

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS**



**APLICACIÓN DE BIOREGULADORES Y SU INFLUENCIA EN LA FISIOLÓGÍA  
DEL NOGAL PECANERO PARA MITIGAR ALTERNANCIA**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE LA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS HORTOFRUTÍCOLAS**

**PRESENTA:**

**MARISELA CALDERÓN JURADO**

**CHIHUAHUA, CHIH., MAYO 2021**

TÍTULO DE LA TESIS:

**APLICACIÓN DE BIOREGULADORES Y SU INFLUENCIA EN LA FISIOLÓGÍA  
DEL NOGAL PECANERO PARA MITIGAR ALTERNANCIA**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

**HORTOFRUTICULTURA**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

Los que suscriben, certifican que han leído y recomiendan a la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas la aceptación de la tesis de Maestría titulada: "APLICACIÓN DE BIOREGULADORES Y SU INFLUENCIA EN LA FISIOLÓGÍA DEL NOGAL PECANERO PARA MITIGAR ALTERNANCIA".

Realizada por: MARISÉLA CALDERÓN JURADO.

Como cumplimiento parcial de los requerimientos para obtener el grado de MAESTRÍA EN CIENCIAS HORTOFRUTÍCOLA

Ratifican que las firmas son verdaderas:

\_\_\_\_\_  
Dr. Damian Aaron Porras Flores  
Director  
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas

\_\_\_\_\_  
Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios  
Director de Tesis

\_\_\_\_\_  
M.C. Ramón Saúl Luján Aguirre  
Secretario de Posgrado  
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas

\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Co Director

\_\_\_\_\_  
D. Ph. Ofelia Adriana Hernández Rodríguez  
Catedrático Asesor

\_\_\_\_\_  
Dra. Raquel Cano Medrano  
Catedrático Asesor

\_\_\_\_\_  
Dr. Rafael Ángel Parra Quezada  
Catedrático Asesor

\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Alfonso Jiménez Castro  
Catedrático Asesor

\_\_\_\_\_  
Fecha

25-mayo-2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

The undersigned certify that they have read, and recommend to the Agrotechnological Sciences Department for acceptance, a Master's thesis entitled: **" APPLICATION OF BIOREGULATORS AND THEIR INFLUENCE ON THE PHYSIOLOGY OF PECAN NUT TO MITIGATE ALTERNANCE".**

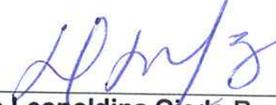
Submitted by: **MARISELA CALDERÓN JURADO**

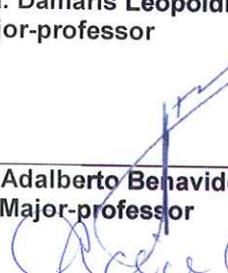
In partial fulfillment of the requirements for the degree of **MASTER OF SCIENCE**

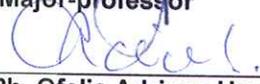
Ratify that signatures are real:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Damian Aaron Porras Flores  
Director  
Faculty of Agrotechnological Sciences

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Ramón Saúl Luján Aguirre  
Postgraduate Secretary  
Faculty of Agrotechnological Sciences

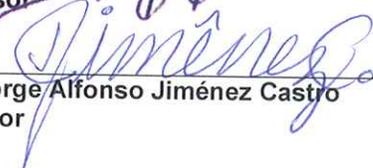
  
\_\_\_\_\_  
Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios  
Major-professor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
CO-Major-professor

  
\_\_\_\_\_  
D. Ph. Ofelia Adriana Hernández Rodríguez  
Advisor

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Raquel Cano Medrano  
Advisor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rafael Angel Parra Quezada  
Advisor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Alfonso Jiménez Castro  
Advisor

Date

25-Mayo-2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLOGICAS

Los que suscriben, miembros del CUERPO ACADÉMICO UACH-CA-17 "HORTOFRUTÍCULTURA", han fungido como parte integral en la asesoría de MARISELA CALDERÓN JURADO durante el desarrollo y conclusión del trabajo de Investigación: "APLICACIÓN DE BIOREGULADORES Y SU INFLUENCIA EN LA FISIOLOGÍA DEL NOGAL PECANERO PARA MITIGAR ALTERNANCIA"

  
Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios  
Representante

  
Dr. Rafael Angel Parra Guezada  
Catedrático Asesor

25-mayo-2021  
Fecha

  
D. Ph. Ofelia Adriana Hernández Rodríguez  
Catedrático Integrante



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

Los que suscriben, miembros del **DEPARTAMENTO FRUTICULTURA COLEGIO DE POSTGRADUADOS**, han fungido como parte integral en la asesoría de **MARISELA CALDERÓN JURADO** durante el desarrollo y conclusión del trabajo de Investigación: "**APLICACIÓN DE BIOREGULADORES Y SU INFLUENCIA EN LA FISIOLOGÍA DEL NOGAL PECANERO PARA MITIGAR ALTERNANCIA**"

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Raquel Cano Medrano', is written over a horizontal line.

Dra. Raquel Cano Medrano  
Integrante Asesor

25-Mayo-2021

Fecha



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

Los que suscriben, miembros del DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, han fungido como parte integral en la asesoría de MARISELA CALDERÓN JURADO durante el desarrollo y conclusión del trabajo de Investigación: "APLICACIÓN DE BIOREGULADORES Y SU INFLUENCIA EN LA FISIOLÓGÍA DEL NOGAL PECANERO PARA MITIGAR ALTERNANCIA"

Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Representante Asesor

25-mayo-2021

Fecha

Cd. Universitaria s/n Campus 1  
Chihuahua, Chih., México C.P. 31310  
Tel. y Fax (614) 439-18-44 y 439-18-45  
[www.faciatec.uach.mx](http://www.faciatec.uach.mx)

## AGRADECIMIENTOS

*“Enseñar exige respeto a los saberes de los educandos.*

*Enseñar exige seguridad, capacidad profesional y generosidad.*

*Enseñar exige saber escuchar.*

*Nadie es, si se prohíbe que otros sean.*

*No hay enseñanza sin investigación, ni investigación sin enseñanza.*

*El estudio no se mide por el número de páginas leídas en una noche, ni por la cantidad de libros leídos en un semestre. Estudiar no es un acto de consumir ideas, sino de crearlas y recrearlas.*

Solo educadores autoritarios niegan la solidaridad entre actor de educar y el acto de ser educados por educandos.

Todos sabemos algo.

Todos nosotros ignoramos algo.

Por eso aprendemos siempre”.

A la Universidad Autónoma de Chihuahua y a la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas por ser mi alma mater y haberme brindado la oportunidad de culminar mis sueños y metas.

A la Dra. Dámaris Ojeda Barrios por su apoyo incondicional, creer en mí, por compartir sus conocimientos, consejos, paciencia y dedicación, por esas pláticas llenas de enseñanza, he aprendido muchas cosas buenas de Usted Dra. Mil gracias.

A la Maestra Laura Orozco Meléndez, gracias por toda su ayuda y paciencia, su bondad tocó mi corazón y entendí que el sol sale para todos, y es bueno ayudar sin esperar nada a cambio, eternamente agradecida con Usted, mil gracias.

Al Dr. Jorge Jiménez Castro por siempre tener la disposición de apoyarme, por recibirme con las puertas abiertas, y ser uno de mis motivadores profesionales de siempre mejorar, muchas gracias.

A la Dra. O. Adriana Hernández Rodríguez por su apoyo y por sus buenas críticas constructivas, muchas gracias.

A mi compañero Jaime Díaz Bautista, por apoyarme y enseñarme a ser responsable en el trabajo de campo y laboratorio, cuando se necesitaba, aunque no era tu responsabilidad, siempre estuviste presente, por las buenas pláticas, risas, consejos, días de trabajo (y días de mucho más trabajo), muchas gracias.

A la Dra. Rosa María Yáñez y todo el personal del laboratorio de Nutrición y de Suelos, mil gracias por su apoyo para terminar el análisis de las muestras durante el tiempo trabajado (y mucho más trabajo), por esas pláticas, regaños y enseñanzas de vida, mil gracias.

A mi compañera y amiga Viridiana Chávez, por compartir tus conocimientos en campo, por esas pláticas y ensayos de preparación para los congresos de la Facultad, te agradezco la atención hacia mi persona por levantarme el ánimo cuando ya no quería seguir y regañarme cuando era necesario, mil gracias Viri.

A mis Maestros: muchas gracias, por el tiempo compartido, su dedicación y disponibilidad para dar sus clases, me llevo muchas enseñanzas que forjaron mi carácter, para ser siempre mejor persona.

Al Centro de Idiomas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, muchas gracias.

A todas esas personas que me tendieron la mano cuando lo necesitaba, muchas gracias.

## DEDICATORIAS

*“Cada batalla de tu vida te ha convertido en la persona que eres hoy, sé agradecido con los tiempos difíciles, ellos solo te hacen ser más fuerte”.*

A Dios por estar siempre conmigo y nunca soltar mi mano.

Dedico este trabajo a mi familia por apoyarme siempre, y animarme a seguir adelante, fueron ustedes quienes me inculcaron el sentido de la responsabilidad, y cumplir las reglas.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros, el personal administrativo y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido terminar la presente tesis, se los agradezco desde el fondo de mi corazón.

Para comenzar un proyecto hace falta valentía y para culminar un proyecto hace falta perseverancia y amor.

Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	vii
DEDICATORIAS .....	ix
ABSTRACT .....	xv
RESUMEN .....	xvi
I INTRODUCCIÓN .....	1
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen del Nogal pecanero.....	3
2.2 Clasificación taxonómica del Nogal Pecanero.....	3
2.3 Descripción botánica .....	4
2.4 Raíz.....	7
2.5 Morfología .....	8
2.6 Polinización en nogal .....	11
2.7 Crecimiento del brote .....	11
2.8 Plantación.....	11
2.8.4 Temperatura.....	13
2.9 Precipitación.....	14
2.10 Temporada de crecimiento.....	15
2.10.1 Alternancia en el nogal pecanero .....	15
2.10.2 Crecimiento del nogal de acuerdo a la fenología.....	16
2.11 Uso de bioreguladores en nogal.....	16
2.11.1 Ácido Giberélico (GA <sub>3</sub> ) .....	17
2.11.2 Prohexadiona de calcio (P-Ca).....	17
2.12. Citoquinina: Thidiazurón.....	18
2.13 Carbohidratos en el nogal pecanero .....	19

2.14 Componentes de Rendimiento .....	19
2.15 Nutrición .....	20
2.15.1 Nitrógeno.....	20
2.15.2 Fósforo .....	21
2.15.3 Zinc.....	21
III MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1 Sitio de la investigación .....	24
3.2 Diseño Experimental .....	25
3.3.2 Parámetros nutricionales: Nitrógeno total, Zinc y Fósforo .....	27
3.3.3 Determinación de Nitrógeno total, cuantificado por el Método Micro Kjeldahl .....	28
3.3.4 Determinación de la concentración de Zn mediante espectrofotómetro de absorción atómica. ....	28
3.3.5 Determinación del contenido de Fosforo .....	29
3.3.6 Determinación Carbohidratos por método antrona.....	29
3.4 Evaluación de carbohidratos Sacarosa, Glucosa y fructosa.....	29
3.5 Rendimiento kilogramos por árbol y porcentaje de almendra.....	33
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
4.1 Nutrición .....	34
4.1.1 Zinc.....	34
4.1.2 Nitrógeno total .....	35
4.1.3 Fósforo .....	36
4.2 Carbohidratos.....	37
4.2.1 Sacarosa .....	37
4.2.2 Almidón .....	38
4.3 Rendimiento .....	39

4.3.1 Gramos por nuez.....	43
4.3.2 Porcentaje de Almendra .....	44
V CONCLUSIONES .....	46
VI ANEXOS.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tronco y ramas, nogal pecanero.....	8
Figura 2 Flor masculina; Flor femenina. ....	10
Figura 3 Fruto de nogal pecanero. ....	10
Figura 4. Captación de luz, fotosíntesis, la nutrición y el manejo técnico son factores claves para el buen rendimiento.....	22
Figura 5. Crecimiento de brote en nogal pecanero, COMENUEZ. ....	22
Figura 6. Ubicación del experimento: variedad Western Schley, variedad Wichita. ....	24
Figura 7. a) Muestra vegetal (hoja); b) material de laboratorio utilizado.....	31
Figura 8. Elaboración del reactivo de ANTRONA.....	31
Figura 9. Práctica de Carbohidratos solubles: a) se pesa la muestra vegetal; b) maceración de la muestra con tres lavados en alcohol; c) centrifugado por 20 minutos; d) preparación del reactivo ANTRONA: e) preparación de la muestra; f) baño maría; g) se vortexea (agita) la muestra; h) las muestras se ponen en celdillas; i) lectura en el espectrofotómetro. ....	32
Figura 10. Concentración de Almidón, durante los dos años de investigación.....	50
Figura 11. Rendimiento de nogal pecanero 'Western Schley' y 'Wichita' con tratamiento de bioreguladores.....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del Nogal Pecanero .....	3
Cuadro 2. Composición proximal de la nuez pecanera. ....	4
Cuadro 3. Contenido de aminoácidos de la nuez pecanera.....	5
Cuadro 4. Contenido de minerales y vitaminas de la nuez pecanera.....	6
Cuadro 5. Rangos normales de la concentración de diferentes nutrimentos en la materia seca de nogal pecanero. ....	23
Cuadro 6. Tratamientos y dosis utilizados.....	26
Cuadro 7. Preparación de reactivo antrona.....	33
Cuadro 8. Producción en las variedades 'Western Schley' y 'Wichita' con tratamientos de bioreguladores. ....	43
Cuadro 9. Concentración nutrimental de Zinc en las variedades Western y Wichita en los años 2017-2018.....	47
Cuadro 10. Efecto de la aplicación de bioreguladores sobre la concentración de Nitrógeno total .....	48
Cuadro 11. . Efecto de la aplicación de bioreguladores sobre la concentración de fósforo. ....	49
Cuadro 12. . Concentración de sacarosa en el año Western y Wichita en los años 2017-2018. ....	49
Cuadro 13. Contenido de almidón bajo la aplicación de bioreguladores durante los años 2017-2018. ....	50
Cuadro 14. Gramos por nuez en las variedades Western y Wichita. ....	52
Cuadro 15. Porcentaje de almendra en las variedades Western y Wichita. ....	52
Cuadro 16. Cronograma de actividades.....	53

## ABSTRACT

In this work, the influence of the bioregulators gibberellic acid, calcium prohexadione and thidiazuron on nutrition, soluble carbohydrates and yield components to mitigate alternation in pecan walnut varieties Western Schley and Wichita was analysed. The experiment was conducted at the Nogalera "Loma Bonita" commercial orchard, located in Sacramento, Chihuahua, during 2017-2018. Treatments were applied at 0, 56, 70 and 84 days after full flowering (DDPF). Working with vegetable leaves in the Chemistry laboratory of the Faculty of Agrotechnical Sciences. Using a completely randomised design, with four treatments: three bioregulators and a control, with six replicates, according to the results, a general linear model was used with the effects of year, variety and treatment with their interactions of two and three effects, the data were analysed in the statistical programme SAS software, ver 9.3, complying with the Shapiro-Wilk Normality. The results indicate that there is a significant difference in the foliar application of bioregulators: GA3, PCa and TDZ, influenced the nutrients Zn, Nt and P, soluble carbohydrates: sucrose and starch, and yield components: kernel percentage, grams per nut, in pecan nut for both varieties from one cycle to another.

**Key words:** *Carya illinoensis*, yield, flowering, premature budding, phonological cycle.

## RESUMEN

En este trabajo se analizó la influencia de los bio reguladores Ácido Giberelico, Prohexadiona de calcio y Thidiazuron en la nutrición, carbohidratos solubles y componentes de rendimiento para mitigar la alternancia en nogal pacanero variedades Western Schley y Wichita. El experimento se realizó en el Huerto comercial Nogalera “Loma Bonita”, ubicada en Sacramento, Chihuahua, durante 2017-2018. Los tratamientos se aplicaron a 0, 56, 70 y 84 días después de plena floración (DDPF). Trabajando con hojas vegetales en el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Utilizando diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: tres bio reguladores y un testigo, con seis repeticiones, de acuerdo a los resultados, se utilizó un modelo lineal general con los efectos de año, variedad y tratamiento con sus interacciones de dos y tres efectos, los datos se analizaron en el programa estadístico SAS software, ver 9.3, cumpliendo la Normalidad de Shapiro-Wilk. Los resultados indican que existe diferencia significativa en la aplicación foliar de bio reguladores: GA3, PCa y TDZ, influirán en los nutrientes Zn, Nt y P, carbohidratos solubles: Sacarosa y Almidón, y componentes de rendimiento: porcentaje de almendra, gramos por nuez, en nogal pecanero para ambas variedades de un ciclo a otro.

