

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE NÍQUEL SOBRE LA CORRECCIÓN DE OREJA DE
RATÓN EN NOGAL PECANERO CV. SQUIRREL DELIGHT.**

POR

JAVIER RIOS GARCIA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO DEL 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE NÍQUEL SOBRE LA CORRECCIÓN DE
OREJA DE RATÓN EN NOGAL PECANERO CV. SQUIRREL DELIGHT.

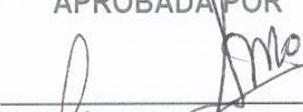
TESIS DEL C. JAVIER RIOS GARCIA QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN
DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

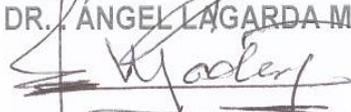
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA
APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL



DR. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

ASESOR



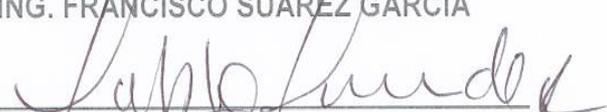
DR. EDUARDO MADERO TAMARGO

ASESOR



ING. FRANCISCO SUÁREZ GARCÍA

ASESOR

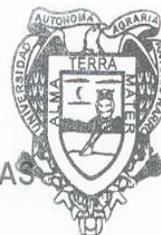


DR. PABLO PRECIADO RANGEL



MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO DEL 2011.

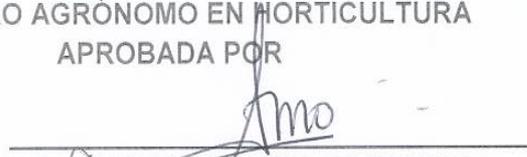
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS QUE PRESENTA EL C. JAVIER RIOS GARCIA QUE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA
APROBADA POR

PRESIDENTE:


DR. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

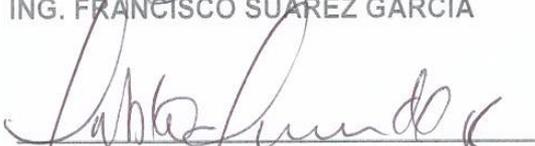
VOCAL:

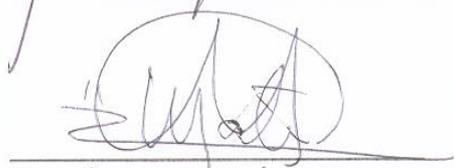

DR. EDUARDO MADERO TAMARGO

VOCAL:


ING. FRANCISCO SUÁREZ GARCÍA

VOCAL SUPLENTE:


DR. PABLO PRECIADO RANGEL


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO DEL 2011.

AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA TERRA MATER, por darme la oportunidad de realizarme como profesionista.

GRACIAS

A MIS PADRES, Rosalío Ríos Sebastián y Elvira García Gutiérrez por que sin ellos no lo hubiera logrado gracias por todo los quiero mucho.

Al Ph. Dr. Ángel Lagarda Murrieta, el apoyo incondicional, atención, dedicación, tiempo, apoyo y valiosa amistad durante la realización de este trabajo de investigación.

Al Ing. Héctor FernizaLópez por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación

Al Ph Dr. Pedro Cano Ríos, por su apoyo incondicional brindarme su amistad a lo largo de la carrera.

AL EJIDO EL CUIJE por haberme permitido realizar con ellos mis prácticas profesionales

AL SR. MANUEL SALAZAR Y FAMILIA por su gran amistad y sus conocimientos brindados hacia mí

AL COACH NICHU, COACH TULE, COACH BETO Y COACH BELLO, por brindarme su gran amistad, conocimiento y confianza durante mi estancia en el equipo de foot ball americano

SEÑOR:

Danos la fuerza para jugar este encuentro
Y mientras lo hacemos
Te rogamos no nos dejes de mirar
Para que nunca digamos o hagamos
Algo que te pueda ofender
Bienaventurados son tus hijos que juegan
Con alegría y sin ira Porque ellos son
Los que se están haciendo hombres...
Buitres Laguna

DEDICATORIAS

A DIOS; por haberme dado la oportunidad de concluir una nueva etapa en mi vida y darme la dicha, fuerza, voluntad para resolver los problemas.

