 1992). El laboreo continuo reduce la materia orgánica y favorece compactación de los suelos (González, 2007).

En buena medida, la fertilidad de un suelo está determinada por su contenido de materia orgánica, para compensar se usan estiércoles, compostas, biosólidos, entre otros (Alexander, 1980).

## 5.5 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES IMPORTANTES

Uno de los factores de riesgo de mayor importancia para la producción de nuez en la región norte de Coahuila, lo constituye la situación fitosanitaria. Por esta razón, el cultivo exige un manejo adecuado de los organismos dañinos, tomando en consideración su biología, identificación y comportamiento (Medina y Cano, 2002).

**Plagas.** Algunas de las plagas de importancia en nogal son: hormigas, mosca sierra, salivazo, gusano barrenador de la nuez, gusano de la yema, pulgón amarillo, gusano barrenador del ruezno, pulgón negro, chinches, gusano de la hoja barrenador del tronco (Aguilar, 2007).

**Enfermedades.** Las enfermedades de mayor importancia son la mancha vellosa, pudrición texana, roña, tizón del pedúnculo, mancha café de la hoja, fumagina (Mencionado por Conrado, 2018).

## **VI. PODA DEL NOGAL**

### **6.1 OBJETIVO DE LA PODA**

La poda se considera como el arte o la ciencia de eliminar parte de una planta para influenciar su desarrollo y producción (Ávila, 1974). La poda de sus árboles de nueces es una actividad indispensable y continua que comienza con la plantación inicial del árbol. Los árboles de nuez pecanera se vuelven "perezosos" y se convertirán en gigantescos "arbustos" si no se realiza una poda anual.

El objetivo de la poda debe permitir la mayor entrada de luz para una mayor fotosíntesis, el rejuvenecer árboles, tener más brotes terminales, mejorar la relación hoja-fruto, incrementar el rendimiento, la calidad, la fitosanidad y reducir la alternancia (Mencionado González, 2018).

### **6.2 ÉPOCA DE PODA**

La época de poda no está generalizada entre los productores de nogal pecanero. Algunos la realizan durante el invierno porque las reservas acumuladas a lo largo del año se movilizan de la parte aérea a los tallos y a la raíz durante el otoño, y regresan a la parte aérea durante la brotación la cual ocurre en primavera (Mencionado por González, 2018).

Otros más realizan poda en verano denominada "poda verde", cuya finalidad principal es eliminar las yemas primarias que tienen un exceso de vigor y solo dejar las yemas secundarias o terciarias para inicializar los primeros pisos.

### **6.3 TIPOS DE PODA**

En los árboles de nogal los primeros cinco años de vida son cruciales y marcan el resto de la vida del árbol. Dice un dicho popular mexicano "árbol que crece torcido jamás su rama endereza" y el nogal pecanero no es la excepción.

En los árboles de nogal se realizan tres tipos de poda: la poda de formación de líder central, la poda selectiva o de producción y la poda de rejuvenecimiento. A continuación se describe cada tipo de poda.

#### **6.4 PODA DE FORMACION DE LIDER CENTRAL**

Para lograr que un árbol tenga un adecuado crecimiento y desarrollo a lo largo de su vida que repercuta en excelente fructificación, la planta debe formarse desde joven. El desarrollo de la estructura del árbol debe hacerse cuidadosamente con una cantidad mínima de poda. Para desarrollar un árbol de porte mediano, fuerte y resistente al viento, se recomienda realizar la poda de "líder central" o "líder central modificado" con ramas de andamios bien espaciadas y ampliamente anguladas que emerjan en espiral.

En tipo de árbol que se formará con las podas determinará el equipo mecánico y herramientas a utilizar posteriores para el manejo del huerto y la cosecha. Por ello, mientras se dé forma a los árboles, se debe mantener una imagen mental del árbol idealmente estructurado y tratar de darle forma a cada árbol según el patrón ideado. No hay dos árboles iguales y muy pocos se ajustarán exactamente al ideal, pero servirá como una guía (Herrera, 2018).

Para darle estructura al árbol desde pequeño se debe seleccionar y desarrollar el líder central, para ello: se debe podar la parte superior de 1/3 a 1/2 del crecimiento de la temporada anterior al momento de plantar el árbol (Figura 10). Esto generalmente dará como resultado la brotación de dos o tres yemas inmediatamente debajo del punto de corte, las cuales a su vez generará ramas de crecimiento vigoroso y vertical de aproximadamente 90-100 cm de alto la primavera siguiente, ello permitirá seleccionar un líder central fuerte un año después.

A veces los árboles recién plantados pueden comenzar muy lentamente durante la primera temporada de crecimiento. Si el crecimiento no ha comenzado en julio, es recomendable reducir el corte a más de 30 cm sobre

el punto de injerto para forzar el crecimiento en la primera temporada (Herrera, 2018).

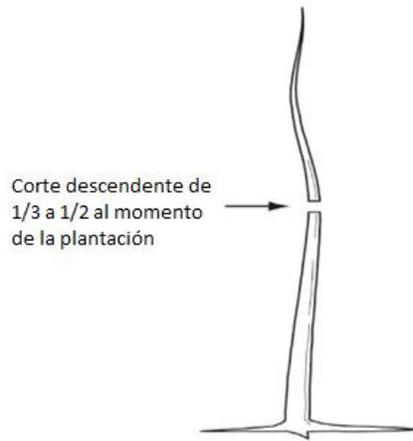


Figura 10. Diagrama que muestra el punto de corte en un árbol joven de nogal pecanero para formar el líder central.