**Palabras clave:** *Carya illinoensis*, rendimiento, floración, brotación prematura, ciclo fenológico.

## I INTRODUCCIÓN

El Cultivo del Nogal es de gran importancia económica ya que genera una gran rentabilidad para todos los productores en el mundo, siendo una especie de frutal más rentable actualmente (Ojeda-Barrios *et al.*, 2016). La Fruticultura del estado de Chihuahua ha tenido un gran desarrollo y liderazgo, siendo también el principal estado productor de nuez en México con un 63% de superficie sembrada con un rendimiento de 1.7 ton ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2018). Las variedades “Western” y “Wichita” son de las principales variedades cultivadas en México (Cervantes-Vázquez *et al.*, 2018). Conocer el proceso fenológico del cultivo permite su manejo técnico adecuado para elevar su producción mediante la fisiología (Castillo, 2019). La Aplicación de productos de bioreguladores de crecimiento de origen natural o sintético provoca diversos cambios en las diferentes etapas fenológicas del cultivo mejorando su productividad (Arreola, 2016). Estudios importantes en su producción han creado un interés por conocer el efecto de bioreguladores tales como GA3, TDZ, y P-Ca en la fenología de nogal y de poder mitigar el proceso fisiológico de la alternancia y brotación que afecta directamente la producción (Wood, 2011). La sacarosa y el almidón son carbohidratos en el árbol de gran relevancia, los cuales atribuyen un buen desarrollo de fisiología el cual se verá reflejado en su producción (Gamboa y Marín, 2012). Las condiciones ambientales y etapas fenológicas del árbol influyen en la relación Fuente-Demanda (Martínez *et al.*, 2013). Debido a que las plantas por sí mismas, no muestran todo su potencial de desarrollo y producción por la gran variabilidad de suelos y cambios frecuentes de temperatura, horas sol, viento y humedad, presentes durante el ciclo fenológico del cultivo (García y García, 2017). Los árboles se estresan por efecto de diversos factores bióticos o abiótico puede causar una alteración de los procesos fisiológicos (Beniwal y Hooda, 2011). La alternancia es la Condición inherente en la que el árbol tiene un desbalance, que genera una excesiva producción de flores y frutos que agota al árbol y lo deja sin reservas para el siguiente ciclo productivo. (Calderón, 2004). Alta presencia de fruta en el árbol, reduce el retorno de floración en el siguiente año (Chavarría, 2014). Tanto la calidad de la producción y el llenado del ruzno, la cantidad total de hojas y los brotes con cargadores se verán afectados (Arreola,

2016). Alta presencia de fruta en el árbol, reduce el retorno de floración en el siguiente año (Chavarría, 2014). Tanto la calidad de la producción y el llenado del ruzno, la cantidad total de hojas y los brotes con cargadores se verán afectados (Arreola, 2016).

### **Objetivo general**

El objetivo general fue evaluar los bioreguladores Ácido Giberelico (GA3), Prohexadiona de calcio (P-Ca) y Thidiazuron (TDZ) y su influencia en la nutrición, carbohidratos solubles y componentes de rendimiento para mitigar la alternancia en nogal pacanero variedades Western Schley y Wichita.

### **Objetivo específico**

Determinar el comportamiento de los bioreguladores Ácido giberelico (GA3), Thiadiazuron (TDZ), Prohexadiona de calcio (PCa), en nutrición en variedades Western y Wichita.

Analizar la influencia de los bioreguladores en carbohidratos solubles en nogal pecanero.

Estimar la aplicación de los bioreguladores en componentes de rendimiento en variedades Western y Wichita.

## Hipótesis

La aplicación foliar de los bio reguladores GA3, P-Ca, TDZ, influyen en la nutrición, carbohidratos solubles totales y componentes de rendimiento para mitigar la alternancia en las variedades Western Schley y Wichita.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen del Nogal pecanero

De acuerdo a Ojeda *et al.*, (2010), tanto en México como Estados Unidos se encuentran numerosas extensiones de excelencia en redituabilidad. Los Estados con mayor superficie de producción de nuez para Estados Unidos se localizan al sur; en el caso de México al norte.

La superficie cosechada del nogal se localiza en el norte del país, es el sexto lugar de importancia económica por su valor en pesos de los cultivos más importantes en el Estado de Chihuahua (FRUSO, 2018).

### 2.2 Clasificación taxonómica del Nogal Pecanero.

En México se han reportado 6 especies; *C. illinoensis*, *C. aquatica*, *C. aciniocea*, *C. ovata*, *C. texana* y *C. alba*, (Arreola, 2002) (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del Nogal Pecanero

<b>Reino:</b>	<b>Vegetal</b>
División:	Espermatofitas
Subdivisión:	Angiospermas
Familia:	Junglandaceae
Genero:	Carya
Especie:	Illinoensis (koch)

### 2.3 Descripción botánica

El nogal pecanero es una especie caducifolia pertenece a los frutales productores de nuez llamados caducifolios (Pérez, 2013). El árbol alcanza una altura de 30 m y puede llegar a una edad superior a los 100 años produciendo en este momento más de 100 kg por planta (Retes, 2014).

De acuerdo con la base de datos de la composición de los alimentos del departamento para la agricultura de los Estados Unidos, US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, (2016), en la composición proximal de las nueces pecaneras destaca el alto contenido de lípidos, seguido de carbohidratos, fibra alimentaria y proteínas (Ver Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Composición proximal de la nuez pecanera.

<b>Nutriente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor por 100 g</b>
Agua	g	3.52
Energía	Kcal	691
Proteínas	G	9.17
Lípidos totales	g	71.97
Cenizas	g	1.49
Carbohidratos	g	13.86
Fibra alimentaria	g	9.6
Azúcares totales	g	3.97

Nota. g = gramos, Kcal = Kilo

El contenido de proteínas en la nuez pecanera está conformado por 18 diferentes aminoácidos, de los cuales diez son aminoácidos esenciales, entre ellos: Arginina, Fenilalanina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, Triptófano y Valina. Los aminoácidos más abundantes en nuez pecanera son el Ácido glutámico y la Arginina con más de 1 gr por cada 100 gramos de nuez (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Contenido de aminoácidos de la nuez pecanera

Nutriente	Unidad	Valor por 100 g
Ácido glutámico	g	1.829
Arginina	g	1.177
Ácido aspártico	g	0.929
Leucina	g	0.598
Serina	g	0.474
Glicina	g	0.453
Fenilalanina	g	0.426
Valina	g	0.411
Alanina	g	0.397
Prolina	g	0.363
Isoleucina	g	0.336
Treonina	g	0.306
Lisina	g	0.287
Histidina	g	0.262
Tirosina	g	0.215
Metionina	g	0.183
Cistina	g	0.152
Triptófano	g	0.093

Nota. g = gramos, mg = miligramos, µg = microgramos, UI = unidad internacional.

La nuez pecanera además de ser una rica fuente de lípidos, también es una fuente natural de minerales y vitaminas, básicos en la alimentación humana, entre los minerales los más abundantes son el Potasio, el Fósforo y el Magnesio, con 410, 277 y 121 mg por cada 100 g, respectivamente; entre los minerales también destaca el bajo contenido de sodio igual a 0 mg por cada 100 g. De las vitaminas presentes en la nuez pecanera las más abundantes son la Colina y Gama-Tocoferol (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Contenido de minerales y vitaminas de la nuez pecanera.

<b>Nutriente minerales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor por 100 g</b>
Potasio	mg	410
Fósforo	mg	277
Magnesio	mg	121
Calcio	mg	70
Zinc	mg	4.53
Manganeso.	mg	4.5
Fierro	mg	2.53
Cobre	mg	1.2
Fluoruro	µg	10
Selenio	µg	3.8
Sodio	mg	0
<b>Vitaminas</b>		
Colina	mg	40.5
Gama-Tocoferol	mg	24.44
Niacina	mg	1,167
Ácido ascórbico total	mg	1.1
Ácido pantoténico	mg	0.863
Betalna	mg	0.7
Tiamina	mg	0.66
Delta-Tocoferol	mg	0.47
Beta-Tocoferol	mg	0.39
B-6	mg	0.21
Riboflavina	mg	0.13
Beta-Caroteno	µg	29
Folatos totales	µg	22
Beta – Criptoxantina	µg	9
Vitamina K	µg	3.5
Vitamina A	µg	.3
Vitamina A, UI	UI	56

Nota. g = gramos, mg = miligramos, µg = microgramos, UI = unidad internacional

## 2.4 Raíz

El conjunto de todas las raíces que emite un árbol se denomina sistema radicular. Este cumple las siguientes funciones (Agustí *et al.*, 2010):

1. De anclaje al suelo.
2. De absorción y transporte de agua y elementos minerales.
3. De acumulación y almacenamiento de reservas en sus tejidos.
4. Funciones metabólicas básicas: respiración y crecimiento.

De acuerdo a su función, pueden distinguirse distintos tipos de raíces: de sostén y transporte, las más viejas y absorbentes, de transición y conductoras. Estas se distinguen por una cabellera radicular o barba. Ocasionalmente puede no tener pelos radicales (Gil, 1998).

La parte superior de la raíz de este árbol es fibrosa y en las raíces laterales delgadas crecen las raicillas alimentadoras; éstas son pequeñas, finas y no tienen pelos absorbentes, pero la mayoría está ectomicorrizadas, apareciendo sus cofias más redondeadas y cubiertas por micelio fungoso (Brisson, 1976; Hanna, 1987). En las regiones semiáridas los hongos más comunes que se asocian con el nogal pecanero son *Pisolithus* y *Scleroderma* (Marx, 1971, Taber *et al.*, 1982). Cabe resaltar que entre menor es la capacidad de una raíz de formar pelos radicales y de emitir raicillas laterales, mayor dependencia tiene de los hongos ectomicorrízicos (González *et al.*, 1998).

## 2.5 Morfología

### 2.5.1 Tronco y ramas

El nogal pecanero es una planta dicotiledónea, la cual alcanza alturas de hasta 50m con un diámetro de tronco aproximado de 2 m. Su tallo es un tronco corto muy robusto con ramificaciones que forman una copa amplia, con corteza gruesa y agrietada (Aragón, 2004). Posee una raíz pivotante, hojas caducifolias compuestas de 11 a 17 folíolos ovales, peciolados y una longitud de 29 a 40 cm de largo y 19 a 29 cm de ancho.



**Figura 1.** Tronco y ramas, nogal pecanero.

### **2.5.2 Hojas**

El follaje de la copa en estos árboles desarrollados en su mayoría a libre crecimiento, cubren totalmente el piso de la huerta a partir de los 12 años dependiendo del manejo. Los árboles que se encuentran en producción y su follaje cubren parcialmente el piso de las huertas, interceptan teóricamente del 75 al 80% de la radiación total (Jackson, 1981; Tarango, 2012). En esta etapa, los nogales mantienen una relación equilibrada que se considera es de 8 hojas por fruto (Sparks, 1969). Sin embargo, conforme incrementa su edad, la formación de nuevo follaje y el crecimiento acumulado, reducen la penetración de luz en el interior de la copa (Arreola *et al.*, 1999); afectando notablemente la actividad fotosintética de la misma (Malstrom *et al.*, 1982), ya que las hojas de nogal requieren alta captación de luz para crear carbohidratos (Wood, 1996). Las hojas de nogal localizadas en la periferia de la copa, alcanzan su máxima tasa fotosintética bajo una intensidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) de  $1700 \mu\text{mol m}^2 \text{seg}^{-1}$ , que equivale al 75% aproximadamente de luz total. Sin embargo, hojas expuestas a 10% de luz total, tienen valores de CO<sub>2</sub> cercanos a cero; resultando en bajas tasas fotosintéticas (Andersen, 1994).

### **2.5.3 Floración**

Las flores masculinas están conformados en amentos 6 a 8 cm (INIFAP, 2016). Tiene flores monoicas por aborto, flores masculinas compuestas en amentos largos, de 6 a 8 cm, de color verde grisáceo e insertas ramillas nacidas el año anterior, (Rivera *et al.*, 1997). Las flores femeninas están agrupadas en un número de cinco, en espigas terminales encima de los ramillos del año corriente tienen un periodo de receptividad. (Rivera *et al.*, 1997).



**Figura 2** Flor masculina; Flor femenina.

#### **2.5.4 Frutos**

Gutiérrez, (2014), la Nuez es de tamaño variante, es drupáceo con mesocarpio grande y endocarpio duro.



**Figura 3** Fruto de nogal pecanero.

## **2.6 Polinización en nogal**

De acuerdo Marquard, (2010) Es recomendable que en una huerta nogalera el 80% de árboles productores y un 20 % sean polinizadores donde se deben de ubicar estratégicamente a menos de 50 metros de distancia, aunque la variedad Western es menos afectada en la polinización cuando se cruza con Wichita la almendra aumenta su llenado de 10 a 30 % en peso seco y hace decaer el porcentaje de caída de ruezno.

## **2.7 Crecimiento del brote**

En nogales maduros de 20 años el crecimiento de brote se presenta a finales de marzo y a mediados de junio cuando es un lapso de aceleración del crecimiento del brote es de abril a mediados de mayo a 45 días posteriores a la floración donde se lleva a cabo el 75% total del brote (Marquard *et al.*, 2010). Brotes con vigor producen una mayor densidad foliar y más flores generan la producción de más nueces y de un óptimo llenada de almendra (López, 2013).

## **2.8 Plantación**

Sistema y densidad de plantación. Existen varios sistemas de plantación, aunque debe considerarse que los árboles requieren de una separación mínima para evitar problemas de sombreo a corta edad; el diseño de plantación más común es el marco real, donde los árboles se plantan en las esquinas de un cuadrado y separados 12 m, donde se incluyen 69 árboles por hectárea (ha) (INIFAP, 2017).

Es posible usar el diseño tresbolillo, el cual consiste en plantar los árboles con una separación de 12 m en la primera hilera, la segunda hilera se traza en forma paralela a la primera, con una separación de 12 m; se inicia la plantación a los 6 m de la orilla, donde la separación entre árboles continúa siendo de 12 m, de tal forma que los árboles quedan orientados al centro en relación con la primer hilera, la distancia entre los árboles entre la primera y segunda hilera quedan en diagonal a una separación de 13.4 m, y se continua el trazo con este esquema. Con este diseño se

tiene la ventaja de que se incrementa la densidad a 80 árboles por hectárea y hay una separación mayor entre árboles en una dirección (INIFAP, 2017).

### **2.8.1 Dormancia**

La Dormancia es el proceso por el cual los árboles caducifolios minimizan sus actividades metabólicas para sobrevivir al invierno (Díaz, 1987). Para el nogal pecanero, el reposo profundo comprende los meses de diciembre, enero y febrero (Wolstenholme, 1990), tiempo en el que se pueden realizar actividades como la poda, laboreo, análisis del suelo.

### **2.8.2 Formación y Poda del Árbol**

Los árboles en desarrollo deben ser dirigidos bajo el sistema de líder central. Para lograrlo, en el primer año de desarrollo normal se seleccionan cuatro brazos, considerando los siguientes pasos:

- a)** dejar el primer brazo a una altura de 60 a 70 cm del suelo.
- b)** los siguientes brazos se dejan con una separación de 20 cm, distribuidos alrededor del líder.
- c)** al seleccionar los brazos se escogen aquellos que tengan un ángulo mayor de 60 grados respecto al líder.
- d)** a todos los brotes mayores de 60 cm de longitud se les despunta un tercio de su largo total.
- e)** se debe efectuar un despunte del líder, para continuar la formación unos 60 cm arriba el brazo superior.

A partir del segundo año se repiten las operaciones efectuadas en el primer año. Después del cuarto brazo se deja una separación de 40 a 45 cm entre cada brazo y se busca mantener la forma piramidal del árbol definida por el líder central. Del tercer año en adelante, sólo se deben despuntar aquellos brotes mayores de 50 cm (INIFAP, 2017).

### **2.8.3 Luz**

Según Núñez, (2001), es muy importante que la luz solar se distribuya en forma uniforme a lo largo de la copa, esencial para la alta optimización de producción. La poda del árbol tiene como objetivo principal formar una estructura que permita soportar la carga de frutos y hojas, permitiendo además la entrada de luz en la copa

(Madero *et al.*, 2007). De acuerdo al manejo del huerto, en específico la poda, se podrá lograr aumentar la tasa fotosintética durante el periodo productivo, ya que si este factor desciende las ramas bajas pueden morir y dejar de ser funcionales.

## **2.8.4 Temperatura**

El nogal es un frutal que necesita de 10 a 14 horas luz. Con un ciclo vegetativo de 230 a 250 días, con una temperatura de 27°C, extremas en verano de 41 a 46°C y temperaturas mínimas en invierno, de 10 a 1°C (Lagarda, 2007).

### **2.8.4.1 Horas frío**

La presencia de frío ha sido considerada como un factor importante en la iniciación y formación de flores en frutales templados (Burrola, 2018). El nogal pecanero requiere de exposición al frío durante el período invernal para tener una brotación uniforme y regular western 500 horas y Wichita 400 horas de frío (Westwood, 1993).