A MIS PADRES; Rosalío Ríos Sebastián y Elvira García Gutiérrez por haberme traído al mundo, por todos sus cuidados, Por cada una de sus enseñanzas para vencer los obstáculos de la vida. Y en especial por el esfuerzo que hicieron para ahora verme como un hombre realizado en uno de mis muchos proyectos. Los Amo!

A MIS ABUELAS; Ignacia Gutiérrez Rodríguez †, Ma. De Jesús Sebastián Peña †. Gracias por sus bendiciones y se que donde quiera que se encuentren me bendicen.

A MIS TÍAS; Elena, Esperanza, Margarita y Martha por su comprensión y por esos ánimos que me brindaron.

A FLOR M. COVARRUBIAS M. por el apoyo y amor incondicional que me brindaste gracias por estar a mi lado

A MIS AMIGOS: JAVIER GONZÁLEZ S. (CHEVY) Y JUAN MANUEL LÓPEZ G. (GORDO) por los momentos tan especiales que vivimos juntos llegue sin conocer a nadie y me llevo en el corazón su gran amistad

INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	i
Dedicatorias	ii
Índice de contenido	iii
Índice de cuadros y figuras	vi
Resumen	vii
I.-Introducción	1
1.1.-Objetivos	4
1.2.-Hipótesis	4
1.3.-Metas	4
II.-Revisión de literatura	5
2.1 origen	5
2.2 Principales estados productores de nuez en México	5
2.3 Aspectos Generales del Nogal Pecanero	6
2.3.1 Descripción Botánica	6
2.3.2 Árbol	6
2.3.3 Raíz	7
2.3.4 Tronco y Ramas	7
2.3.5 Hojas	7
2.3.6 Flores	8
2.3.7 Frutos	8
2.4 Fenología	9
2.4.1 Brotación	9
2.4.2 Floración y Polinización	9
2.4.3 Variedades	10
2.4.4 Desarrollo del Fruto	10

2.4.5 Madurez del fruto	11
2.4.6 Caída del fruto	11
2.5 Importancia del cultivo	11
2.6 Aspecto natural del nogal	12
2.7 Requerimientos Edáficos, Hídricos y Climáticos	12
2.7.1 suelo	12
2.7.2 Temperatura	13
2.7.3 Hídrico	13
2.7.4 Luz	14
2.8 Plagas del nogal	14
2.9 Nutrición Vegetal	14
2.9.1 Elementos esenciales	15
2.10 Fertilización Foliar	18
2.10.1 Importancia Práctica de la Fertilización Foliar	18
2.10.2 Ventajas de la Fertilización Foliar	19
2.10.3 Limitaciones de la Fertilización Foliar	20
2.11 Fertilización de nogales	21
2.11.1 Zinc	22
2.11.2 Manganeso	23
2.11.3 Cobre	23
2.11.4 Níquel	24
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera	29
3.2 Localización geográfica del área experimental	29
3.3 Características climáticas	29
3.4 Variedad evaluada	30
3.5 Diseño experimental	30

3.5.1 Análisis estadístico	30
3.6 Variables evaluadas	30
3.6.1 Área seccional del tronco	30
3.6.2 Numero de racimos por árbol	30
3.6.3 Numero de frutos por racimos	31
3.6.4 Área foliar	31
3.6.5 Porcentaje de copa con daño por oreja de ratón	31
3.6.6 Material utilizado	31
3.7 Método de Aplicación	31
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
V.- CONCLUSIÓN	41
VI.- BIBLIOGRAFÍA	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.2 Principales estados productores de nuez en México	Pág. 6
Cuadro 2.9.1 Concentraciones de los elementos esenciales considerada aceptable para la mayoría de las plantas	15

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 7.1 Comparación en el estado del daño en los años 09 y 10 en el efecto de la corrección del la oreja de ratón con aplicación de sulfato de níquel....28	28
Figura 7.2 Diferencia de tamaño entre hoja con síntoma y hoja sana	29
Figura 7.3 Diferencia de superficie en cm ² de hojas con síntoma definido, hojas con síntoma corregido y hojas sanas	29
Figura 7.4 Diferencia entre superficie de hojas con respecto al % de año en la copa	30
Figura 7.5 Diferencia entre superficie foliar con hojas de síntoma bien definido hojas, síntoma corregido y hojas normales	30
Figura 7.6 Diferencia de crecimiento del tronco don respecto al año 2009 y 2010	31
Figura 7.7 Crecimiento del área seccional de l tronco con aplicación del sulfato de níquel	32
Figura 7.8 Relación producción de frutos con superficie de copa con daño	33
Figura 7.9 Relación numero de racimos con respecto a la superficie de de copa con daño	33
Figura 7.10 Relación de promedio de frutos por racimo en el año 2010	34
Figura 7.11 Daño potencial por oreja de ratón en producción de frutos	34