Durante los primeros años después de la plantación los árboles de nogal entrarán en inactividad dependiendo de la tasa de desarrollo del árbol, el brote más fuerte y vigoroso que creció en la parte superior del árbol en la temporada de crecimiento anterior (justo debajo del corte realizado un año antes) debe seleccionarse para continuar con el desarrollo del líder central (Herrera, 2018) (Ver Figuras 11 y12).

Cualquier rama lateral que tenga al menos 1 pulgada de diámetro y que esté a menos de 1.50 cm del suelo se debe quitar por completo. Los brotes de ramas laterales más pequeños deben despuntarse.

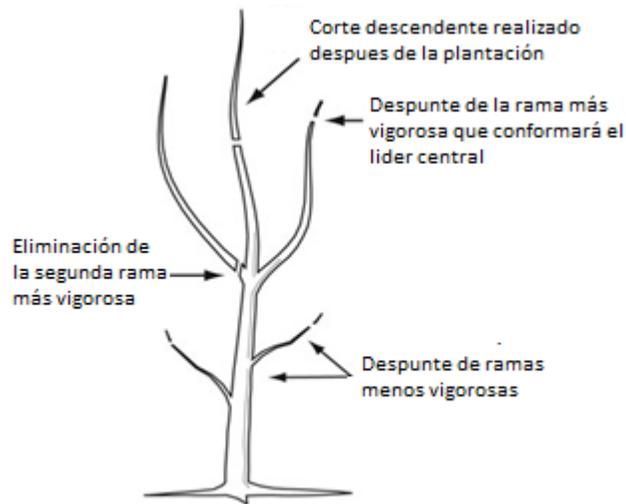


Figura 11. Diagrama de los cortes a realizar al segundo año después de la plantación en una planta joven de nogal pecanero para formar el líder central.

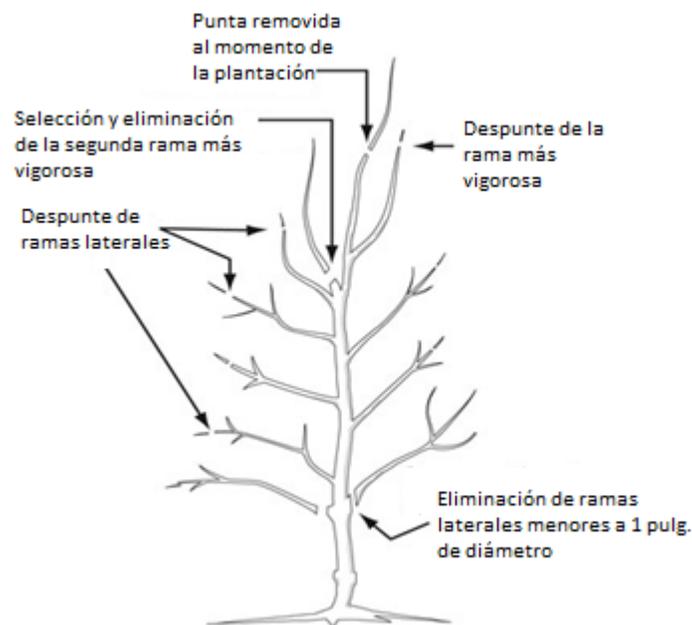


Figura 12. Ejemplo de la formación de un árbol joven de cuatro o cinco años de edad.

Un caso particular de poda se presenta cuando se da la formación de un árbol con dos ramas de diámetros similares dominantes o líderes en forma de “Y” o “V” como se observa en la Figura 13. Cuando este es el caso se elimina la una

de las ramas por completo, enseguida se selecciona la rama más fuerte de la parte superior (líder central) y se despunta, luego los demás brotes superiores y los brotes laterales con ángulos estrechos se eliminan por completo (Herrera, 2018).