## **2.8.5 Clima y Tipo de suelo**

El mejor desarrollo del nogal pecanero ha sido observado en suelos arcillosos bien drenados, aunque las plántulas soportan periodos cortos de inundación no soportan ser sometidos a inundaciones prolongadas. Se les ha observado creciendo tanto en suelos maduros o profundos como los Luvisoles con horizontes diferenciados incluido el orgánico, como en suelos jóvenes o someros como los Regosoles que se caracterizan por ser materiales sueltos sobre una roca consolidada (Burns & Honkala, 1990). En México en los dos municipios con mayor área sembrada con nogal pecanero, Jiménez y Camargo en el estado de Chihuahua, (De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP) crecen en suelos tipo Regosoles y Calcisoles, este último característico de las zonas áridas y semiáridas del estado de Chihuahua, que presentan un horizonte cálcico en el primer metro cerca de la superficie debido a las altas tasas de evaporación y a la fluctuación de

mantos freáticos (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2014).

## **2.9 Precipitación**

Las precipitaciones deben ser entre 760 a 2010 mm anuales: suelos francos, arcillosos arenosos bien drenados, con pH entre 6.5 a 7.5, sin embargo al no cumplirse la cantidad de agua requerida se verá mermada la producción (Lagarda, 2007).

### **2.9.1 Humedad Relativa**

Durante la polinización es superior al 80 % está se limita debido a que las anteras no abren para liberar el polen. En presencia alta puede causar la germinación de la nuez dentro del ruzno antes de cosecharla afectando su calidad para comercialización. Aunado a esto una humedad relativa alta promueve el desarrollo de enfermedades fungosas que atacan al follaje (Brisson, 1976). Prefieren atmósferas moderadamente secas.

### **2.9.2 Riego**

Durante la fase fenológica de polinización el nogal pecanero requiere una humedad adecuada para potencializar la generación de brotes y hojas vigorosas (Stein, 1989). Se efectúa de abril a mayo en nogales de copa de 12 metros se requiere una demanda de una lámina de 600 L (Hernández, 2003).

En el nogal pecanero, la presencia del el agua es el un factor clave en el manejo del arbolado, ya permite alcanzar una alto crecimiento de follaje que a su vez hará que aumente la capacidad fotosintética y, en consecuencia, una mayor calidad de nuez (Ávila, 2000). Si durante el llenado de la almendra la disponibilidad del agua no es adecuada, se provocara un desbalance en la calidad del nuez y no se cumplirán estándares establecidos para su comercialización (Godoy, 2000).

## **2.10 Temporada de crecimiento**

Dependiendo de la variedad los nogales pacaneros requieren entre 205 a 233 días libres de heladas para que los frutos alcancen la madurez, lo cual limita su distribución geográfica hasta no más allá de la latitud 40° Norte en el continente americano (Herrera, 1996). El rango natural que abarcan los nogales pacaneros es amplio, pero generalmente discontinuo con muchas poblaciones aisladas, por lo que es probable una considerable diversidad genética, la cual se ve reflejada en cultivares con un amplio rango de adaptación al frío (Wood, Grauke, & Payne, 1998).

### **2.10.1 Alternancia en el nogal pecanero**

La alternancia en el nogal pecanero es un proceso natural, en donde producen cosecha en alto y bajo rendimiento (Wood, 2011). Está asociado a los carbohidratos, el estado nutricional de los árboles (Núñez, 2001).

El índice de alternancia presenta variación dependiendo de la condición ambiental y manejo agronómico, edad y variedad (Wood, 2011). Las reservas de agua se realizan en los últimos 3 meses del ciclo vegetativo, lo cual es muy poco tiempo para almacenar nutrientes antes del invierno (Tarango, 2018).

En la actualidad el manejo de alta producción en los huertos se ve reflejada en la eficiencia fotosintética, mejorando la relación hoja-fruto, prolongar el follaje en el otoño y aumentar las reservas de nutrimentos al inicio de la dormancia, se minimiza la alternancia (Lagarda, 1986). Para las variedades Western y Wichita los brotes fructíferos presentan 50 y 60 % de brotación, permitiendo un rendimiento redituable año/año (McCraw et al., 2004).

### 2.10.2 Crecimiento del nogal de acuerdo a la fenología

La fenología estudia el comportamiento de plantas en un hábitat determinado, con respecto al clima y ciclo vegetativo en un tiempo específico. La fenología se evalúa en específico para cada variedad, estudiando la adaptabilidad y desarrollo de cada región climática y disponibilidad de agua (Calderón, 1985).

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 (Tarango, 2012), siendo éstas:

**a) Estado de Dormancia.** Acumulación de carbohidratos y nutrientes, defoliación natural caída de hoja inicio el periodo de acumulación de carbohidratos.

**b) Brotación.** Cuando las yemas brotan y dan lugar a las primeras ramas del brote.

**c) Polinización.** Esta etapa inicia cuando aparece la inflorescencia masculina y la femenina.

**d) Estado acuoso.** Ocurre cuando la nuez se encuentra llena de un líquido acuoso, es decir aún no posee la almendra.

**e) Estado masoso.** Proceso de formación de almendra y su consistencia no es muy firme, es acuoso.

**f) Dehiscencia del ruezno.** Es el momento en el que la nuez puede ser cosechada.

**g) Caída de hojas.** Cuando el árbol tira las hojas para iniciar la etapa de dormancia.

### 2.11 Uso de bioreguladores en nogal

El nogal pecanero [*Carya illinoensis* K. Koch] ha aumentado su superficie de plantación por su alta rentabilidad en los últimos años, así como su importancia socioeconómica en el norte de México (Ojeda *et al.*, 2016). A diferencia de los cultivos anuales, representan una alta inversión inicial, con un retorno a largo plazo, este comienza su producción entre el cuarto y décimo año, pero solo alcanzará la producción completa entre los doce y quince años después de la siembra. Por lo tanto, la difusión de información técnica sobre el manejo de la producción es muy importante (Fronza *et al.*, 2018).

### **2.11.1 Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>)**

Las giberelinas (GAS) son fitohormonas esenciales en los procesos de desarrollo de la planta, tales como la germinación de semillas, la elongación del tallo, expansión de las hojas, floración y desarrollo de las semillas (Davies, 1995). La mayor parte de los genes que codifican en la biosíntesis de GAS y las enzimas del catabolismo han sido identificados (Olszewski *et al.*, 2002).

Hormona vegetal indicada para estimular y regular el crecimiento de numerosas especies vegetales, como frutales, hortalizas, forestales, ornamentales y forrajes. También actúa sobre la floración y amarre de frutos, mejorando la calidad y el rendimiento de la producción. Puede interrumpir el período de receso en semillas y órganos vegetativos de las plantas, estimulando la germinación, la brotación y el crecimiento (Terralia, 2019). La aplicación de GA<sub>3</sub> (10-1 y 10-2 mg·L<sup>-1</sup>) a yemas apicales antes de la iniciación floral estimula el crecimiento vegetativo en 75 % de los brotes tratados; sin embargo, una vez que la yema está determinada a la floración, la aplicación no inhibe la floración (Hajam *et al.*, 2018). También se ha informado que el ácido giberélico y el ácido salicílico aumentan el rendimiento, la acidez de la fruta, reducen los azúcares, el TSS, la relación TSS / ácido, la firmeza de la fruta y los melocotoneros con contenido de clorofila a y b del fruto (El-Shazly, 2013).

### **2.11.2 Prohexadiona de calcio (P-Ca)**

En la horticultura moderna la P-Ca es un retardante de crecimiento que se usa actualmente en la fruticultura como una alternativa agronómica prometedora en frutales y hortalizas, con el fin de optimizar la producción de los cultivos (Ramírez *et al.*, 2010). P-Ca (3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexanocarboxilato) inhibe/frena la biosíntesis de giberelinas activas de crecimiento durante el ciclo fenológicos, lo que reduce el desarrollo longitudinal de brotes (Rademacher, 2015).

### **2.11.2.1 Inhibidor de Giberelinas**

Específicamente, P-Ca bloquea a las giberelinas y formando precursores inactivos también puede actuar como inhibidor de la síntesis de etileno en pos cosecha (Rademacher, 2014), lo cual pudiera favorecer amarre de fruto al evitar la abscisión. Interfiere también en el metabolismo de flavonoides en árboles frutales (Rademacher, 2014).

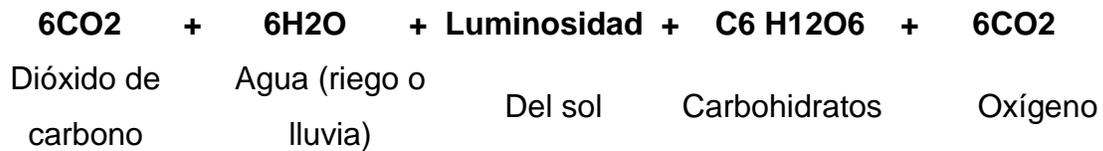
### **2.12. Citoquinina: Thidiazurón**

El Thidiazurón (TDZ) es un compuesto sintético con una alta actividad de citoquininas, muy eficaz para la inducción de brotes adventicios en frutales de zona templada y ornamentales (Glocke *et al.*, 2006). Se conoce que el Thidiazurón (N-phenyl-N'-1, 2,3-thidiazol-5-ylurea) (TDZ) es un producto químico con actividad citocinínica, capaz de romper el paraletargo en manzano (Wood *et al.*, 2011)) y de reducir el número de unidades frío requeridas para lograr la brotación de yemas (Han *et al.*, 2014). Cuando el TDZ se aplica en verano en condiciones subtropicales al durazno 'Diamante', presenta un efecto igual o superior en el adelanto de floración que la H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub> (Alvarado *et al.*, 2000).

Se ha informado que el thidiazurón (TDZ), un derivado de la difenilurea, tiene un alto grado de actividad intrínseca de tipo CK, mucho más alta que la de BA (Pan *et al.*, 2016), y funciona como un inhibidor de la actividad oxidada de CK principalmente a través de un mecanismo no competitivo que es diferente al de BA (Kieber y Schaller, 2014).

### 2.13 Carbohidratos en el nogal pecanero

De acuerdo a Aguirre, (2015), la fotosíntesis es un proceso que se realiza por los tejidos verdes de la planta, principalmente las hojas, las cuales contienen clorofila. Este proceso de manufactura de carbohidratos se puede resumir en la reacción fotosintética que se apunta a continuación



La energía total disponible para la fotosíntesis en las hojas localizadas en la parte baja del árbol es mucho menor que la que reciben las hojas de la parte superior del árbol. Los carbohidratos disponibles en la planta sirven para el desarrollo y crecimiento del árbol, incluyendo los tallos en crecimiento y producción de nuez. (Aguirre, 2015).

La redistribución de los carbohidratos se desplazará en apoyo al crecimiento de acuerdo, a la edad productiva en la que se encuentre el árbol (Kozlowski, 1992).

### 2.14 Componentes de Rendimiento

En el centro-sur de chihuahua a pesar de tener un óptimo aporte de nutrientes presentan un rendimiento (3.1 t ha) y buena calidad de la nuez un año este disminuye al siguiente. Dicho efecto se debe a la disminución obligada o natural bianual de la reserva de carbohidratos, el año en alta producción, condición documentada incluso en nogaleras de manejo muy tecnificado (Medina, 2000).

De acuerdo a Santamaría, (2000), en nogales adultos la producción está determinada la acumulación de frío/calor, el tipo de suelo, la poda, el riego, la nutrición y el control de plagas, por lo que varía sustancialmente entre zonas y esquemas de manejo de las huertas, es evidente que mucho nitrógeno o mucha

agua, un sistema de riego tecnificado, poda mecanizada o un clima adecuado, por si solos no significan altos rendimientos de nuez (Medina, 2004).

En cuanto a la calidad se refiere, el contenido de almendra en primer lugar y su color en segundo término son las principales variables evaluadas comercialmente (Sparks, 1992). Este fenómeno en frutales, se caracteriza diferente por las distintas etapas fenológicas de cada variedad y especie. También se puede presentar a nivel de una rama, un árbol, una huerta o incluso una región. En el caso del nogal pecanero, se pueden encontrar altos índices de alternancia de hasta 83%, siendo por mucho tiempo el problema número uno en nogal pecanero (Sparks, 1975).

El requerimiento de una alta concentración de carbohidratos aumenta en este cultivo debido a que el fruto almacena principalmente lípidos, así como al corto período de tiempo que toma su desarrollo el cual es de alrededor de 40 días (80 días antes de la caída de las hojas (Martínez, 2013).

## **2.15 Nutrición**

Para el desarrollo óptimo del nogal pecanero se requiere la participación de 17 elementos esenciales (Texas pecan Handbook, June 1993, Cakmak, 2013 Cuadro, 5) Entre los principales nutrientes más importantes se encuentran el N y Zn que son los más importantes en el crecimiento, desarrollo y calidad (Martin-Hurtado et al., 2019). La fertilización en el nogal pecanero es una de las practicas que representan un alto costo de producción que se encuentra entre el 25 y 50 % (INIFAP, 2020).

### **2.15.1 Nitrógeno**

El Nitrógeno forma parte de distintas bio moléculas en los tejidos vegetales como aminoácidos que al final conforma las proteínas, estas son las diferentes enzimas que hacen diferentes funciones en las plantas y controlan las rutas metabólicas de todos los procesos fisiológicos de la planta, es un macronutriente muy importante para la planta, se absorbe en grandes cantidades en forma relativa a los demás nutrientes, (Morales-Morales *et al.*, 2020). Es altamente móvil dentro de las plantas, por lo que su deficiencia se presenta en las hojas adultas, el nitrógeno es el elemento que permite que las plantas se desarrollen de manera vigorosa

(Fernandez-Pavia *et al.*, 2020). Se debe de asegurar que la planta se encuentre bien nutrida con nitrógeno, con un base a los demás nutrientes de manera balanceada, la ley de rendimiento de crecientes donde con pequeñas cantidades su impacto era poco en el desarrollo del cultivo, pero hay un nivel donde en cada aplicación de N representara un aumento en la productividad en las hojas y se verá reflejada en la producción (Ojeda *et al.*, 2005).

### **2.15.2 Fósforo**

El P es móvil dentro de los tejidos por lo que se translocado a los haces vasculares jóvenes y poco inmóvil en el suelo, tiene presenta en la formación de las raíces y en todos los puntos de crecimientos de toda la planta, sobre todo en la iniciación de la floración (Barker y Pilbeam, 2015). El metabolismo de los carbohidratos, el proceso por el cual los azucares y almidones son descompuestos en las plantas en crecimiento, requiere fosforo (Barker y Pilbeam, 2007). El N y P, tienen numerosos puntos de interacción las cuales son importantes bioquímicos y fisiológicos en el crecimiento del árbol (Pérez, 2017).

### **2.15.3 Zinc**

La deficiencia de zinc es común observarse en los suelos calcáreos con un pH que varía de 7.0 a 8.6 el cual se puede observar con un color singular en las hojas del nogal (Sparks, 1994). En nogal pecanero el nivel de Zn varía entre 57 y 73 mg·kg<sup>-1</sup> en el mes de julio cuando el árbol se encuentra en pleno crecimiento de follaje según (Ojeda *et al.*, 2009). La aspersion al follaje de elementos menores en los frutales es un método de suministro más rápido y efectivo que la aplicación al suelo, aunque el efecto de la aspersion foliar sobre la nutrición del árbol es temporal, Sparks (2003) especificó que como el Zn no es translocado en el tejido vegetal, su aplicación foliar debe cubrir todo el árbol, para que sea traslocado por toda el árbol.



**Figura 4.** Captación de luz, fotosíntesis, la nutrición y el manejo técnico son factores claves para el buen rendimiento.



**Figura 5.** Crecimiento de brote en nogal pecanero, COMENUEZ.

**Cuadro 5.** Rangos normales de la concentración de diferentes nutrimentos en la materia seca de nogal pecanero.

<b>Elemento</b>	<b>Concentración en base a materia seca</b>
N	2.5-4.00 %
P	0.15-30 %
K	0.95 -1.25 %
Ca	1.4 - 3.00 %
Mg	0.30-0.60 %
Mn	80-300 ppm
Ni	5-15 ppm
Zn	80-500 ppm
Fe	100-300 ppm

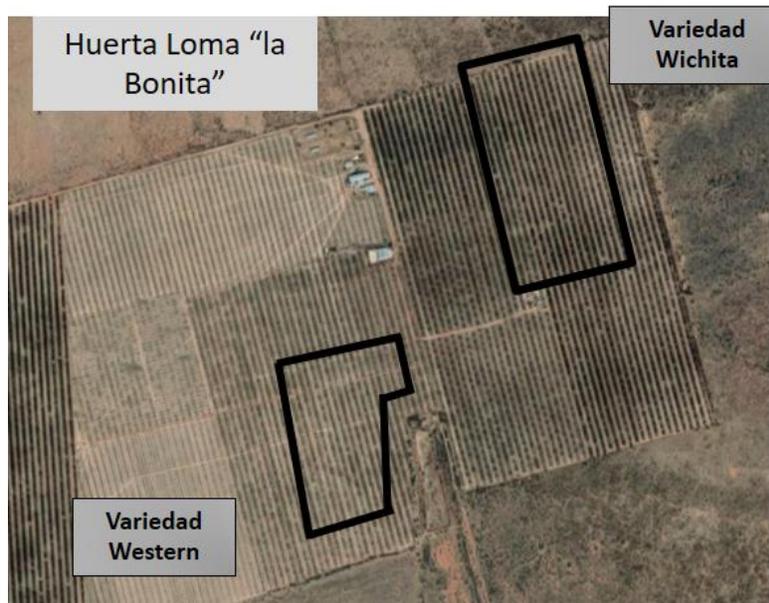
**Fuente:** \*Texas pecan Handbook, June 1993, Cakmak, 2013.