Resumen:

En la Comarca Lagunera se cultiva el nogal pacanero (*Carya illinoensis Koch.*) Para producción de nuez que se consume en el mercado nacional e internacional la región se caracteriza por su clima cálido y sus suelos presentan condiciones de alcalinidad en el que limitan la nutrición adecuada de las plantas. Ya que algunos micronutrientes como el Zinc (Zn), Fierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Níquel (Ni) ven afectados su absorción.

La variedad Squirrel Delight es la más susceptible a presentar el síntoma de oreja de ratón que es una anomalía de crecimiento resultante por la deficiencia de níquel. Caracterizada en las puntas de los folíolos redondeadas y un tamaño significativamente mas pequeño que en hojas sanas.

La fertilización foliar del sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 - 6\text{H}_2\text{O}$) al comienzo de la brotación corrige de este problema.

Se observo la corrección del síntoma de oreja de ratón mediante la aplicación de sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 - 6\text{H}_2\text{O}$).

Palabras clave: Nogal Pecanero, Oreja De Ratón, Deficiencia.

I.- INTRODUCCIÓN

México y Estados Unidos son los dos principales productores de nuez en el mundo los cuales alcanzan un 98.2% de la producción mundial. Australia, Israel y Sudáfrica producen el restante 1.8%. En México las primeras plantaciones comerciales se establecieron en Nuevo León en el año de 1904 y ya para el año 2000 se tenían plantadas más de 60 mil hectáreas a nivel nacional (Comenuz, 2009).

La nuez pecanera tiene sus orígenes en la prehistoria, se han encontrado rastros fósiles en Texas y en el Norte de México indicando su existencia desde antes que los americanos nativos vivieran ahí. El descubrimiento de restos fósiles junto con millones de árboles nativos de nuez pecanera han sido encontrados a lo largo de la mayoría de los arroyos y causes de ríos en estas regiones (Sur de EUA y Norte de México) indican que el origen de la Nuez Pecanera es en dichas áreas (Morales y Cano, 2002).

El nogal pecanero (*Carya illinoensis Koch.*) es originario de la región sureste de los Estados Unidos y la región noreste de México. La explotación e industria Nogalera se inició con árboles Criollos hace aproximadamente 400 años. Los árboles más antiguos se localizan cerca de los ríos o arroyos al suroeste del Estado de Chihuahua en Valle de Allende (Comenuz, 2009).

Existen datos históricos que hacen referencia a la existencia del Nogal y sus Pecaneras en las regiones del Norte de México y Sur de los Estados Unidos en los cuales destacan los de Hernán Cortes hacia 1519 donde relata que encuentra árboles de nuez nativa en los lugares que ha visitado y por los cuales el anduvo.

En lo que se refiere a México, las primeras plantaciones se registran en el Edo. De Nuevo León en 1904 ya como una forma de cultivo controlado.

Existen datos históricos que hacen referencia a las existencia del nogal y sus nueces en las regiones del Norte de México y sur de los Estados

Unidos en los cuales destacan los de Hernán Cortez hacia 1519 donde relata que en lo que se refiere a México las primeras plantaciones se registran en el Edo Nuevo León en 1904 ya como una forma de cultivo controlado

En la Región Comarca lagunera la importancia dentro de la producción de este fruto se remonta a partir del año 1948, cuando se establecieron las primeras plantaciones. Las variedades introducidas fueron Western, Wichita, Burkett, San Saba improved, Stuart, Barton, Mahan, predominando la Western y la Wichita (Morales y Cano, 2002).

El Nogal de la nuez pecanera crece comúnmente en suelos arcillo-arenosos bien drenados no sujetos a inundaciones prolongadas. Sin embargo, aparece en suelos de textura pesada, donde se limita a suelos aluviales de origen reciente. Rara vez crece en suelos planos mal drenados. En su área de origen crece en clima húmedo; con precipitaciones medias anuales de 760 mm y un máximo de 2,010 mm. Las temperaturas promedio en el verano que oscilen entre los 27° C, con extremas de 41 a 46° C, las temperaturas promedio en invierno adecuadas son entre 10 y -1°C, con extremas de -18 a 29° C (Comenzuez, 2010).