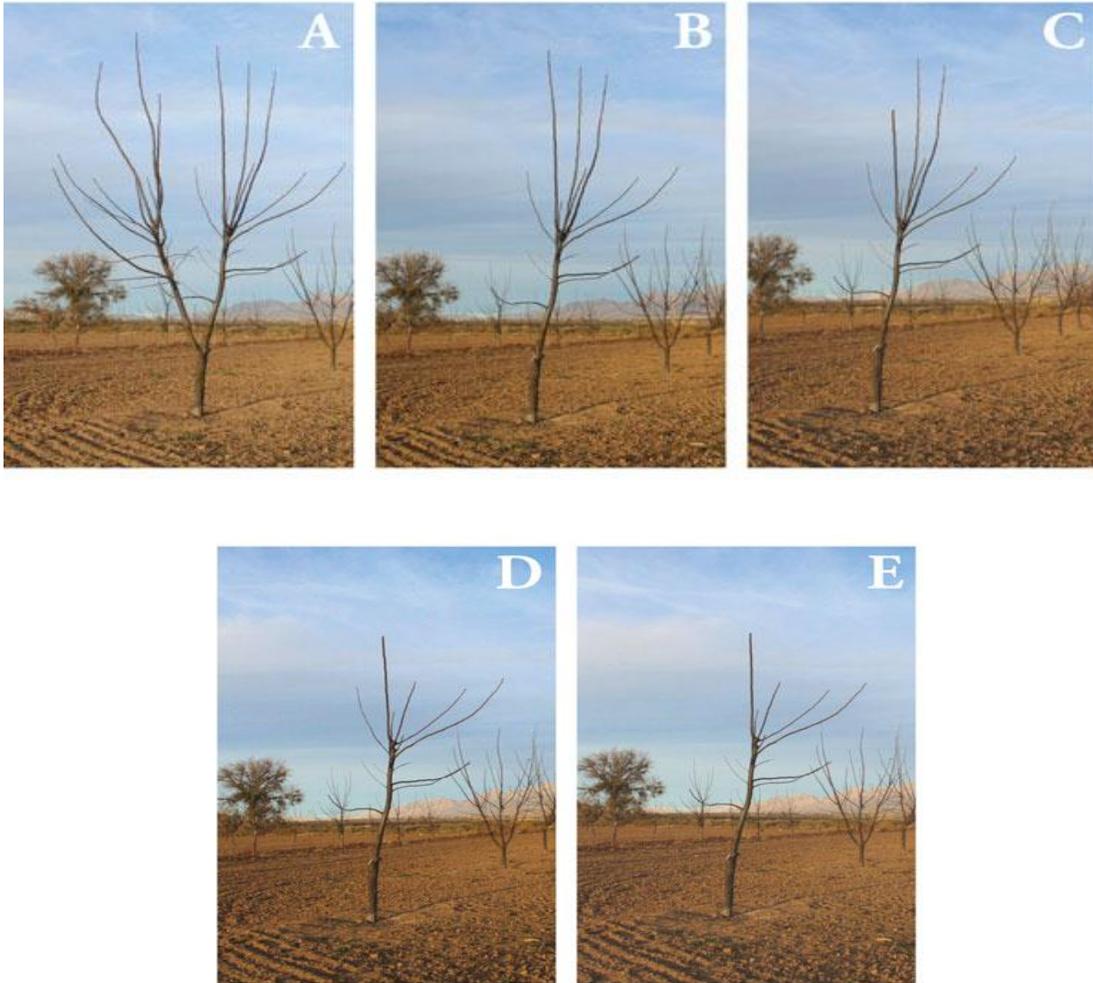


Figura 13. Poda de un árbol con dos ramas de semejante grosor en forma de “Y” o “V”. (A) Árbol con dos ramas de similar grosor antes de la poda, (B) Eliminación de una de las ramas, (C) Selección y poda de la rama más fuerte, (D) Eliminación de ramas superiores y (E) Eliminación de brotes laterales con ángulos estrechos.

**Selección y desarrollo de ramas de pisos.** En cada nudo a lo largo del líder central hay hasta tres yemas: los brotes primarios, secundarios y terciarios. La yema primaria se identifica fácilmente porque es la más grande de las yemas en un nudo. Secuencialmente, los brotes primarios, secundarios y terciarios se vuelven más pequeños en tamaño y tienen ángulos más amplios con respecto al eje del brote. Los brotes secundarios y terciarios generalmente no crecen si se permite que el brote primario crezca. Los brotes primarios generalmente producen brotes con ángulos de entrepierna más estrechos que brotes secundarios o terciarios, y como resultado pueden producir pisos más débiles.

El líder central siempre debe crecer a partir de un brote primario (debido a la tendencia natural de los brotes primarios a producir un crecimiento recto y erecto). Sin embargo, los brotes primarios inactivos suelen ser posibles posiciones de pisos a lo largo del líder central que pueden ser comprimidos para forzar el desarrollo de brotes más fuertes y más angulados de los brotes secundarios. Esto puede facilitar la selección de ramas de pisos adecuadas en la próxima temporada de inactividad (Herrera, 2018).

Al seleccionar ramas que se convertirán en miembros de pisos permanentes, se elija solo aquellos que forman ángulos amplios con el líder central (alrededor de 45 ° es ideal para los cultivares más comunes). Las inclusiones de corteza se pueden formar entre el líder central y las ramas con ángulos estrechos, lo que causa un riesgo en los años venideros por la rotura de ramas con el viento o con una carga de cosecha pesada (Herrera, 2018). Ver Figura 14.



Figura 14. Selección de las primeras ramas principales de pisos laterales.

Al entrenar a un árbol joven, la meta es tener 6-10 ramas laterales espaciadas a 20-35 cm de distancia y dispuestas en espiral alrededor del líder central. Los árboles maduros con varias ramas pequeñas de andamios se pueden cosechar más fácilmente con un vibrador mecánico que aquellos con solo unas pocas ramas grandes. La altura ideal a la cual emerge la rama de andamio más baja del líder central, está determinada por el tipo de equipo de cosecha que se utilizará. La rama más baja del andamio no debe ser más alta que la necesaria para sujetar el vibrador del tronco (generalmente, aproximadamente 10 a 12 centímetros deberían ser suficientes). Todos los brotes laterales que se desarrollen por debajo de 1.50 centímetros y que no serán seleccionados para las ramas permanentes del andamio no deben permanecer. Figura 15 proceso completo de poda del líder central (Herrera, 2018).