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sitio de la investigación

La investigación se realizó durante dos años (2017- 2018), en la región centro-norte del estado de Chihuahua, México. En la localidad de Sacramento localizado en 28°57'1.44" latitud Norte y 106°14'2.73" longitud Oeste con 366.5 mm de precipitación anual y una temperatura media de 17.8 °C (INEGI, 2017).

El suelo utilizado fue de textura migajón arenoso con 72% de arena y 19% arcilla, con contenidos 18, 8, 275, 5406, 320 mg kg<sup>-1</sup> de de N-NO<sub>3</sub><sup>=</sup>, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup>, y 139, 180, 13, 4 mg kg<sup>-1</sup> de Fe<sup>++</sup>, Mn<sup>++</sup>, Zn<sup>++</sup> y Cu<sup>++</sup>, respectivamente; 0.75% de materia orgánica, pH de 7.6 y CE de 2.5 mmhos cm<sup>-1</sup>.



**Figura 6.** Ubicación del experimento: variedad Western Schley, variedad Wichita.

### 3.1.1 Manejo del huerto

La investigación se planificó en el año 2016 ver cuadro de estado de producción de las variedades Western y Wichita, la toma de muestras vegetales se hizo durante los años 2017-2018, en la huerta nogalera loma “la Bonita”, ubicada en la localidad de Sacramento al norte del municipio de Chihuahua. El huerto cuenta con árboles de las variedades Western Schley y Wichita de 9 y 15 años. La distancia de plantación de la huerta es de 6 x 12m, con una densidad de 139 árboles por hectárea. El manejo de la huerta, se fertiliza la primera semana de marzo y se aportan 150 unidades de nitrógeno con sulfato de amonio (20.5% N), cuando los árboles presentan un 80% de brotación se aplica zinc foliar (3 litros de Gowan Zn en 1000 litros de agua) aplicados cada dos semanas a partir de la primera aplicación con un total de seis aplicaciones. Para el control del gusano barrenador (*Acrobasis nuxvorella* Neunzig) se aplicó 0.5 L de Intrepid™ (Dow®) por hectárea. Las malezas se controlaron con glifosfato rociado a 1.20 cm del tronco. El riego se aplica por microaspersión en una circunferencia de 7 metros de mojado alrededor de los árboles. La lámina total es de aproximadamente de 16,800 m<sup>3</sup>/ciclo vegetativo/ha.

### 3.2 Diseño Experimental

Utilizando un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos: tres bioreguladores y un testigo, con seis repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por un árbol. Los tratamientos consistieron en: Testigo; TDZ (Thidiazuron con una dosis de 10 mg·L<sup>-1</sup>, como fuente se utilizó Revent® de Bayer); AG 3 (Ácido giberélico con una dosis de 50 mg·L<sup>-1</sup>, utilizando ProGibb® de Bayer) y P-Ca (Prohexadiona de calcio con una dosis de 500 mg·L<sup>-1</sup>, utilizando Apogee® BASF) en aplicaciones foliares a 0, 56, 70 y 84 días después de plena floración (DDPF). Cada árbol fue asperjado a punto de goteo entre 6:00 y 7:00 am mediante bombas aspersores motorizadas, a cada tratamiento se le añadió un ml·L<sup>-1</sup>, de agua surfactante (INEX-A®) y urea foliar al 1% como penetrante. El pH de la solución se ajustó a 5.8 con ácido clorhídrico ver cuadro 6.

### 3.2.1 Modelo estadístico

Con los resultados obtenidos de las variables de producción, porcentaje de almendra, y peso promedio de nuez, nutrición, carbohidratos: sacarosa y almidón se realizó el análisis estadístico de un modelo lineal general con los efectos de año, variedad y tratamiento con sus interacciones de dos y tres efectos. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para analizar la distribución normal de los datos. Enseguida se realizó la prueba de significancia de Tukey  $p \leq 0.05$ . Los datos se analizaron con el paquete estadísticos SAS software, ver 9.3 (SAS Institute Inc., 2011) y se graficaron en el SPSS.

Modelo estadístico para variedad tratamiento y año:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + \tau_j + A_k + (V\tau)_{ij} + (VA)_{ik} + (\tau A)_{jk} + (V\tau A)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  Variable de respuesta en la repetición  $l$  en la variedad  $i$ , tratamiento  $j$  y año  $k$ .

$\mu$  Media general del experimento.

$V_i$  Efecto de la variedad  $i$ .

$\tau_j$  Efecto del tratamiento  $j$

$A_k$  Efecto del año  $k$

$(V\tau)_{ij}$  Efecto de interacción de la variedad  $i$  con el tratamiento  $j$

$(VA)_{ik}$  Efecto de interacción de la variedad  $i$  con el año  $k$

$(\tau A)_{jk}$  Efecto de interacción del tratamiento  $j$  con el año  $k$

$(V\tau A)_{ijk}$  Efecto de la triple interacción de la variedad  $i$  con el tratamiento  $j$  y el año  $k$

$\varepsilon_{ijkl}$  Error experimental en la repetición  $l$  en la variedad  $i$ , tratamiento  $j$  y año  $k$ .

#### 3.2.1.1 Normalidad de Shapiro-Wilk

Cuando los datos resultan de un proceso de medición o conteo (variables cuantitativas), es necesario comprobar antes de cualquier análisis estadístico, si la variable aleatoria estudiada sigue el modelo normal de distribución de probabilidades, en el caso que los datos se ajustan a una distribución normal se les puede aplicar los métodos estadísticos denominados paramétricos (Flores, 2019).

#### Cuadro 6. Tratamientos y dosis utilizados

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>DOSIS</b>
GA 3 (ProGibb) Ácido giberelico	50 ppm
P-Ca (Apogee) Inhibidor de Giberelinas	500 ppm
TDZ (Revent) Citocinina	10 mg
Testigo absoluto	

### **3.3 Las variables de respuesta**

Para la presente investigación se evaluarón los siguientes parámetros, durante los años 2017-2018:

#### **3.3.1 Muestreo foliar de las variedades Western y Wichita**

Muchos investigadores, quienes han realizado análisis foliar, han concluido que, para una buena afinación de esto, es importante tomar en cuenta la edad de la hoja (Koo y Young, 1972; Guzmán, 1988), posición de la hoja (Koo y Young, 1972), punto cardinal (Chadha *et al.*, 1980) y posición en la copa de los árboles (Chadha *et al.*, 1980). De acuerdo a la literatura citada, entre las características del material vegetal (Hojas), se consideró 10 a 20 pares de hojas compuestas, totalmente expandidas del tercio superior de las ramillas de los árboles, las cuales fueron tomadas conforme a las coordenadas N (norte), S (sur), E (este), O (oeste), se observó que las hojas se encentraran en buena calidad fitosanitaria libres de plagas y enfermedades.

#### **3.3.2 Parámetros nutricionales: Nitrógeno total, Zinc y Fósforo**

Las muestras foliares se lavaron con agua normal más ácido clorhídrico (HCl) a la 4 normalidad (4N), y finalmente con agua des ionizada, se escurrieron y secaron a temperatura ambiente. Se Deshidrataron en la estufa (FELISA HORNO) a 60° C por 24 horas, enseguida se molieron en el Molino Wally (Thomas Scientific 800-345-2100) y se tamizo por malla 35 en (McKean, 2003).

### **3.3.3 Determinación de Nitrógeno total, cuantificado por el Método Micro Kjeldahl**

Se determinó el contenido de nitrógeno total (Nt) por medio de la técnica de micro Kjeldahl (McKean, 2003). Se pesaron, en balanza analítica (AB 204 Toledo) 0.1 g de muestra foliar molida. Se adicionaron 0.3 gramos de selenio más 0.3 mL de ácido sulfúrico concentrado, se colocaron en matraces Kjeldahl y se digirieron en Digestor Novatech con seis niveles de temperatura dentro de una campana de extracción (Labconco Projector Perchloric Acid Hood), hasta que las muestras tomaron un color verde pistacho; en ese momento se retiraron de la plancha y se dejaron enfriar. Posteriormente se les agregó 20 ml de agua desionizada y 6 gotas de fenolftaleína y se dejaron reposar. Mientras tanto se preparó una solución receptora de frascos limpios con 30 ml de ácido bórico al 4%; a cada frasco se agregaron 6 gotas de verde bromocresol y 6 gotas de rojo de metilo.

A los matraces con la muestra digerida se les agregó NaOH (Hidróxido de sodio) hasta que adquirieran una coloración púrpura y de esta manera se pudo destilar en el Micro Kjeldahl Labconco Rapid Distillation Unit, hasta un cambio de coloración a verde turquesa. Se retiraron del Kjeldahl para proceder a la titulación con HCl 0.2 N (el cual fue previamente valorado) se tomaron las lecturas, el porcentaje de Nitrógeno total se expresó como:

**%N total=** (ml de HCl) \* (Normalidad de HCl) \* (0.014) \* (100/peso de la muestra gr

### **3.3.4 Determinación de la concentración de Zn mediante espectrofotómetro de absorción atómica.**

Herrera, (1983) considera a los siguientes elementos como esenciales para el crecimiento, nutrición y producción de nogal: 1) elementos mayores: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg); 2) elementos menores: zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl) y

molibdeno (Mo). Con una digestión triácida y por medio de absorción atómica se establecieron los contenidos de Zn (Leyva, 2000; Nogales *et al.*, 2005).

Utilizando un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Perkin Elmer Anayst 100) a partir del cual se hizo el cálculo siguiente:

$$\text{Zn} = \text{Lectura del aparato (mg Kg}^{-1}\text{)} * 50$$

### **3.3.5 Determinación del contenido de Fosforo**

El contenido de P se hizo mediante el método del vanadato-molibdeno de amonio y análisis mediante espectrofotometría (UV-visible) Las concentraciones más altas de fósforo se encuentran en las hojas nuevas y en los pecíolos; el fósforo forma el 0.15 al 1.0 % del peso seco de las plantas, considerando que los valores críticos en el contenido de fósforo en la planta se encuentran en menos del 0.20% cuando hay deficiencia y más arriba del 1.0 % cuando hay un exceso (Cáñez Carrasco *et al.*, 2015; Flores *et al.*, 2014). El contenido de P irá disminuyendo en la planta al presentarse la senescencia (Jones, 1998).

**Para la determinación del Fósforo (P)** se realizó por el método de metavanadato de amonio ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ), en un rango de absorción de 470 nm frente a una curva patrón de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . La concentración de fosforo se expresó como miligramo de peso seco con la fórmula:

$$\%P = (\text{Abs} * 0.00197) / 0.007$$

### **3.3.6 Determinación Carbohidratos por método antrona**

Se seleccionaron dos muestreos foliares durante cada año, tanto de la variedad Western y Wichita, donde se trabajó con sacarosa y almidón, con la siguiente metodología.

## **3.4 Evaluación de carbohidratos Sacarosa, Glucosa y fructosa**

Mediante la metodología de Fernández y Sánchez, 2017, se realizó el siguiente procedimiento:

Se pesó una cantidad de 0.5 g de material vegetal donde se homogenizó inicialmente con 5 ml de etanol al 96% y posteriormente dos veces con 5 ml de etanol al 70%.

1. Se pesan para poder equilibrar la centrífuga
2. El homogenizado se centrifuga a 5500 rpm a 4C por 10 min y el sobrenadante resultante se utiliza para las diferentes determinaciones

Se toma un volumen de 0.1ml y se agregado en un tubo de ensayo, seguidamente se adiciona 3 ml de antrona, a continuación, se vortexea (agita), se introducen a baño de agua a 100 C durante 10 min, transcurrido ese tiempo, y una vez enfriados, se procede a su lectura (= 650 nm), frente a las respectivas curvas patrones de sacarosa, glucosa y fructosa.

**NOTA:** Se realizan dos blancos a la par del procedimiento de las muestras

Blanco A: 0.1 ml de agua desionizada, 3 ml de antrona

Blanco B: 0.1 ml de etanol 96%, 3 ml de antrona

### Cálculos

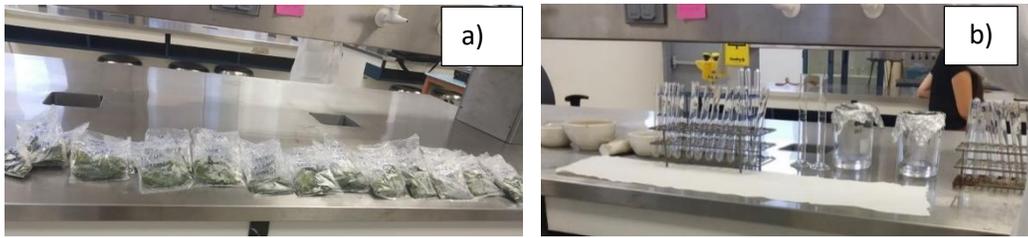
La concentración de azúcares solubles se expresan en mg. g p.f<sup>-1</sup>, se calculan con la siguiente fórmula:

$$\text{Lectura (lectura de absorción)} \cdot \text{cotg (curva de absorción)} \cdot V_f (\text{muestra macerada}) / V_{\text{ale}} (\text{metavanadato}) \cdot 1(\text{constante})/p (0.5\text{muestra vegetal})$$

Ejemplo: 1.966 (lectura de absorción) · 0.028777 (curva de absorción Sacarosa, fructosa, glucosa) · 3.1 ml (muestra vegetal macerada) / 0.1ml (metavanadato) · 1(constante)/ 0.5 g (muestra vegetal fresca) = 3.508 mg. g p.f<sup>-1</sup> de fructosa

Azúcar	Valor de cotangente
Sacarosa	0.028625
Fructosa	0.028777
Glucosa	0.02632

Almidón fue multiplicado por un factor de 0.9 (Fernández *et al.*, 2018).



**Figura 7.** a) Muestra vegetal (hoja); b) material de laboratorio utilizado.

### **3.4.1 Preparación del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para elaborar antrona**

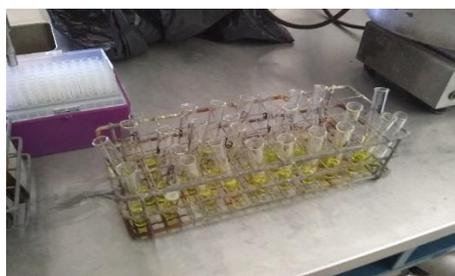
El reactivo ácido sulfúrico al 100%, se diluyó en agua destilada para reducirlo al 70%, para preparar la base receptora de ANTRONA (Anthrone) en un matraz de Erlenmeyer.

Para preparar 110 mL de  $H_2SO_4$  al 70%, se utilizó: 75.4 mL de  $H_2SO_4$  más 34.6 mL de agua destilada, para 32 muestras.

Para preparar 60 mililitros de  $H_2SO_4$  al 70%, se utilizó 41.1 mL DE  $H_2SO_4$  más 18.9 mL de agua desionizada.

#### **3.4.1.1 Preparación de etanol al 96 %**

El etanol al 100% se diluye en agua destilada: 95.98 mL de etanol al 100% más 4.02 mL de agua desionizada.



**Figura 8.** Elaboración del reactivo de ANTRONA.

#### **3.4.1.2 Preparación del etanol al 70 %**

El etanol al 80% se diluyó en agua destilada: 56% de etanol al 80% más 44 mililitros de agua desionizada.



**Figura 9.** Práctica de Carbohidratos solubles: a) se pesa la muestra vegetal; b) maceración de la muestra con tres lavados en alcohol; c) centrifugado por 20 minutos; d) preparación del reactivo ANTRONA; e) preparación de la muestra; f) baño maría; g) se vortexea (agita) la muestra; h) las muestras se ponen en celdillas; i) lectura en el espectrofotómetro.