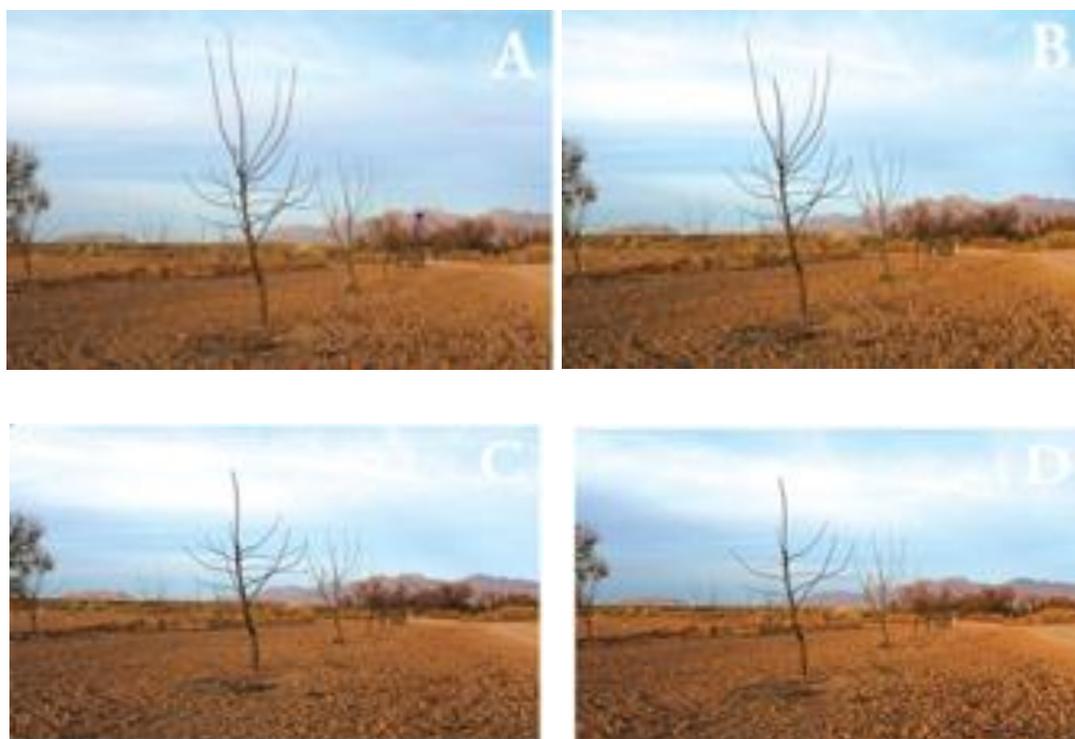


Figura 15. Proceso completo de poda del líder central. (A) Árbol antes de la poda, (B) Selección de la parte superior más fuerte (líder central) y recorte de  $\frac{1}{2}$  de la longitud, (C) Eliminación del resto de brotes superiores y (D) Eliminación de brotes laterales con ángulos estrechos.

### 6.5 PODA SELECTIVA O DE PRODUCCIÓN

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. La producción de nuez en Western se obtiene en brotes emitidos sobre ramas de un año de edad de 50 a 40 cm de longitud, mientras que en Wichita es de 50 a 60 cm. La longitud promedio de los brotes fructíferos es cuando alcanzan alrededor de 20 cm. En huertas adultas con problemas de sombreado, la producción y calidad de nuez disminuyen y aumenta la alternancia.

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. 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. 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.

El aclareo de árboles incrementa la penetración de luz en el piso de la huerta no ocupado por la copa del árbol, por lo tanto, un incremento en la intercepción de luz principalmente en la periferia de la copa y consecuentemente un incremento en el crecimiento (Medina y Cano, 2002).

Cuando hay problemas de sobrepoblación, las ramas más bajas empiezan a morir, la producción y la calidad de las nueces (Porciento de almendra) bajan cada año, la alternancia de producción aumenta (Mencionado por Urías, 2017). Además, se dificulta el monitoreo de plagas e insectos, el control de plagas y enfermedades se hace más difícil y menos efectivo copas más juntas, humedad relativa más alta (Aumenta el riesgo de hongos), insectos se trasladan más fácilmente de árbol a árbol. Se recomienda tener una buena separación de copas, separar ramas, eliminar ramas cruzadas, eliminar ramas hacia adentro, eliminar ramas empalmadas y despatar ramas como se observa en las Figuras 16, 17, 18, 19, 20 y 21 (Mencionado por Urías, 2017).



Figura 16. Poda en nogal pecanero para separación de copas



Figura 17. Poda en nogal pecanero para separación de ramas



Figura 18. Poda en nogal pecanero para eliminar ramas cruzadas



Figura 19. Poda en nogal pecanero para eliminar ramas orientadas hacia el interior del árbol.



Figura 20. Poda en nogal pecanero para eliminar ramas empalmadas.



Figura 21. Poda en nogal pecanero para despatar ramas.

## 6.6 PODA DE REJUVENECIMIENTO

Las huertas maduras de nogal pecanero requieren de elevados niveles de luz para un óptimo crecimiento, producción y calidad de nuez. Cuando las copas entre árboles vecinos se juntan unas con otras, las ramas inferiores son superadas en crecimiento por las superiores debido a la reducida penetración de luz. La disminución en la penetración de la luz trae como resultado una disminución en el crecimiento y productividad, ya que solo el crecimiento terminal expuesto al sol es potencialmente productivo. Un bajo porcentaje de almendra es también observado, seguido por una producción alterna y finalmente por un periodo de crecimiento limitado.

En huertas maduras de nogal, se ha observado que cuando las copas de los árboles vecinos se juntan, solo el 20% de la luz penetra hacia el piso de la huerta cuando los árboles son viejos, se debe llevar a cabo una poda de renovación o de “rejuvenecimiento”. Ésta consiste en renovar la madera no productiva de la planta con el objetivo de generar nuevos centros productivos. Así, se realizan cortes que van rebajando las ramas gruesas de forma escalonada con el objetivo de que el rendimiento no descienda en forma brusca. Si en un huerto adulto se detecta que hay mucha madera improductiva, seca, que no produce fruta, lo ideal es renovar la madera. Esto significa, que un año se debe cortar una rama baja, al siguiente una improductiva, y al tercero otra superior que genere exceso de sombra. Con esto se evita que la producción del huerto baje de forma agresiva, y lo que se eliminó el año anterior se recupere en la siguiente temporada, haciendo que surjan nuevos centros productivos (Herrera, 1996).

En la Figura 22A se observa un árbol sin brotación que recibió una poda de rejuvenecimiento mientras que en la Figura 22B se observa el mismo árbol con brotación.

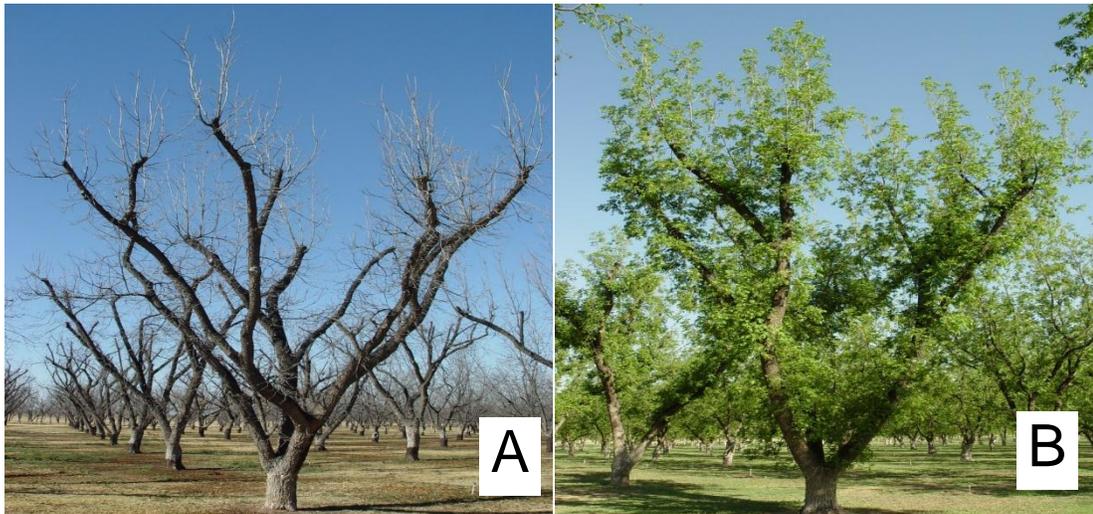


Figura 22. Poda de rejuvenecimiento. (A) árbol con poda de rejuvenecimiento antes de la brotación, (B) árbol con poda de rejuvenecimiento después de la brotación.

Urías (2017) al realizar un estudio en nogal pecanero variedad Western encontró que los árboles que recibieron una poda de renovación mostraron un incremento en la longitud de brotes fructíferos, en el área foliar específica y en el contenido de nitrógeno foliar (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la poda de renovación en el vigor y estado nutricional de nogales Western.

<b>Poda</b>	<b>LBF (cm)</b>	<b>AFE (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>N foliar (%)</b>
Ninguna	9.4	13.0	2.19
Renovación	11.7	32.2	2.34

También Urías (2017) menciona el efecto de la poda de rejuvenecimiento o renovación en nogales variedad Western de 43-47 años de edad plantados a 13x13 m en tresbolillo efectuada durante un periodo de tres años posterior a la plantación en las variables rendimiento por hectárea, peso de la nuez y porcentaje de almendra (Cuadro 8) y en la variable rendimiento en los años

2001 al 2014 (Cuadro 9). En las Figuras 23 incisos A, B, C, D, E, y F se observan imágenes del efecto en los árboles con y sin brotes con la poda de renovación realizada en tres años consecutivos.

Cuadro 8. Efecto de la poda de renovación realizada en un periodo de 3 años en nogales variedad Western para las variables en el rendimiento y calidad de nogales Western.

Variable	AP*	Año de poda			1ADP**
		1	2	3	
t/ha	1.70	1.90	2.56	1.62	2.46
g/nuez	6.6	6.8	7.0	7.7	6.9
% almendra	60.1	59.8	60.2	57.8	62.2

\*AP=Año previo a la poda

\*\*1ADP=Primer año después de la poda.

Cuadro 9. Rendimiento de nogales con y sin poda de rejuvenecimiento en nogales variedad Western durante los años 2001 al 2004.

Tratamiento	t/ha				Promedio
	2001	2002	2003	2004	
Sin poda	3.0	0.2	1.8	0.6	1.4
Con poda	1.0	1.4	4.0	1.7	2.0



Figura 23. Poda de renovación realizada durante un periodo de tres años en nogal Western. (A) primer año sin brotación, (B) segundo año sin brotación, (C) tercer año sin brotación, (D) primer año con brotación, (E) segundo año con brotación y (F) tercer año con brotación.

## 6.7 EFECTOS DE LA PODA EN EL NOGAL

### 6.7.1 BALANCE NUTRICIONAL DE LA PLANTA

Para que el nogal pecanero crezca y produzca adecuadamente debe ser abastecido de manera balanceada con los nutrimentos: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y boro (B). Cuando un nogal sufre una deficiencia o un desbalance nutrimental su productividad resulta

sustancialmente limitada (Sparks 1989, Smith 1991). Por eso, la fertilización es una práctica de manejo clave en las nogaleras de regiones semiáridas, donde los suelos son pobres en materia orgánica, de baja fertilidad y de pH alcalino (Kilby and Mielke 1982).

### 6.7.2 BALANCE HORMONAL

El efecto hormonal en un cultivo es muy diverso teniendo múltiples efectos, en el nogal pecanero, el ciclo hormonal se inicia desde la poda del cultivo, lo cual indica junto con las condiciones medioambientales el inicio de la brotación y futura fructificación. En el norte de México las podas se realizan durante los meses de enero-marzo, sin embargo de manera general, los cultivos de nogal activan su brotación en los inicios de la primavera, por lo que la poda juega un papel muy importante en la brotación, que deriva de un balance hormonal entre citocininas, auxinas y giberelinas, antes y durante la brotación la producción hormonal se inicia con una alta producción de citocininas las cuales activan el mecanismo de división celular, inmediatamente después viene la producción y acción de auxinas y giberelinas que ayudan a la elongación celular, este balance entre dichas hormonas hacen que el cultivo se mantenga regulado pasando por las fases fenológicas, mismas que están directamente influenciadas por la nutrición del cultivo. En la figura 24 se observa el modelo de desarrollo hormonal en distintas etapas durante el ciclo de desarrollo de la planta (Stoller, 2018).