### 3.4.1.3 Elaboración de reactivo antrona para determinar carbohidratos

Para la preparación del reactivo de antrona, se utilizó un matraz volumétrico de 100 mL, donde se pesó 1 gramo de la muestra en la Balanza Analítica de marca VELAB. Después se procedió trabajar en la campana de humos de marca THERMO SCIENTIFIC, donde se agregó el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 70% en el matraz volumétrico, después se dejó enfriar para poder utilizarlo Ver cuadro 8.

**Cuadro 7.** Preparación de reactivo antrona.

Número de muestras	Cantidad de antrona	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al 70%
32	1gr <sup>-1</sup>	100 mL <sup>-1</sup>
16	0.5 gr <sup>-1</sup>	50 mL <sup>-1</sup>
8	0.25 gr <sup>-1</sup>	25 mL <sup>-1</sup>
3	0.10 gr <sup>-1</sup>	10 mL <sup>-1</sup>

### 3.5 Rendimiento kilogramos por árbol y porcentaje de almendra.

El 20 de noviembre de cada año, los árboles fueron vibrados mecánicamente para evaluar el rendimiento de nueces en kilogramos por árbol (Wood, 2011; Noperi-Mosqueda *et al.*, 2019; Noperi-Mosqueda *et al.*, 2020). Se evaluó el peso promedio de nuez por kilogramo, de acuerdo a las normas mexicanas de productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta seca- nuez pecanera [*Carya illinoensis*, (Wangenh) K. Koch] – especificaciones y métodos de prueba de 2009 (NMX-FF -084-SCFI-2009). Recolectando un kg de nuez por árbol, se contó el número de nueces presentes y se dividieron para calcular el peso promedio de una nuez. En el caso del porcentaje de almendra, se seleccionaron 300 g de nueces pecanas, luego separando la cáscara de la almendra y pesando cada uno por separado, de acuerdo a la norma (NMX-FF-084-SCFI-2009).

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Nutrición

#### 4.1.1 Zinc

De acuerdo al análisis de varianzas resulto significativo una Triple interacción: tratamientos por variedad por año de este trabajo, el Zn ( $p \leq 0.05$ ), esto quiere decir que las variedades obtuvieron resultados diferentes para cada año y entre años para cada tratamiento, en la variedad Western en el año 2017 el tratamiento que presentó mayor contenido de zinc fue el TDZ con  $60.03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , seguido de GA3 con  $58.55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mientras que el PCa y el Control se comportaron de la misma manera siendo los que presentaron la menor cantidad de Zn ( $38.33$  y  $36.83 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  respectivamente), mientras que para el año 2018 el tratamiento que presento significativo fue el GA3 ( $35.69$ ), los demás tratamientos fueron similares. En la comparación entre años, la cantidad de Zn disminuyó para todos los tratamientos 39 % para GA3, 29.5 % el PCa, 51% el TDZ y 21 % el control Cuadro 9. La variedad Wichita también presentó una disminución de Zn del año 2017 al 2018 pero estadísticamente el GA3 y el PCa fueron iguales para ambos años (disminución de 5.8 y 10 % correspondientemente), mientras que para TDZ y control fueron diferentes con una disminución de 32 y 30% respectivamente. En el año 2017 todos los tratamientos presentaron un efecto similar, aun así, el TDZ mostro mayor cantidad de Zn ( $45.0866$ ), en el 2018 solo el control presento un efecto diferente, siendo el de menor cantidad de Zn ( $28.16$ ) como se muestra en la Cuadro 9. El Zn es uno de los nutrientes más requeridos por el nogal debido a su importancia en la participación en diferentes proceso fisiológicos como la floración (Kilby, 1995). Las variedades Western y Wichita son susceptibles a la deficiencia de zinc, requiriendo la aplicación de este elemento, la falta de humedad afecta más a la variedad Wichita que al árbol Western, ocasionando mayor ruezno pegado a la nuez si hay escases de agua al final del ciclo (INIFAP, 2014). Esto también puede presentarse por una helada temprana, tiende a iniciar dormancia más tarde que otras variedades, esto puede ser una problemática en las huertas, especialmente en árboles jóvenes, un

manejo técnico agronómico es punto clave para minimizar los daños que se puedan causar ante fenómenos climáticos o sufrir daños en el invierno (Almeida, 2015) cuadro 9.

#### **4.1.2 Nitrógeno total**

En el análisis estadístico para la variable de Nitrógeno total dado es un indicador que informa el estado nutricional de la planta y además de la capacidad de aporte de nitrógeno del suelo, resultando de manera significativa la triple interacción.

Para la variedad Western en el año 2017 PCa y control fueron los que mayor contenido de nitrógeno obtuvo 2.39 y 2.62 respectivamente, presentando el mismo resultado para el año 2018 con 2.47 y 2.41 respectivamente. En la comparación de los tratamientos entre el año 2017 y 2018, aunque estadísticamente fueron similares presentaron efectos diferentes, el GA3, y el control se disminuyó el contenido de nitrógeno en 8 %, a diferencia del PCa aumento su contenido en 3 %, mientras que TDZ fue el único diferente estadísticamente entre el año 2017 y 2018 disminuyendo en un 25.5 %.

El PCa y el control presentaron el mayor contenido en ambos años como en la variedad Western con 2.68 y 2.07 (2017), 2.49 y 2.29 (2018) respectivamente. Los tratamientos fueron estadísticamente iguales para ambos años, el PCa, TDZ y el control disminuyeron en el contenido de nitrógeno (7.4, 8 y 3.7 % respectivamente), mientras que GA3 presentó un aumento de 7.2 %.

En la variedad Wichita se formaron dos grupos de significancia, no hubo efecto de tratamiento sin embargo el PCa aumento el contenido de Nitrógeno total con 2.6800 mg/gr-1, en el 2017, en el 2018 se formaron dos grupos de significancia, no hubo efecto de tratamiento, nuevamente el PCa con 2.4900 mg/gr-1 y el T0 con 2.2900 mg/gr-1, GA3 y TDZ son iguales estadísticamente, en la comparación de medias entre años no hubo efecto, ya que son iguales.

El GA<sub>3</sub> indicaron que promueven el crecimiento de las células con lo que se desarrollan el cultivo del nogal otorgándole un mayor tamaño al ruzno y más

calidad en llenado de almendra, su aplicación en las etapas tempranas acelera el desarrollo vegetativo y le da a la planta mayor capacidad en tiempos de estrés. En huertos en producción y en huertos jóvenes de nogal pecanero el Nitrógeno es nutriente con gran relevancia (Sánchez *et al.*, 2009). Las aplicaciones candelarizadas a base de la fenología del árbol de N son una parte esencial en programas de manejo de huertos para incrementar calidad y productividad la cual generara redituabilidad (Wood, 2006; Smith *et al.*, 2007) Cuadro 10.

#### **4.1.3 Fósforo**

En la variedad Western el contenido de fosforo en el año 2017 los tratamientos fueron iguales a excepción de GA3 que presento el menor porcentaje de P (0.1167), en el año 2018 el tratamiento que resultó diferente a todos los demás siendo el mayor valor fue el TDZ (0.2567) mientras que los demás fueron estadísticamente similares y de menor valor. En la comparación de tratamiento entre los dos años de estudio se presentó un aumento en el contenido de fosforo para todos los tratamientos, estadísticamente el PCa y el control presentaron la misma cantidad en los dos años (0.1833 y 0.1700), el tratamiento que presento la mayor concentración en fue el TDZ.

La variedad Wichita presento el mismo resultado a Western donde GA3 fue el que resulto diferente a los demás siendo el que menor cantidad de fosforo presento (0.1133) para el año 2017, en el año 2018 todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales pero el que presento mayor contenido de fosforo fue TDZ. De la misma forma se presentó un aumento entre el año 2017 y 2018, estadísticamente todos los tratamientos fueron iguales en los dos años a excepción de GA3, también el TDZ presento el mayor aumento con 0.2033. Las concentraciones más altas de fósforo se encuentran en las hojas nuevas y en los pecíolos; el fósforo forma el 0.15 al 1.0 % del peso seco de las plantas, considerando que los valores críticos en el contenido de fósforo en la planta se encuentran en menos del 0.20% cuando hay deficiencia y más arriba del 1.0 % cuando hay un exceso (Bañuelos *et al.*, 2017). El contenido de P irá disminuyendo en la planta al presentarse la senescencia (Jones, 1998). El requerimiento de fósforo para un

crecimiento óptimo, se encuentra en el rango de 0.3-0.5 % de materia seca de la planta durante el estado de crecimiento vegetativo. En contraste con el fenómeno mencionado, la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho más baja al presentarse deficiencia de fósforo (Zamudio *et al.*, 2011). Una planta con la cantidad correcta de este elemento va a crecer vigorosamente y madurará más temprano que las plantas que no lo tienen (Santos y Samudio, 2020).

El papel del P en el metabolismo del N se ha estudiado con detalle, la asimilación de NO<sub>3</sub> se ve alterada cuando las plantas son privadas de P (Uscola, 2014), también está ligado en la reducción de carbohidratos, de acuerdo a la literatura su presencia es necesaria, Cuadro 11.

## **4.2 Carbohidratos**

### **4.2.1 Sacarosa**

Para la variable de Sacarosa resulto significativo la triple interacción: tratamientos, variedad, año ( $p \leq 0.05$ ). El efecto de los tratamientos en cada año no resulto significativo todos los tratamientos fueron iguales en el 2017 y en 2018, siendo el control el que presentó mayor contenido de sacarosa para ambos años 39.8 y 45.9 mg. g p.f<sup>-1</sup> respectivamente, se presentó una disminución de contenido de sacarosa del año 2017 al 2018 pero estadísticamente no fue significativa solo para el GA3 con de disminución 23 % para la variedad Western (Cuadro 12).

Al igual Wichita disminuyo su contenido de sacarosa del año 2017 al 2018 aunque estadísticamente resultaron iguales a excepción del TDZ que si presento efecto significativo con una disminución de 27 %, en el año 2017 los tratamientos que presentaron menor contenido de sacarosa y estadísticamente fueron diferente fueron el PCa y TDZ con 25.6 y 29.5 mg. g p.f<sup>-1</sup>, el que presento el mayor contenido fue GA3 con 38.7 mg. g p.f<sup>-1</sup>, para el 2018 el PCa presento el menor contenido con 32.6 mg. g p.f<sup>-1</sup> los demás tratamientos fueron estadísticamente iguales y mayores con un promedio de 43.1 mg. g p.f<sup>-1</sup> Cuadro 12. El TDZ regula la iniciación floral y

la arquitectura floral (convertir una flor determinada en una inflorescencia) en Nogal (Han *et al.*, 2014).

Por otro lado (Sharma *et al.*, 2019) comenta que, el crecimiento de los frutos está vinculada con la acumulación de carbohidratos solubles. La variedad Western Schley es de gran adaptación de las zonas desérticas y semidesérticas, muestra tolerancia a la deficiencia de zinc, sin embargo, necesita la presencia de este para un buen desarrollo, es precoz, se poliniza de Wichita, esta variedad tiene un 60% de brote fructíferos y esto permite tener un buen rendimiento cada año y por consecuencia un buen almacenaje de Carbohidratos solubles, (Tarango, 2012; COMENUEZ, 2012), lo cual coincide con la investigación. Por otro lado, el P-Ca inhibe la biosíntesis/anabolismo de giberelinas activas de crecimiento, lo que reduce el crecimiento apical de los vegetales (Rademacher, 2015), lo cual concuerda con la investigación.

#### **4.2.2 Almidón**

Para la variable de almidón la interacción tratamiento por año, fue significativamente, en el año 2017 la comparación entre tratamiento en el mismo año se formaron dos grupos de significancia, siendo el T0 con 35.0471 mg/gr presento mayor contenido de almidón seguido de GA3 con 34.7633 mg/ gr-1 el TDZ y el PCa presentaron el menor contenido de almidón, , Para la comparación de tratamiento entre el años 2017 y 2018 se presentó una significancia entre el PCa y el TDZ que aumentaron su contenido de almidón en 40% y 27% del 2017 al 2018 Cuadro 13, Figura 9.

Se determinó haciendo una interpolación en la curva de patrón de sacarosa, glucosa, fructosa y almidón (Fernández y Sánchez *et al.*, 2017) finalmente graficando en función de la concentración de sacarosa y almidón (Ávila, 2012). Los contenidos de almidón obtuvieron un incremento o un decremento a través del período analizado. Se observó que estuvieron influenciados por las etapas

fenológicas de producción de flores y frutos (Gómez y Marín, 2012). El contenido de almidón presentó concentraciones más altas en el año 2018 en la etapa de reposo y prefloración, entre 2017 de acuerdo al mismo autor. Lo cual coincide con nuestros resultados ya que el estudio del metabolismo de carbohidratos es esencial para comprender eventos como la producción de follaje, ramas, raíces, flores, y frutas, y relacionarlos con la formación, acumulación y utilización de carbohidratos de reserva, el requerimiento de horas frío de los CVS Western y Wichita, se calculan mediante a la localización del huerto, tecnificación y tipo de riego (Prudencio *et al.*, 2018). El contenido de almidón es un carbohidratos importante de acuerdo al estado fisiológico de los árboles y de que se vea reflejado su potencial productivo/edad productiva en los arboles (Valenzuela *et al.*, 2014; Briceño *et al.*, 2018). Por otra parte, si no se cumplen los requerimientos de horas frío para los cultivares, podrán tener efectos negativos en la productividad, donde se afectará la floración teniendo un importante efecto en esta variable (Torres-Moya *et al.*, 2016), la fertilización convencional es otro factor clave, ya que, al proveer los nutrientes necesarios para las plantas con el fin de obtener altos rendimientos, mejorando las disponibilidades de nutrientes en el suelo. El GA3 facilita el movimiento de los azúcares; inducen la brotación de yemas, promueven el desarrollo de los frutos y estimulan la síntesis de RNA mensajero (García, 2011).

Finalmente se puede decir que el uso de reguladores de crecimiento de las plantas o bioreguladores ya sea de origen sintético u orgánicos, en la agricultura pueden ser percusores cuantitativos y cualitativos de la producción agrícola, ya que cuando estas sustancias se aplican directamente a las plantas, promueven cambios en los procesos fisiológicos, bioquímicos, que se verán reflejados de maneras diferente, aumentando carbohidratos, floración o manejo del amarre del fruto, foliación, entre muchas más, además de los rendimientos de los cultivos (Caputo *et al.*, 2007).

### **4.3 Rendimiento**

El rendimiento resulto significativo la triple interacción tratamiento y variedad por año. En el año del 2017 el control y PCa presentaron mayor rendimiento con 14.6 kg a<sup>-1</sup>, en el 2018 el TDZ y el GA3 estadísticamente fueron iguales con 17 y 15.3 kg a<sup>-1</sup>, mientras que la concentración de un año a otro solo GA3 fue igual en ambos años con un aumento de 19.3 %, los demás tratamientos fueron variantes el TDZ presento un aumento de 35.3 % mientras que PCa y el control disminuyeron su rendimiento en la variedad Western, Cuadro 14 y Figura 10-1a.

Al comparar los rendimientos de Western entre años (2017 y 2018) el tratamiento GA3 presentó una producción estadísticamente igual en el año 2017 (12.3666 kg árbol<sup>-1</sup>) y para 2018 (15.3333 kg árbol<sup>-1</sup>) lo que estabilizo la producción en los dos años, mientras que para PCa y Testigo se presentó un decremento en la producción del año 2017 al 2018 de 51.36 y 39.32 % respectivamente, lo contrario que el TDZ que presentó un incremento en la producción del año 2017 al 2018 de 35.3 %.(como se muestra en la figura 1 A y en el cuadro 1). De acuerdo a Alvarado *et al.*, (2000). El TDZ es una citocinina para favorecer la floración floral en el ciruelo japonés de la variedad Shiro, al ser tratados con las dosis de 50,100 y 200 mg L<sup>-1</sup> de TDZ mezclados con 40 mL L<sup>-1</sup> de aceite invernol y relación comparación con el Dormex. Cianamida de hidrogeno a 5 mL L<sup>-1</sup> utilizándolo para conocer el tipo de brotación y las dimensiones del ovario.

El rendimiento de Wichita en años, fue variante, la comparación entre el 2017 y 2018 presentó el control se mantuvo igual, el GA3 y TDZ aumentaron su rendimiento en 37.8 y 30.6 % respectivamente y PCa disminuyó el rendimiento en 33.3 %. Los tratamientos resultaron estadísticamente diferentes para el 2017 el PCa fue el que presento el mayor rendimiento (16.73) seguido de TDZ y T0 (10.73 y 11.30), el que menor fue el GA3 (6.13). En 2018, el TDZ fue el que presentó mayor rendimiento (15.46) y los demás tratamientos resultaron estadísticamente iguales con un promedio de 10.7.