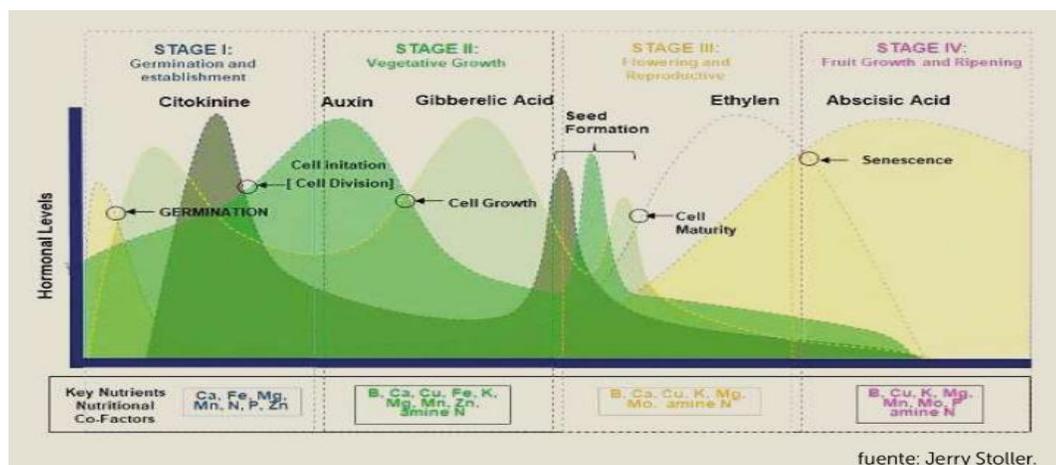


Figura 24. Modelo de desarrollo hormonal en distintas etapas durante el ciclo de desarrollo de la planta (Stoller).

### 6.7.3 OTROS EFECTOS

La variación de la intensidad luminosa en el interior de la copa del árbol reduce la diferenciación de brotes, número de frutos, tamaño y color mismo, en la mayoría de los cultivos caducifolios. La reducción de luz en el interior de la copa afecta con un descenso en la cantidad y calidad de la producción y repercute en los ciclos subsiguientes, el sombreado reduce la disponibilidad de fotosíntesis para crecimiento y desarrollo y se establece una competencia entre frutos y brotes por reservas disponibles y son inhibitorios o competitivos ya que reducen la formación de yemas fructíferas (Andersen, 1994).

## VII. RENTABILIDAD DE LA PODA

Una de las preguntas más comunes en huertas nogaleras es si la poda mejora la rentabilidad del cultivo ya que este manejo resulta un gasto más para el productor por lo tanto la respuesta es positiva siempre que se haya tenido un buen manejo de poda. Tarango (2017) en los Cuadros 10 y 11 muestra resultados de podas selectivas y mecánicas.

Cuadro 10. Resultados de la poda selectiva y mecánica en dos variedades de nogal pecanero.

Poda	kg/árbol	
	Desirable <sup>1</sup>	Western <sup>2</sup>
Sin poda	29.7	56.4
Mecánica (lateral-apical)	23.1	62.8
Aclareo selectivo	30.1	67.2

Cuadro 11. Efecto de la poda en el rendimiento de una huerta de nogal Western con árboles de dos edades en el periodo de 2007 al 2012.

Año	t/ha	
	25-30 años	>40 años
2007	2.56	2.22
2008	0.87	1.13
2009	3.26	2.65
2010	1.92	1.71
2011	3.41	2.10
2012	1.62	1.87
PROMEDIO	2.27	1.94

## VIII. CONCLUSIONES

La productividad de un nogal pecanero depende de la integración de buen clima-suelo-manejo (horas frío, riego, nutrición, control de plagas y poda).

Las razones de la poda son para mejorar la penetración de la luz, mejorar la relación hoja/fruta, mejorar la calidad de la nuez, promueve el desarrollo de brotes al interior del árbol, reduce la alternancia, reducir el tamaño del árbol lo que facilita el manejo, promueve el desarrollo de madera en la parte inferior del árbol, permite manejar la carga de cosecha del árbol y el rejuvenecimiento de árboles viejos. Por el contrario, la falta de poda reduce la exposición a la luz, provoca senescencia de hojas, muerte de ramas y en consecuencia disminución en el rendimiento y calidad de la producción.

La condición vegetativa, de producción y calidad de cada nogal o de cada huerta determinan el tipo y sistema de poda a implementar, siendo las más importantes la poda de formación de líder central, la poda selectiva o de producción y la poda de rejuvenecimiento.

En la poda la entrada de luz es uno de los factores más importantes a considerar para tener una excelente productividad. Para ello, la forma de cono en el árbol es la más recomendable para interceptar luz y obtener de 16 a 20 hojas por fruta que es la cantidad que se requiere para un desarrollo adecuado de la nuez, además de una orientación de hileras de NE-SW.

Si bien la poda reduce la producción después de los primeros 1-2 años los efectos a largo plazo son indudablemente positivos en la producción y en la calidad de la cosecha.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Si se apega la poda a los principios fisiológicos que la rigen el desarrollo del nogal pecanero, los diferentes tipos y sistemas de poda incrementaran el rendimiento y calidad del árbol.
2. Para definir qué tipo de manejo se debe implementar en una huerta de nogal es conveniente identificar las condiciones ambientales y de suelo de cada región.
3. La poda es recomendada año con año buscando siempre la entrada de luz y la sanidad del árbol sin desgastar al árbol.
4. Por su clara respuesta positiva a la alternancia, la poda del nogal pecanero es un tema de gran interés el cual debe de ser estudiado con mayor profundidad, ya que se ha visto que las técnicas utilizadas dan como resultados una mejor calidad de nuez.