En el caso del nogal pecanero, está claro que los azúcares están íntimamente involucrados en uno o más procesos que controlan la iniciación floral, sin embargo, no son el único factor que impulsa la iniciación de la flor, la aplicación oportuna de

bioreguladores pueden actuar directamente en las florales pistiladas (Wood, 2011), la aplicación de bioreguladores influyen en el crecimiento y el desarrollo de las plantas como: crecimiento, floración, formación de frutos, maduración, calidad de fruto, de foliación y rasgos de calidad (Hajam *et al.*, 2018), lo que puede aumentar el número de flores y por consecuencia una mayor producción (Rademacher, 2015). Esta investigación explica como la aplicación o el uso de bioreguladores puede estabilizar la producción y reducir la alternancia. En otros estudios se plantea la posibilidad de que el uso de P-Ca pueda ser especialmente propicio para la floración, aumentando el porcentaje de brotes terminales que exhiben flores pistiladas en floración alta o baja, asegurando así la producción, en árboles jóvenes (Wood, 2011), como es el caso de la variedad de Western Schley. Por otro lado, el GA3, inhibe la iniciación de la flor pistiladas, actúa como retardante en los procesos de diferenciación fisiológica del estado vegetativo en el nogal pecanero (Bangerth, 2009). El grado de alternancia (NFA/NFB) difiere entre variedades de nogal pecanero, condiciones y manejo de regiones (Wood, 2011).

El PCa es un retardante de crecimiento, promueve floración en el nogal (Wood, 2011), incrementa el amarre y producción de fruto Manzano (Pérez Barraza *et al.*, 2016). El ácido giberélico, incrementa el número de frutos amarrados que llegan a cosecha (Pérez-Barraza *et al.*, 2009; Pérez-Barraza *et al.*, 2015), por otro lado, disminuye floración en el nogal (Wood, 2011). El TDZ puede desempeñar un doble papel en la determinación del sexo de las flores, es decir, promover el desarrollo del pistilo y revertir el aborto del estambre en las flores femeninas, un factor clave es la floración un requisito indiscutible para una buena producción y de la cual también desencadenara el número de frutos amarrados que llegaran cosecha por las buenas prácticas agrícolas. Según Pan *et al.*, (2016), lo que podría arrojar luz sobre el mecanismo de determinación del sexo en *J. curcas* y / u otras plantas como frutales.

El nogal pecanero presenta una marcada alternancia en el rendimiento, debido al parecer al agotamiento de las reservas de carbohidratos y energía de la planta, razón por la cual años con alta producción son seguidos de unos con producciones menores (O'Barr *et al.*, 1990). Lo cual coincide con la investigación, el cv. Western

obtuvo diferencia significativa con mayor índice productivo en estado ON y OFF: 2017 en estado ON y 2018 en alternancia ( $1.690333 \pm 0.290253$  S), Cuadro 8.

La manera de tener una producción uniforme es poner a todos los árboles a producir una cosecha regular y no una cosecha excesiva seguida por una mala calidad (Rohla, 2007), se observa un comportamiento alternante, en la variedad Western, esto debido a la competencia anual de la distribución de carbohidratos y nutrientes minerales entre la cosecha y el desarrollo vegetativo (Orduz y Garzón, 2012). La alternancia está influenciada por la eficacia del cuajado en la principal floración anual y donde el manejo técnico, riego y fertilización, serán puntos claves, los cuales originarán una alta cosecha, lo que a su vez disminuye el crecimiento vegetativo (años ON), (Pérez-Madrid *et al.*, 2005; García y Cheverría, 2014), dando lugar a que se presente en el ciclo siguiente el fenómeno contrario de bajos rendimientos con abundante brotación vegetativa, (lo que se conoce como años OFF).

**Cuadro 8.** Producción en las variedades 'Western Schley' y 'Wichita' con tratamientos de bioreguladores.

Tratamientos	Rendimiento			
	Western		Wichita	
	2017	2018	2017	2018
<b>GA3</b>	12.3666±0.7767abA	15.3333±3.2470aA	6.1333±0.3214cA	9.8666±1.6196bB
<b>PCa</b>	14.6000±1.9924aA	7.1000±2.3388bB	16.7333±3.1005aA	11.1666±0.4725bB
<b>TDZ</b>	11.0000±1.0000aA	17.0000±1.0535aB	10.7333±0.68068bA	15.4666±3.6295aB
<b>T0</b>	14.6666±0.5507aA	8.9000±0.9643bB	11.3000±1.30000bA	11.1000±2.7622bA
<b>CV</b>	17.8713			
<b>Shapiro-Wilk</b>	p>0.05			

Rendimiento, Kilogramos por árbol: T0: Control, GA<sub>3</sub>: Ácido giberélico (50 mgL<sup>-1</sup>), PCa: Prohexadiona de calcio (500 mg L<sup>-1</sup>) y TDZ: Thidiazuron (10 mg L<sup>-1</sup>). El rendimiento es expresado en kg árbol<sup>-1</sup>. Letras minúsculas diferentes dentro de cada tratamiento representan diferencias significativas entre año (2017 y 2018). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos por año, (Tukey, p ≤ 0,05).

#### 4.3.1 Gramos por nuez

En los gramos nuez, resultó significativo tratamiento, año, tratamiento por año y variedad: en el año 2017 siendo iguales estadísticamente, en el 2018 se formaron tres grupos de significancia, donde el TDZ fue el que presentó mayor peso de nuez con 7.0016 g, seguido del PCa con 6.4583 g, mientras que la GA3 se comportó igual que el T0 con un promedio de peso más bajo 5.87665 g. En la comparación entre el año 2017 y 2018 para cada tratamiento dio como resultado que la GA3 y T0 se comportaron estadísticamente iguales para ambos años, el TDZ y el PCa presentaron un aumento en los gramos de nuez del año 2017 al año 2018 de un 19.32 y 14.06 % respectivamente (Cuadro, 14).

Para producir nueces de calidad, a través del tiempo, y poder alcanzar una alta eficiencia fotosintética de las hojas y, en consecuencia, una alta calidad y producción de nuez, es importante tener una relación adecuada hojas y fruto (6 hojas fruto<sup>-1</sup>), para subsanar el abastecimiento de carbohidratos a los frutos y así poder guardar reservas para el siguiente ciclo productivo (Godoy *et al.*, 2000). La producción de nuez es excelente cuando predominan condiciones óptimas de humedad aprovechable en el suelo durante el desarrollo de la almendra (Stein *et al.*, 1989; Herrera, 1990; Godoy y Huitrón, 1998). El PCa puede reducir la floración y se utilizó como aclareo, para tener una producción planeada de una manera tecnificada o química (Wood, 2011; Pérez-Barraza *et al.*, 2015), por otro lado, el TDZ regula la iniciación floral y promueve la floración (Han *et al.*, 2014). Durante el tiempo de estudio se cumplió con el estándar de calidad de rendimiento (NMX-FF-084-SCFI-2009).

#### **4.3.2 Porcentaje de Almendra**

En el análisis de varianza de porcentaje de almendras resultó de manera significativa la interacción de tratamiento por variedad, La Norma Mexicana FF-084 SCFI-2009 establece 2 clasificaciones para el porcentaje de almendra: la calidad I es mayor a 54% se clasifica como calidad I y cuando está dentro del rango de 54 a 50% se clasifica como calidad II (Noperi-Mosqueda *et al.*, 2019). Para la variedad Western como se puede observar en el cuadro 3, el TDZ y el T0 fueron similares, presentaron mayor porcentaje de almendra con 59.7983 y 59.7800 respectivamente, seguido del GA3 (59.4533) y por último el PCA (57.6117). Mientras que para Wichita el T0 (58.5550) presentó el mayor porcentaje de almendra que los tratamientos que resultaron estadísticamente similares con un promedio de 58.04 %. Al comparar el porcentaje de almendras entre ambas variedades resultó que GA3 y TDZ presentaron el mismo efecto en ambas CVS, lo contrario que el PCa y el testigo, el PCa obtuvo un mayor porcentaje de almendra para Wichita que para Western, el T0 presentó mayor porcentaje de almendra en Western. Una buena cosecha de nueces con almendras bien llenas es el resultado

de un buen manejo agronómico (Tarango, 2018), de acuerdo con la región, edad productiva y condición vegetativa de los nogales, en esta investigación se cumplió con los valores promedios de referencia para evaluar la nuez de una cosecha, el cual se encuentra entre 54 a 60% de almendra para Western y 57 a 63% para Wichita (NMX-FF-084-SCFI-2009),

## V CONCLUSIONES

Los bioreguladores influyeron en la nutrición del nogal pecanero para ambas variedades de un ciclo a otro.

La aplicación de bioreguladores influyó en ambas variedades en el contenido de carbohidratos solubles, Ga3 y TDZ aumentaron la cantidad de almidón al siguiente ciclo.

El rendimiento se ve afectado por la aplicación de los bioreguladores algunos aumentaron y otros la disminuyeron.

En la calidad de la nuez presentaron influencia para el peso de la nuez mientras que para el porcentaje de almendra solo en la variedad Wichita.

La aplicación de GA3, PCa y TDZ podría ser una estrategia para el manejo de la nutrición, contenido de carbohidratos y componentes de rendimiento para minimizar la alternancia en nogales.

Finalmente se sugiere continuar evaluando los tratamientos sobresalientes GA3, PCa y TDZ, ya que presentaron una tendencia diferente.

## VI ANEXOS

**Cuadro 9. Concentración nutrimental de Zinc en las variedades Western y Wichita en los años 2017-2018.**

Tratamientos	Zinc			
	Western		Wichita	
	2017	2018	2017	2018
<b>GA3</b>	58.5566±5.0308bA	35.6900±3.1863aB	40.5000±4.7696aA	38.1300±10.9470aA
<b>PCa</b>	38.3333±4.0722cA	27.0000±1.8027bB	41.5000±4.4440aA	37.3333±11.0151aA
<b>TDZ</b>	60.0300±2.1669aA	29.3333±6.2115bB	45.0866±1.3977aA	30.4800±2.4251aB
<b>T0</b>	36.8333±0.7637cA	29.0000±1.5000bB	40.5000±4.7696aA	28.1666±0.7637abB
<b>CV</b>	39.1066			
<b>Shapiro-Wilk</b>	p>0.05			

GA3: Ácido giberélico (50 mg L<sup>-1</sup>), PCa: Prohexadiona cálcica (500 mg L<sup>-1</sup>) y TDZ: Thidiazuron (10 mg L<sup>-1</sup>). Zn expresado en mg kg<sup>-1</sup>. Las diferentes letras mayúsculas dentro de cada tratamiento representan diferencias significativas entre 2017 y 2018. Las diferentes letras minúsculas dentro de cada tratamiento representan las diferencias de los tratamientos en ese año (Tukey, p ≤ 0.05).

**Cuadro 10.** Efecto de la aplicación de bioreguladores sobre la concentración de Nitrógeno total

Tratamiento	Nitrógeno total			
	Western		Wichita	
	2017	2018	2017	2018
<b>GA3</b>	1.9933 ±0.09238bA	1.8167 ±0.28290bA	1.8367±0.05132bA	1.9800±0.25239bA
<b>PCa</b>	2.3900 ±0.12000aA	2.4700 ±0.6245aA	2.6800±0.31512aA	2.4900±0.27713aA
<b>TDZ</b>	1.9067 ±0.1401bA	1.4200 ±0.0700cB	2.0700±0.11358bA	1.9033±0.11358bA
<b>T0</b>	2.6200 ±0.16523aA	2.4100 ±0.18083aA	2.3800±0.11358aA	2.2900±0.27221aA
<b>CV</b>	30.1496			
<b>Shapiro-Wilk</b>	P>0.05			

GA3: Ácido giberélico (50 mg L<sup>-1</sup>), PCa: Prohexadiona cálcica (500 mg L<sup>-1</sup>) y TDZ: Thidiazuron (10 mg L<sup>-1</sup>). N expresado en porcentaje. Las diferentes letras mayúsculas dentro de cada tratamiento representan diferencias significativas entre 2017 y 2018 Las diferentes letras minúsculas dentro de cada tratamiento representan las diferencias de los tratamientos en ese año (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 11.** . Efecto de la aplicación de bioreguladores sobre la concentración de fósforo.

Tratamiento	Fosforo			
	Western		Wichita	
	2017	2018	2017	2018
<b>GA3</b>	0.1167±0.03783abB	0.1833±0.0115bB	0.1133±0.02517bA	0.1533±0.0152aB
<b>PCa</b>	0.1533±0.04619aA	0.1867±0.0152Ba	0.1800±0.0264aA	0.1867±0.0152aA
<b>TDZ</b>	0.1733±0.0251aA	0.2567±0.0208aB	0.1733±0.02517aA	0.2033±0.0416aA
<b>T0</b>	0.1700±0.0200aA	0.1700±0.0100bA	0.1767±0.3055aA	0.1733±0.0152aA
<b>CV</b>	25.3933			
<b>Shapiro-Wilk</b>	P>0.05			

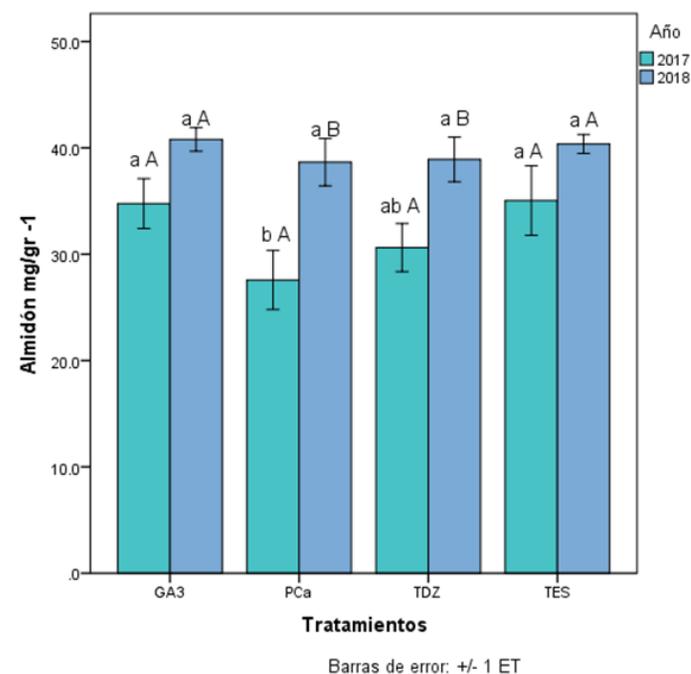
**Cuadro 12.** . Concentración de sacarosa en el año Western y Wichita en los años 2017-2018.

Tratamientos	Sacarosa			
	Western		Wichita	
	2017	2018	2017	2018
<b>GA3</b>	33.5010±5.3850 aA	43.5310±1.3404 aB	38.7366±1.5717 aA	44.1844±2.1002 aA
<b>PCa</b>	34.7922±8.1828 aA	42.1894±6.2599 aA	25.6279±2.9465 bA	32.6905±9.7475 bA
<b>TDZ</b>	37.6722±2.2467 aA	40.7764±3.6918 aA	29.5317±6.1549 bA	40.4241±6.9793 aB
<b>T0</b>	39.8722±1.8285 aA	45.9227±1.6266 aA	38.3466±5.7060 aA	44.6937±2.5806 aA
<b>CV</b>	11.0007			
<b>Shapiro-Wilk</b>	p>0.05			

GA3: Ácido giberélico (50 mg L<sup>-1</sup>), PCa: Prohexadiona cálcica (500 mg L<sup>-1</sup>) y TDZ: Thidiazuron (10 mg L<sup>-1</sup>). Sacarosa expresada en mg. g p.f.<sup>-1</sup>. Las diferentes letras mayúsculas dentro de cada tratamiento representan diferencias significativas entre 2017 y 2018 Las diferentes letras minúsculas dentro de cada tratamiento representan las diferencias de los tratamientos en ese año (Tukey, p ≤ 0.05).