## X. LITERATURA CITADA

**Adams J. C. and Thielges, B. A. 1977.** Research underway on pecan timber improvement. Louisiana Agriculture. 20:14-15.

**Aguilar P. H. 2017.** Principales plagas del nogal en el norte de Coahuila. Folleto técnico no: 14 de Coahuila.

**Alexander M. 1980.** Microbiología del suelo. AGT Editor. México. 491 p.

**Allan A., Junming, W., Sammis, T. W., Mexal, J. G., Simmons, L. J., Miller, D. R. and Gustschik. V. P. 2006.** A. model of pecan tree growth for the management of pruning and irrigation. Agric. Water Manage. 84; 77-88.

**Arreola A. J. G. 2000.** Manejo de la luz en huertas adultas de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch). Memorias 4º Día del Nogalero. Unión de Nogaleros del Edo. De Chihuahua. Cd. Delicias. Chih. 36-44 p.

**Ávila M. J. 1974.** Poda y desarrollo de los frutales. Ed. Viladiav, Gerona, Barcelona. España. 186 p.

**Brison F.R. 1976.** Cultivo del nogal pecanero (tr. Federico Garza F.). México. Conafrut. 349 p.

**Brison R. F., 1992.** Cultivo del Nogal Pecanero (AR. Federico Garza F.) 2ª Ed. México. CONAFRUT. Pág. 349.

**Burns R. M., and Honkala, B. H. 1990.** Silvics of North America. Agriculture\ Handbook 654, 2, 877. Retrieved from [http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\\_manual/table\\_of\\_contents.htm](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/table_of_contents.htm)

**CABI 2018.** *Carya* Illinois (pecan) <https://www.cabi.org/isc/datasheet/17234>. (Agosto 21, 2018).

**Camargo L. A. 2001.** Monografía del el Barrenador del Ruezno (*Cydia Caryana*) (Fitch) como Plaga Potencial del Nogal. Torreón Coach. Mex. P: 5-7.

**Castellano M. A., R. Molina. 1989.** Mycorrhizae. In: T.D. Landis, R.W. Tinus, S.E. McDonald and J.P. Barnett (eds.). The container tree nursery manual. Vol. 5. Agric. Handbook 674. USDA-FS. P.101-167.

**Castellanos J. Z. 1982.** Estudios sobre la producción, utilización y características de los estiércoles en la Comarca Lagunera. En: La utilización de los estiércoles en la agricultura. México. IATEM. P.11-23.

**Castellanos J. Z. 1984.** El estiércol para uso agrícola en la región lagunera. Folleto técnico No. 1. México. CAELALA-INIA. 18 p.

**Cenjas A. 1997.** Producción y conservación de productos de Trichoderma por vía fermentativa. 1977. 26 p.

**Chaney D. E. L. E. Drinkwater G. S. Pettygrove. 1992.** Organic soil amendments and fertilizers. Publication 21505. DANR. University of California. 36 p.

**COMENUEZ 2018.** Información del cultivo <http://comenuetz.com/informacion-tecnica-del-cultivo/>. (Agosto 25, 2018).

**Dennis G. L., P. R. Fresquez. 1989.** The soil microbial community in a sewage- sludge-amended semi-arid grassland. Biol. Fertil. Soils 7:310-317.

**Eghball B.; B.J. Wienhold; J.E. Gilley., R.A. Eigenberg. 2002.** Mineralization of manure nutrients. J. Soil and Water Cons. 57:469-473.

**Eliosa-Martínez J. A. Migración internacional. 2012.** Estrategia de sobrevivencia e identidad campesina en San Felipe Teotlacingo, Puebla, México. Rev. Agrc. Soc. Des. 9(1):71-84.

**Godoy A. C, López. 2000.** Desarrollo de la almendra y germinación del fruto del nogal pecanero bajo cuatro calendarios de riego. Terra Latinoamericana 18; 305-311.

**Godoy A. C., Xopiyaztle, Z., Reyes, J. I. Torres. E. C. A. 2005.** Comportamiento hídrico de hojas y frutos del nogal pecanero y su relación con la calidad y germinación de fruto. *Terra Latinoamericana* 23; 505-513.

**González C. G. 2007.** Manejo de suelos en huertas de nogal: la labranza mínima como alternativa. En: Seminario de nogal pecanero 2007. México. CECH-INIFAP. P.18- 27.

**González M. J. 2018.** Establecimiento de nuevas huertas del nogal y las altas densidades en el norte de Coahuila. *Memorias del V Congreso Nogalero del Norte de Coahuila*. Allende Coahuila.

**Graham C. J. 2013.** I International Symposium on Pecans and Other *Carya* in Indigenous and Managed Systems. In *Native Pecan Germplasm in Louisiana* ([http://www.actahort.org/books/1070/1070\\_14.htm](http://www.actahort.org/books/1070/1070_14.htm)).

**Hanna J.D. 1987.** Pecan rootstocks. In: R.C. Rom and R.F. Carlson (eds.). *Rootstocks for fruit crops*. John Wiley and Sons. P.401- 410.

**Harman G. 2000.** Myths dogmas of control. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease*. 84(4):377-393.

**Harman G. 2006.** Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*. 2006;96(2):190-194.

**Herrera E. A. 2018.** Entrenamiento de árboles jóvenes de pacana. New Mexico State University. [http://acses.nmsu.edu./pubs/\\_h/H605/welcom.html](http://acses.nmsu.edu./pubs/_h/H605/welcom.html). (septiembre 02, 2018).

**Herrera E. A. 1990.** Fruit growth and development of Ideal and Western pecans. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115: 915-923.

**Herrera E. A. 1993.** Estimating Water Needs for Pecan Trees. NMSU. Cooperative Extension Service. Publication Guide H-607, 622,636.

**Herrera E. A. 1996.** Selecting soil and site for a pecan orchard. Hoja desplegable H-614. Cooperative Extension Service. NMSU.

**Herrera E. A. 2004.** Libro de Manejo de Huertas de Nogal. P.267, edición libre agosto del 2004.

**Herrera E. y Clevenger, T. 1996.** Importancia Económica de la Industria Nogalera en EUA. Guía Z-501, Nuevo México, EE. UU. Servicio Cooperativo de Extensión Agrícola. NMSU. 2-5 pp.

**Hester E. 1974.** Leaf analysis for improved yields. Pecan South. Jun. 16-17.

**HIDROPONIA 2018.** Cultivo de nuez en México, ¿por qué es tan relevante? <http://hidroponia.mx/cultivo-de-nuez-en-mexico-por-que-es-tan-relevante/>. (Agosto 25, 2018).

**Ingham E. 2005.** The compost tea. Brewing manual. Last methods and research. 5<sup>th</sup> edition. Soil Foodweb Inc. 79 p.

**Kilby M. W. E. and Mielke. 1982.** Mineral nutrition of the pecan in the irrigated southwest. Proc. Sixteenth West. Pecan Conf. CES-New Mexico State University. P.35-55.

**Lindemann W.C. 2009.** Organic matter as fertilizer. 43th. Western Pecan Grow. Ass. Proc. P.33.

**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.

**McWhorter G. M., Thomas, J. G. Harris M. K. and Van Cleave H. W. 1977.** Pecan insects of Texas. Texas Agricultural Extension Service. Texas A&M University, College Station, Texas. p.16.

**Medina M. M. C. y Cano R, P. 2002.** Aspectos generales del nogal pecanero. In: Tecnología de producción en nogal pecanero. Instituto Nacional

de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila. 222 p. Libro Técnico No. 3.

**Retes López, Rafael; Nasaimea Palafox, Ariel Ramsés; Moreno Medina, Salomón; Denogean Ballesteros, Francisco G.; Martín Rivera, Martha. 2014.** Análisis de rentabilidad del cultivo de nogal pecanero en la costa de Hermosillo Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 34, enero-junio, pp. 872-882.

**Rodríguez P. C. 2018.** Novedades para el control de plagas y enfermedades. Memorias del V Congreso Nogalero del Norte de Coahuila. Allende Coahuila.

**SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2009.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.

**Slepecky RA. HE Hemphill 1992.** The Genus *Bacillus*—Nonmedical Cap. Pag. En The Prokaryotes 2a. Edición. Ed. Dworkin M, Schleifer KH y Stackebrandt, Springer Verlag, New York, EUA.

**Smith M. W. 1990.** "Pecan nutrition". En: Pecan Husbandry: Challenges and Opportunities. First National Pecan Workshop Proceedings. U.S.D.A. Agricultural Research Service. Georgia, USA. pp. 152–158

**Smith M.W. 1991.** Pecan nutrition. In: Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.152-157.

**Sparks D. 1989.** Pecan nutrition. Twenty-third West. Pecan Conf. CES-New Mexico State University. P.55-96.

**Stockton A. 1985.** Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis. Proc. Nineteenth West. Pecan Conf. CES-New Mexico State University. P.99-100.

**STOLLER J. 2017.** Importancia de usar bioestimuladores en altos años de cargas.

**Strait R.K.; R.E. Zartman., R.E. Sosebee., D.B. Wester. 1999.** Evaluating temperature constraints for municipal biosolids application to a desert grassland soil. Texas J. Agric. Nat. Res. 12:80-87.

**Sullivan D. 1998.** Fertilizing with biosolids. PNW 508. Oregon State University. 12 p.

**Taber R.A., J.W. Worthington., J.M. Trappe., W.A. Taber. 1982.** Mycorrhizal fungi associated with native and improved varieties of pecan in Texas (Abstract). Phytopathology 72:951.

**Tarango R. S. H., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)., & México. 2004.** Micorrizas en nogal pecanero y pistachero. Chihuahua, México: INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Campo Experimental Delicias.

**Tarango R. S. H., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)., & México. 2004.** Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Chihuahua, México: SAGARPA.

**Tarango R., S.H., G. Tarango R., M.T. Alarcón H.; G.V. Nevárez M., E. Orrantia B. 2009.** Uso de biosólidos en la nutrición del nogal pecanero. Folleto técnico No. 29. México. CEDEL-INIFAP. 35 p.

**Tester C. F. 1990.** Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:827-831.

**Urías G. E. 2017.** Poda del nogal. Memorias del IV Congreso Nogalero del Norte de Coahuila. Allende Coahuila.

**Villalpando J. Ruiz, A. C. 1993.** Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Libro técnico. Editorial Limusa, México, D.F. 133 p.

**Villalpando J. F. 1981.** Metodología de investigación en Agroclimatología. Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIP, INIF e INIA (tronco común). Documento de trabajo. SARH. México, D.F.

**Vinale F, Sivasithamparamb K, Ghisalbertic EL, Marraa R, Woo L, Lorito M. 2008.** Trichodermaplantpathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry* 40:1-10.

**Wagner Vendrame; Hazel, W. (2005).** *Carya illinoensis* Pecan. In R. E. Litz (Ed.), *Biotechnology of fruit and nut crops*. CABI.

**Weinbaum S.A.; R.S. Johnson and T.M. DeJong. 1992.** Causes and consequences of over fertilization in orchards. *HortTechnology* 2:112-121.