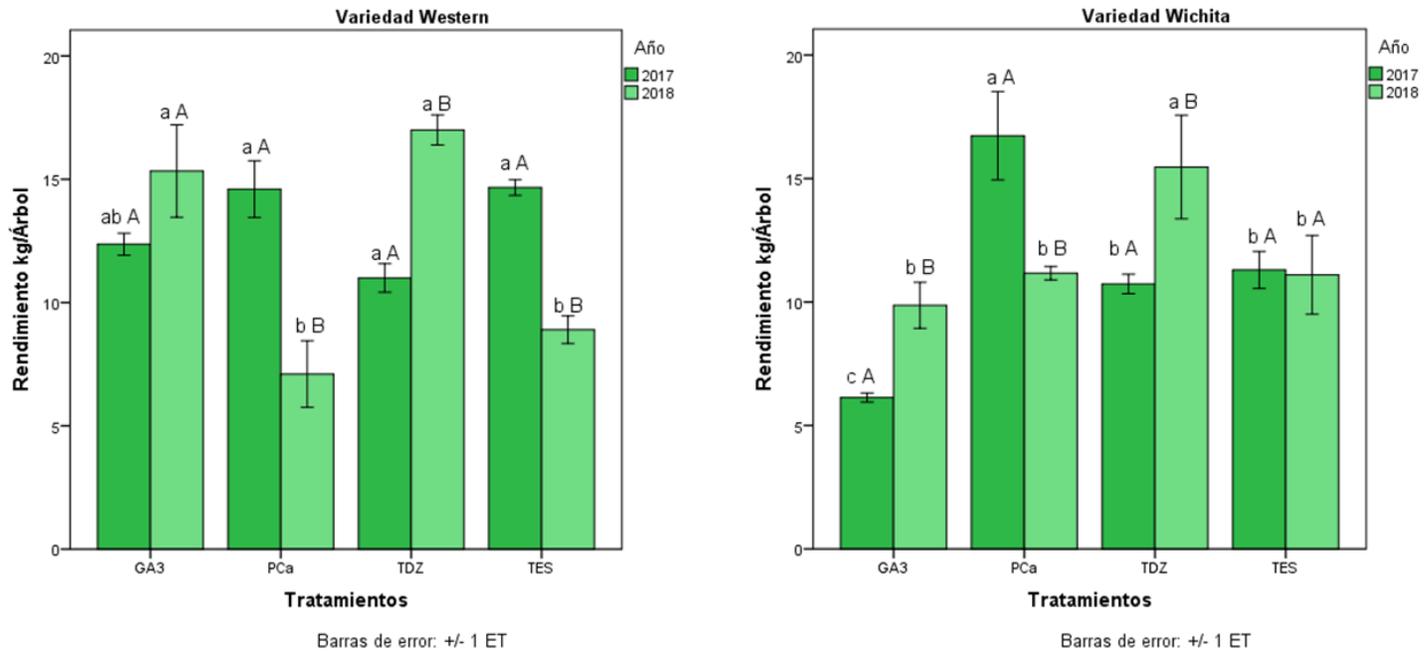
**Cuadro 13.** Contenido de almidón bajo la aplicación de bioreguladores durante los años 2017-2018.

Tratamientos	Almidón	
	2017	2018
<b>GA3</b>	34.7633±5.7297aA	40.7930±2.7176aA
<b>PCa</b>	27.5751±6.7970bB	38.6586±5.4436aB
<b>TDZ</b>	30.6207±5.5413abA	38.9191±5.1420aB
<b>T0</b>	35.0471±8.0052aA	40.3577±2.1646aA
<b>CV</b>	14.4997	
<b>Shapiro-Wilk</b>	p>0.05	



**Figura 10.** Concentración de Almidón, durante los dos años de investigación.

Las barras de error representan las desviaciones estándar calculadas a partir del análisis de seis repeticiones. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las letras minúsculas representan el efecto de los tratamientos en el mismo año. Las letras mayúsculas representan el efecto de los tratamientos entre 2017 y 2018. GA3: Ácido giberélico (50 mg L<sup>-1</sup>), PCa: Prohexadiona de calcio (500 mg L<sup>-1</sup>), TDZ: Thidiazuron (10 mg L<sup>-1</sup>) y Control.



**Figura 11.** Rendimiento de nogal pecanero ‘Western Schley’ y ‘Wichita’ con tratamiento de bioreguladores. Las barras de error representan la desviación estándar calculadas del análisis de 6 repeticiones. Diferentes letras representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), las mayúsculas representan entre cada año (2017 y 2018). Y las minúsculas representan diferencias significativas entre tratamientos para cada año.

**Cuadro 14.** Gramos por nuez en las variedades Western y Wichita.

Tratamientos	Gramos por nuez			
	Western		Wichita	
	2017	2018	2017	2018
<b>GA3</b>	5.6333±0.5507bA	6.4400±0.4866 aA	5.6333±0.6429aA	5.2666±0.3055aA
<b>PCa</b>	5.5333±0.5033bA	6.5433±0.3957 aA	5.5666±0.1137bA	6.3733±0.1137aB
<b>TDZ</b>	5.7366±0.2285bA	6.8333±0.2886 aA	5.7766±0.1817bA	7.1700±0.1868aB
<b>T0</b>	5.6933±0.1616aA	6.3333±0.3214 aA	5.6333±0.1625aA	5.4666±0.5033aB
<b>CV</b>	10.2387			
<b>Shapiro-Wilk</b>	p>0.05			

**Cuadro 15.** Porcentaje de almendra en las variedades Western y Wichita.

Tratamiento	% de Almendra	
	Western	Wichita
<b>GA3</b>	59.4533 ± 2.19322 abA	57.7433 ± 1.82536 bA
<b>PCa</b>	57.6117 ± 2.02560 bA	58.0450 ± 4.9206 bB
<b>TDZ</b>	59.7983 ± 1.71970 aA	58.3517 ± 1.84529 bA
<b>T0</b>	59.7800 ± 2.105775 aA	58.5550 ± 3.33553 aB
<b>CV</b>	2.7148	
<b>Shapiro-Wilk</b>	p>0.05	

GA3: Ácido giberélico (50 mg L<sup>-1</sup>), PCa: Prohexadiona cálcica (500 mg L<sup>-1</sup>) y TDZ: Thidiazuron (10 mg L<sup>-1</sup>). Porcentaje de grano expresado en %. Las diferentes letras mayúsculas dentro de cada tratamiento representan diferencias significativas entre 2017 y 2018. Las diferentes letras minúsculas dentro de cada tratamiento representan las diferencias de los tratamientos en ese año. (Tukey, p ≤ 0,05)

**Cuadro 16.** Cronograma de actividades.

Actividad	2018												2019												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Protocolo de investigación	x	x	x							x	x	x	x	x	x							x	x	x	
Visita a la huerta			x	x	x	x		x	x	x															
Delimitación del experimento	x											x	x												
Muestreos foliares								x	x												x	x			
Trabajo en laboratorio										x	x	x								x			x	x	x
Participación en foros científicos						X					x						x						x		
Escritura de tesis					X	X					x	x					x	x	x				x	x	
Escritura de un artículo											x	x											x	x	

## VII LITERATURA CITADA

- Agustí. M.** 2010. Fruticultura. 2da ed. Ediciones Mundi-Prensa. México. Pp. 32.
- Alvarado R, H., Rodríguez A, J., Calderón Z, G., Cárdenas S, E.** 2000. El thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) 'shiro'. Universidad Autónoma Chapingo, 56230 Chapingo, Mexico. *Agrociencia (Mexico)* 2000 Vol.34 No.3 pp.321-327 ref.18.
- Andersen, P. C.** 1994. Lack of sunlight can limit pecan production in the Southeastern. U. S. the Pecan Grower. *Georgia Pecan Gro. Assoc.* 6(2arr):20-21.
- Aragón P. de L. M.C.** 2004. El cultivo del nogal pecanero: sus perspectivas de producción, comercialización y transformación de la nuez. Texto de apoyo. FACIATEC-UACH. México. p 163.
- Arreola Ávila J. G., A. Lagarda Murrieta y M. C. Medina Morales** 2016. Fenología in: Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP. Pp. 210.
- Arreola. A.J.** 2012. Importancia del reposo invernal y uso de compensadores de frío en nogal pecanero. 10 día del nogalero. Asociación de nogaleros y nuez de la ciudad de Delicias.
- Ávila A. J., Á. Lagarda M., E. Morales O., H. Aguilar P., S. Héctor T.** 2009. Conservación y uso de los recursos genéticos del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wang K. Koch)]. In: Resúmenes
- Bangerth, K.** 2009. Floral induction in mature, perennial angiosperm fruit trees: similarities and discrepancies with annual/biennial plants and the involvement of plant hormones. *Scientia Horticulturae*, 122(2), 153-163.
- Barker. A. V. Pilbeam. DJ.** 2015. Handbook nutrition. Crc Taylor & Francis. ISBN 0-8247-5904-4. Pp. 21-51.
- Beniwal, R. S., & Hooda, M. S.** (2011). Amelioration of planting stress by soil amendment with hidrogel Mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Annals of Forest Science*, 68, 803–810. Doi: 10.1007/s13595-011-0077-z

- Briceño Contreras, EA, Valenzuela Núñez, LM, Espino Castillo, DA., García de la Peña, C, Esparza-Rivera, JR, & Borja de la Rosa, A.** 2018. Contenido de almidón en órganos de nogal (*Carya illinoensis* Koch) en dos etapas fenológicas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(spe20), 4161-4173. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.987>
- Brisson R F.** (1976). Cultivo del nogal pecanero. 1r<sup>a</sup> ed. Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT). México. 350 pp.
- Burns, R. M., & 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)
- Burrola. M., J.R.** 2018. Efecto de compensadores de frío alternativos en nogal pecanero *Carya illinoensis*. FCAF- UACH. Mexico. 39 p.
- Cakmak, I.** (2014). El Níquel en el Crecimiento Vegetal. Congreso Internacional de Nutrición y FISIOLÓGIA Vegetal INTAGRI. Guadalajara, Jalisco, México.
- Calderón A.,** (2004). Fruticultura general. 3<sup>a</sup>. Ed. Limusa Mexico.759 p.p
- Calderón A., E.** (1985). Fruticultura general. 3<sup>a</sup>. ed. Limusa. México. 759 p.
- Cáñez-Carrasco. MG. Garcia-Algeria. AM. 2015.** Validación de un método analítico para determinación de fósforo por espectrofotometría ultravioleta-visible. Universidad de Sonora. Revista Biotecnología. Vol. 17. Num. 12015. DOI: <https://doi.org/10.18633/bt.v17i1.15>
- Casales, F.G., Van der Watt, E., Coetzer, G.M.** 2018. Propagation of Pecan (*Carya illinoensis*): A review. *African Journal of Biotechnology*, 17(18), 586-605.
- Castillo-Gonzalez, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodriguez, A., Abadía, J., Sánchez, E., Parra-Quezada, R. & Sida-Arriola J.** (2019). Zinc Nutritional Status of Pecan Trees Influences Physiological and Nutritional Indicators, the Metabolism of Oxidative Stress, and Yield and Fruit Quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2) 531-538. Índice JCR. Derivado de Tesis de Maestría.
- Cervantes-Vázquez, María Gabriela, Orona Castillo, Ignacio, Vázquez Vázquez, Cirilo, Fortis Hernández, Manuel, & Espinoza Arellano, José de Jesús.** (2018). Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis*

Koch en la Comarca Lagunera. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(1), 25-35. doi.org/10.29312/remexca. v9i1.845

- Chadha, K.L.**, J.S. Samra y R.S. Thakur. (1980). Standarization of lead–sampling technique for mineral composition of mango cultivar “Chausa”. Scientia Hort. 13: 323-329.
- Chavarría. E. M. 2014.** TESIS: Aplicación de PBZ en arboles de variedad Western de Nogal pecanero (*Carya illinoiensis*) con 8 años de plantados. UAAAN. Unidad laguna. División de Carreras Agronómicas. Pp. 1-48.
- Coder, Kim D.** (2016). Heat Damage in Trees. University of Georgia. Agosto 2016.
- CONABIO**, (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2014). La biodiversidad en Chihuahua: Estudio del Estado. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Retrieved from
- Davies, P. J.** (1995). The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. Plant hormones, Springer: 1-15.
- Díaz M., D. H.** (1987). Requerimientos de frio en frutales caducifolios. Tema didáctico No. 2. México, Inifap. 54 p.
- Einhorn, T. C.; Pasa, M. S. and Turner, J.** 2014. ‘D’Anju’ pears hoot growth and return Bloom, but not fruit size, are reduced by prohexadione-Calcium. HortSci. 49:180-187.
- EI-Shazly SM, Eisa1 AM, Moãtamed AMH, Kotb HRM.** 2013. Effect of Some Agro-Chemicals Preharvest Foliar Application on Yield and Fruit Quality of "Swelling" Peach Trees. Alex. J Agric. Res.; 58(3)219-229.
- FAO/UNESCO/ISRIC.** (1990). Mapa mundial de suelos, leyenda revisada. Traducido por T. Carballas, F. Macías, F. Díaz F., M. Carballas y J.A. Fernández U. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Santiago de Compostela, España.
- Fernández Valenciano, AF.; Sánchez Chávez. E.** 2017. Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova Scientia ISSN 2007 - 0705, Nº 18 Vol. 9 (1), 2017. Pp: 133 - 148.

- Fernández, E., Baird, G., Farías, D., Oyanedel Moya, EA., Olaeta, J. A., Brown, P., Zwieniecki, M., Tixier, A., & Saa, S.** (2018). Fruit load in almond spurs define starch and total soluble carbohydrate concentration and therefore their survival and bloom probabilities in the next season. *Scientia Horticulturae*, 237, 269-276. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.030>
- Fernandez-Pavia. YL., Garcia. Cue. JL. Fernández-Pavía. SP. Muratalla - Lua. A.** 2020. Deficiencias nutrimentales inducidas en higuera CV. Neza. En condiciones hidropónicas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas volumen. 11. Número 3. Pp. 1-12.* Dialnet-LaProduccionYComercializacionDeNuezPecaneraEnMexic-7230613.pdf
- Fernandez-Pavia. YL., Garcia. Cue. JL. Fernández-Pavía. SP. Muratalla-Lua. A.** 2020. Deficiencias nutrimentales inducidas en higuera CV. Neza. En condiciones hidropónicas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas 90. Volumen. 11. Número 3. Pp. 1-12.* Dialnet-LaProduccionYComercializacionDeNuezPecaneraEnMexic-7230613.pdf
- Fronza, D., Hamann, J., Both, V., De Oliveira, R., & Meyer, E.** (2018). Pecan cultivation: general aspects. *Ciência Rural*, 48(2), e20170179. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170179>
- Frusso E.** (2018) Características morfológicas y fenológicas del pecán, guía fenológica ampliada y resumida. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_2018](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_2018)
- Frusso, E.A.** (2007). Características morfológicas y fonológicas del pecan. Capítulo
- Gamboa, J., Marín, W.** 2012. Fenología, producción y contenido de almidón en árboles de mango en Guanacastle, Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 23(1):81-91.
- Garcia. A. DJ.; Garcia. C.RG.** 2017. Tesis: Efecto de un bioregulador en el desarrollo inicio de varias especies frutales. Escuela superior politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Pp. 1-51.
- Gil, G.** (1998). *Fruticultura: El Potencial Productivo.* Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- Glocke, P., Collins, G., Sedgley, M.** (2006). 6-Benzylamino purine stimulates in vitro shoot organogenesis in *Eucalyptus erythronema*, *E. stricklandii* and their interspecific hybrids. *Scientia Horticulturae* 109(4): 339-344.
- Godoy, A., López, M.** (2000). Desarrollo de la almendra y germinación del fruto del nogal pecanero bajo cuatro calendarios de riego. *Terra Latinoamericana*, 18(4).
- González C., C.; R. Ferrera C. y J. Pérez M.** (1998). Biotecnología de la micorriza arbuscular en fruticultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala y Colegio de Postgraduados. México. 131 p.
- Gutiérrez, N.** (2014). Nogal. Secretaria de Desarrollo rural: Jalisco. <https://seder.jalisco.gob.mx/catalogo-plantas/nogal>
- Hajam, M.A., Hassan, G., Parray, E., Wani, M., Shabir, A., Khan, I.F., Wani, A., Bhat, T., Masoodi, L.** 2018. Transforming fruit production by plant growth regulators. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 1613-1617.
- Han, Y., Yang, H., Jiao, Y.** 2014. Regulation of inflorescence architecture by cytokinins. *Frontiers in plant science*, 5, 669.
- Hernández C., J.** (2003). Estimación de los requerimientos hídricos de nogales en desarrollo y producción en Jiménez, chihuahua. Informe de investigación. México. CEDEL-INIFAP.
- Herrera, E.** (1983). Training young pecan trees. Guide H- 605, New México State University. Cooperative Extension service.
- Herrera, E. A.** (1996). Economic Importance of the Pecan Industry. Retrieved from <http://contentdm.nmsu.edu/cdm/ref/collection/AgCircs/id/56676>
- INIFAP.** (2017). Agenda Técnica Agrícola de Chihuahua: Nogal pecanero. Núm. 5. Pp. 111.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias** INIFAP [Internet]. 2016 [citado 22 de febrero de 2019]. Disponible en: [http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Transparencia/Contenido/Trans\\_Focalizada/Red\\_Estaciones/Red\\_Estaciones.aspx](http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Transparencia/Contenido/Trans_Focalizada/Red_Estaciones/Red_Estaciones.aspx)
- Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias.** 2020. Análisis foliar de nogal pecanero evalúa nutrientes del cultivo.

<https://www.gob.mx/inifap/articulos/analisis-foliar-de-nogal-pecanero-evalua-nutrientes-del-cultivo?idiom=es>

- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sánchez-Díaz, M.** (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84: 55-60.
- Jackson, J. E.** (1981). Theory of light interception by orchards and modeling approach to optimizing orchard design. *Acta Hort.* 114: 69-79
- Kieber, J.J., Schaller, G.E.,** 2014. Cytokinins. *The Arabidopsis Book* 12, e0168. doi:10.1199/tab.0168.
- Kilby, M.** 1995. Pecan Fertilizer practices. pp. 29-32. First Arizona Pecan Conference Proceedings. University of Arizona.
- Koo, R.C.J., T.W. Young.** (1972). Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 97: 792-794
- Kozlowski, T. T.; Kramer, P. J. and Pallardy, S. G.** 1991. The physiological ecology of woody plants. San Diego, California, Academic Press, Inc. 657 p.
- Kramer, P. J. and Koslowski T. T.** 1979. Physiology of woody plants. Academic Press, London. 811 p.
- Lagarda M. A.** (1986). Características de variedades de nogal adaptables a la zona norte de México. *Memorias X Ciclo Conf. Int. de prod. de Nuez. Delicias Chih.*
- Lagarda, M. A.** (2007). Plantaciones de alta densidad en nogal pecanero. III Jornada Nacional y I Congreso internacional sobre el cultivo del pecan.
- Leyva, V.V.** (2000). Elaboración del manual de prácticas de laboratorio de análisis químico bromatológicos, Tesis de Lic. En la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.C.H. México; P. 12-18.
- Link. TECNICOAGRICOLA.** (2016). <http://www.tecnicoagricola.es/acido-giberelico/>
- Link. Terralia (2019).**  
[https://www.terralia.com/agroquimicos\\_de\\_mexico/view\\_composition?book\\_id=3&composition\\_id=14149](https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?book_id=3&composition_id=14149)
- López B.** (2013). Plagas Reglamentadas bajo el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF) 2013.

- Madero E., Frusso E. A. y Casaubon E.** 2007. Manejo del Cultivo. Capitulo XII. Producción de pecan en Argentina. UBA, INTA. Buenos Aires, Argentina. Pp.1-10
- Malstrom, H. L.;** Rile, D. y Jones, J.R. (1982). Continuous hedge pruning affects light penetration and nut production of Western pecan trees. *The Pecan Quarterly* 16(3):4-15.
- Marquard, R.D.** (2010). Pecan biology. In Second Pecan orchard management short course. CES-New Mexico State University.
- Martínez, T.; Plascencia, F. e Islas, L.** 2013. La relación entre los carbohidratos y la vitalidad en árboles urbanos. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Amb.* 19(3):459-468.
- Martin-Hurtado. I. Rovira-Cambra. M., Martin-Sánchez. JA.** 2019. Tesis: Estrategias reproductivas de dos especies de frutos secos: almendro y nogal. Departamento de olivicultura elaiotecnica i fruits secs de IIRTA-Centre Mmas de Bover. Universidad de Lleida. Pp. 1-273.
- Marx, D.H.** (1971). Root inhabiting mycorrhizal fungi benefit growth of trees. 5ht Ann. West. Irri. Pecan Grow. Ass. Conf. New Mexico State University. P.14-18.
- McCraw, D. M.W.** Smithand W. Reid. (2004). Pecan cropload management. F-6251. OCES- Oklahoma State University. P. 90-91.
- McKean. J. S.** (2003). Manual de análisis y tejido vegetal. Laboratorio de servicio analítico. Centro de agricultura tropical-CIAT. PP. 63.
- Medina Morales Ma. Del Consuelo y Pedro Cano Rio.** (2002). Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. Noviembre. INIFAP. Matamoros Coah. Méx. p: 1
- Medina. M. M.; Fematt F. GE.** 2005. Efecto de la poda en el desbalance nutrimental y rendimiento de nuez en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch). ISSN 1665-8892, Vol. 5, Nº. 3, 2005, pages 113-118  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2307296>
- Medina-Morales, M.** (2004). Normas DRIS preliminares para nogal pecanero. *Terra Latinoamericana*, 22 (4), 445-450.

- Medina-Morales, M.** 2000. Concentración de nutrientes y producción de pacana de nogal pecanero, en tres años. ITEA. Producción vegetal, ISSN 1130-6017, Vol. 96, N° 2, 2000, págs. 139-146.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=153252>
- Morales-Morales. EJ. Rubi-Arriaga. M., López-Sandoval. JA., Martínez-Rosales. EJ.** 2020. Urea. (NBPT) una alternativa en fertilización nitrogenada en cultivos anuales. Revista mexicana de Ciencias Agrotecnológicas. Volumen. 10. Número 8. Pp. 1-12. Dialnet-LaProduccionYComercializacionDeNuezPecaneraEnMexic-7230613.pdf
- Nogales, R.;** Cifuentes, C.; Benítez, E. (2005). Vermicomposting of winery wastes: A laboratory Study. Journal of Enviromental Science and Health Part B. 40: 659– 673.
- NOPERI-MOSQUEDA, L. C., SOTO-PARRA, J. M., SÁNCHEZ, E., NAVARRO-LEÓN, E., PÉREZ-LEAL, R., FLORES-CÓRDOVA, M. A., SALAS-SALAZAR, N. A., & YÁÑEZ-MUÑOZ, R. M.** (2020). Yield, quality, alternate bearing and long-term yield index in pecan, as a response to mineral and organic nutrition. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 48(1), 342-353. <https://doi.org/10.15835/nbha48111>
- Norma Mexicana** NMX-FF-084-SCFI-2009.
- Núñez, M.H.** (2001). Desarrollo de nogal pecanero. In: El nogal pecanero en Sonora. Libro Técnico #3. SAGARPA-INIFAP-CECH. Pp.23.38.
- Ojeda. DL, Nuñez. B. A, Manríquez, AT, Ibave. JL, Sánchez. Ch. E.** 2005 Fertilización Tradía: Manejo de nitrógeno en árboles en desarrollo y producción de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch). XI Congreso Nacional SOMECH 2005. Chihuahua, Chih. México.
- Ojeda-Barríos, D. L., & Hernández-Rodríguez, O. A., & Martínez-Téllez, J., & Núñez-Barríos, A., & Perea-Portillo, E.** (2009). Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero. Revista Chapingo serie horticultura, 15(2) ,205-210. [Fecha de Consulta 21 de octubre de 2020]. ISSN: 1027-152X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=609/60912457014>

- Ojeda-Barrios, D.; Sánchez – Chávez, E.; Sida-Arreola J.P.; Valdez-Cepeda, R. y Balandran-Valladares, M.** (2016). The impact of foliar nickel fertilization on urease activity in pecan trees. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. Vol 16 (1), 237-247 pp.
- Ojeda-Barrios, LO., Fernández- Fernández, V., Sanchez-Chavez, E. Ramírez-Rodríguez, H.** 2020. Manejo de la nutrición y fertilización en el cultivo del nogal pecanero. Capítulo VIII. Pp. 1-26. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/manejo\\_de\\_la\\_nutricion\\_y\\_fertilizacion.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/manejo_de_la_nutricion_y_fertilizacion.pdf)
- Olszewski, Neil, Tai-ping Sun, and Frank Gubler.** (2002) "Gibberellin signaling biosynthesis, catabolism, and response pathways." *The Plant Cell Online* 14.suppl 1: S61-S80.
- Orduz-Rodríguez, JO, & Garzón C., DL.** (2012). Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2) ,136-144. [Fecha de Consulta 1 de diciembre de 2020]. ISSN: 0122-8706. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4499/449945033002>
- Pan, Bz. Luo, Yan. Song, Liang. Chen, Mao-Sheng.; Li, Jialong., Xu, Zeng-Fu.** 2016. Thidiazuron increases fruit number in the biofuel plant *Jatropha curcas* by promoting pistil development. *Industrial Crops and Products Journal* home page: 81 (2016) 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.054>.
- Pérez Barraza, M.H., Osuna Enciso, T., Avitia García, E., Gutiérrez Espinosa, M.A., Cruz, S., de Jesús, M., Ramírez, H., Cano Medrano, R.** 2016. Prohexadiona de calcio reduce crecimiento vegetativo e incrementa brotación floral en mango 'Ataulfo'. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 263-276.
- Pérez Barraza, María H, & Cano Medrano, R, & Avitia García, E, & Gutiérrez Espinosa, MA, & Nolasco González, Y, & Osuna Enciso, T.** (2017). Reguladores de crecimiento en mango: su relación con carbohidratos número y tamaño de células. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (19) ,3855-

3868. [Fecha de Consulta 22 de noviembre de 2020]. ISSN: 2007-0934.  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263153823002>
- Pérez, L.F.** 2017. Fisiología vegetal. Parte III. Nutrición Mineral. UNU. Repositorio. Pp. 1-175.  
<http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Pérez-Barraza, M., Vázquez-Valdivia, V., Osuna-García, J., Urías-López, M.** 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. Revista Chapingo. Serie horticultura, 15(2), 183-188.
- Pérez-Barraza, M.H., Osuna-Enciso, T., Gutiérrez-Espinosa, M.A., Santiago-Cruz, M.d.J., Avitia-García, E., Cano-Medrano, R.** 2015. Thidiazuron y ácido giberélico en amarre y tamaño de frutos de mango 'ataulfo' polinizados y partenocárpicos. Interciencia, 40(10).
- Pérez-Madrid, G., & Almaguer-Vargas, G, & Maldonado-Torres, R, & Avitia-García, E, & Castillo-González, AM** (2005). Anillado y ácido giberélico en la producción, calidad del fruto y nivel nutrimental en mandarina 'Mónica'. Terra Latinoamericana, 23(2) ,225-232. [Fecha de Consulta 1 de diciembre de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57323209>
- Pérez-Pérez, Gildardo.** 2013. Manejo y producción del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en México. [Tesis de Grado]. [Saltillo Coahuila, México]: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 64 p.
- Prudencio, Á.S., Werner, O., Martínez-García, P. J., Dicenta, F., Ros, R. M., Martínez-Gómez, P.** (2018). DNA methylation analysis of dormancy release in almond (*Prunus dulcis*) Flower buds using epi-genotyping by sequencing. Int. J. Mol. Sci. 19 (11), 3542 1–18. Doi: 10.3390/ijms19113542
- Rademacher, W.** 2014. Prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl: similarities in structure but differences in biological action. Acta Hort. 1042:33-42.
- Rademacher, W.** 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. Journal of plant growth regulation, 34(4), 845-872.

- Rademacher, W.; Spinelli, F. and Costa, G.** 2006. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. *Acta Hort.* 727:97-106.
- Ramírez, H.; Alonso, S. and Benavides, A.** 2006. Prohexadione-Ca modifies growth and endogenous hormones in the shoot apex in apple trees. *Acta Hort.* 727:117-123.
- Ramírez, H.; Amado-Ramírez, C.; Benavides-Mendoza, A.; Robledo-Torres, V. y Martínez-Osorio, A.** (2010<sup>a</sup>). Prohexadione-Ca, AG3, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en Chile. *Mirador. Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(2):83-89.
- Ramírez, H.; Sánchez-Canseco, J. C.; Ramírez-Pérez, L. J. and Benavides, A.** 2014. Significance of hormones on flower bud initiation and fruit quality in apple: our expertise. *Acta Hort.* 1042:73-78.
- Retes-López R, Palafox ARN, Medina SM, Ballesteros FGD, Rivera MM.** 2014. Análisis de rentabilidad del cultivo de nogal pecanero en la costa de Hermosillo. *Revista Mexicana de Agronegocios*; 18(34):872-882.
- S. I. A. P.** (2018). Atlas Agroalimentario del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, DF  
[https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018)
- Santamaría César, J., & Medina Morales, M.,** (2005). Salinidad de suelo y agua, producción de nuez y áreas de riesgo en la com. *Lag.* ISSN 1665-8892, Vol. 5, N<sup>o</sup>. 3, 2005, págs. 105-112  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2307291>
- Santos. A. Samudio. A.** 2020. Evaluación del efecto de la inoculación de *Bacillus subtilis* en el pH, aluminio intercambiable y disponibilidad de fósforo en un ultisol. *REVISTA Investigaciones agropecuarias.* VOL. 2. Núm. 2.  
[reinaldo.dearmas@up.ac.pa.http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/2221320002/index.html](http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/2221320002/index.html)
- Sauter, J. J. and Witt, W.** 1997. Structure and functions of rays: storage, mobilisation, transport. In: *trees - contribution to modern tree physiology.* Edité

par Eschrich W, Ziegler H. Bachuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 177-195 pp.

**SIAP-SAGARPA** (2018). Demandas del sector de investigación en materia agrícola, pecuaria y de recursos filogenéticos cervantes

**Sparks, D.** (1969). Some characteristics of shoot growth of pecan trees and their implications to yield. P. 69 en Brison, F. R. y B. Storey. (Eds). 45<sup>o</sup> Annual Convention. Proc. The Southeastern Pecan Grow.Assoc. Alabama.

**Sparks, D.** (1975). Alternate fruit bearing-A review). Pecan South 2(2):44-65.

**Sparks, D.** (1993). Manejo de huertas de nuez pecanera en climas cálidos con énfasis en la germinación prematura y apertura del ruzno. Memorias. XII Conf. Int. Sobre el cultivo del nogal. Guaymas Son.

**Sparks, D.** (1994). Efectos nutricionales de la producción alternancia y calidad de la nuez. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. San Car' -) s, Sonora.

**Sparks, D.** (2005). Adaptability of pecan as a species. HortScience, 40(5), 1175-1189.

**Sparks, D.** 1994. Efectos nutricionales de la producción alternaca y calidad de la nuez. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. San Car' -) s, Sonora.

**Sparks, D., G.D. Madden.** (1992). Pistillate and fuit abortition in pecan as a fuction of cultivar, time, and pollinitation. J. Amer. Soc. Hort 110:2019-223.

**Stein, L. A; GR. Mc Eachern and J.B. Storey.** (1989). summer and fall moisture stress and irrigation scheduling influence pecan growth and production. HortScience 24(4):607-611.

**Tarango. R. SH.** 2012. Manejo del nogal pecanero con base en su fenologia. Instituto nacional de investigadores forestales, agricola y pecuaria. CI-Delicias, Chihuahua, Mexico. Folleto Técnico no. 24. 3era ed. Pp. 5-32.

**Tarango-Rivero, SH, Alarcón-Herrera, MT, Orrantia-Borunda, E.** (2018). Crecimiento, rendimiento, metales pesados y microorganismos en suelo y frutos de nogal pecanero fertilizados con biosólidos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(6) ,799-811. [Fecha de Consulta 26 de septiembre de

2020]. ISSN: 2007-0934. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263121473001>

**Torres-Moya, E, & Ariza-Suárez, D, & Baena-Aristizabal, CD., & Cortés-Gómez, S, & Becerra-Mutis, L, & Riaño-Hernández, CA.** (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (Avena sativa). *Pastos y Forrajes*, 39(2) ,102-110. [Fecha de Consulta 17 de diciembre de 2020]. ISSN: 0864-0394. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2691/269146602004>

**US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, N. D. L.** (2016). National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Retrieved November 16, 2016, from <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>

**Uscola, M.** (2014). Eco FISIOLÓGÍA del nitrógeno en plantas mediterráneas: estrategias de absorción de distintas formas químicas de nitrógeno, respuesta funcional y utilización de las reservas para el crecimiento. *Ecosistemas*, 23(2) ,137-142. [Fecha de Consulta 29 de septiembre de 2020]. ISSN: 1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=540/54031601018>

**Valenzuela-Núñez, L. M., Maillard, P., González-Barrios, J. L., & González-Cervantes, G.** (2014). Carbohydrate balance in different plant compartments of oak (*Quercus petraea*) and beech (*Fagus sylvatica*) subjected to defoliation and shade. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 13(1), 33-38. Doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2012.06.027>

**Wolstenholme, B.N.** (1990). Development of the pecan nut-some implications for orchard management. *Citrus growers and Subtr. Fruit J.* (Nov.) 7-10.

**Wood BW.** (2002). Late Nitrogen fertilization in pecan orchards. A review. *Proceedings 36 Th. Western pecan Conference.* P 47-59.

**Wood, B.** (1994). Sunlight management. *Proc. 38thWesternPecan Conference.* Proc. Western Pecan Grow. Assoc. Las Cruces, NM. p. 98-107.

**Wood, B.** (1996). Sunlight management. *Proc. 38thWesternPecan Conference.* Proc. Western Pecan Grow. Assoc. Las Cruces, NM. p. 98-107.

- Wood, B. W., Grauke, L. J., & Payne, J. A.** (1998). Provenance Variation in Pecan. Journal of the American Society for Horticultural Science. Retrieved from <http://journal.ashspublications.org/content/123/6/1023.abstract>
- Wood, B.W.** 2011. Influence of plant bioregulators on pecan flowering and implications for regulation of pistillate flower initiation. HortScience, 46(6), 870-877.
- Zamudio-González, B., & Vázquez A., A., & Alcántar González, G., & Etchevers Barra, J. D., & Tadeo Robledo, M.** (2011). Movimiento vertical de fósforo en suelos arenosos con fertirriego y uso de mejoradores. Terra Latinoamericana, 29(3), 249-258. [Fecha de Consulta 28 de Mayo de 2021]. ISSN. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321283003>