La mayoría de la regiones donde se localizan las áreas productoras de nuez productoras en México y Estados Unidos presentan condiciones de alcalinidad en el suelo; estas limitan la nutrición adecuada de las plantas y ya que algunos micronutrientes como el Zinc, Hierro y manganeso se ven afectados en su asimilación por estas condiciones (Storey, 1975; Wood, 1978).

La oreja de ratón actúa como una limitante en la producción de nuez pecanera y en casos drásticos pudiera ocasionar la muerte del árbol. Fue reportado por primera vez en 1918, oreja de ratón se atribuyó inicialmente a la lesión frío de primavera y más tarde pensaba que era el resultado de un agente patógeno viral. En varias ocasiones, el problema es también considerado una deficiencia de manganeso o una deficiencia de cobre. Sólo recientemente, el descubrimiento fue hecho esa oreja de ratón es un síntoma de que el resultado de una deficiencia severa de níquel. El trastorno se produce con mayor frecuencia en los árboles

recién trasplantados en huertos establecidos, pero también puede ocurrir en sitios donde pacanas no previamente ha crecido.(malvolta y Moraes, 2002)encuentra árboles de nuez nativa en los lugares que ha visitado y por los cuales el anduvo (Infoagro, 2009).

La oreja de ratón en el nogal pecanero es una anomalía de crecimiento resultante de una deficiencia de níquel en el árbol, El síntoma más común de oreja de ratón es una punta de foliolo redondeada. Hojas afectadas y foliolos a menudo son más pequeños en tamaño que las hojas sanas. Las puntas redondeadas del foliolo es el resultado de la acumulación de urea al punto de toxicidad en el tejido de la hoja. El níquel es requerido por la enzima ureasa en plantas para la conversión eficaz de urea en amoníaco. Resultado de ello, la insuficiencia del níquel en la planta puede provocar toxicidad de la urea (Wood et al., 2006)

La aplicación foliar de sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 - 6\text{H}_2\text{O}$) en el otoño transporta el Ni a los tejidos de los tallos y brotes en dormancia en cantidad suficiente para su crecimiento normal. En la primavera las hojas de la plantas tratadas son normales en forma y tamaño y presentan una concentración de Ni de 7mg kg^{-1} los huertos que presentan severa deficiencia tiene contenidos de .4 a 1.4 kg ha^{-1} de Ni (Wood et al., 2006)

Se selecciono la variedad Squirrel Delight por que es la que presenta la mayor sintomatología de deficiencia de níquel (oreja de ratón) (Comunicación Personal Largada y Ferniza 2009).

1.1.- OBJETIVO

Corregir la oreja de ratón mediante la aplicación de Sulfato de Níquel (Ni) con una dosis de 1 kg/ha de sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 - 6\text{H}_2\text{O}$) en arboles de 60 años de edad.

1.2.- HIPÓTESIS

H0: El síntoma de oreja de ratón en nogal pecanero cv. Squirrel Delight es corregida con aplicaciones de níquel durante la brotación.

H1: El síntoma de oreja de ratón en nogal pecanero cv. Squirrel Delight no es corregida por con la aplicación de níquel.

1.3.- METAS

Reducir en un 10 % la presencia de la oreja de ratón en arboles de nogal pecanero cv. Squirrel Delight de 60 años de edad

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

El nogal pecanero (*Carya illinoensis Koch.*) es originario de la región sureste de los Estados Unidos y la región noreste de México. La explotación e industria Nogalera se inició con árboles Criollos hace aproximadamente 400 años (Comenuz,2010).

Los árboles más antiguos se localizan cerca de los ríos o arroyos al suroeste del Estado de Chihuahua en Valle de Allende. (Comenuz, 2010)

Existen datos históricos que hacen referencia a la existencia del Nogal y sus nueces en las regiones del Norte de México y Sur de los Estados Unidos en los cuales destacan los de Hernán Cortes hacia 1519 donde relata que encuentra árboles de nuez nativa en los lugares que ha visitado y por los cuales el anduvo. (Comenuz 2010).

En lo que se refiere a México, las primeras plantaciones se registran en el Edo. De Nuevo León en 1904 ya como una forma de cultivo controlado. (Comenuz 2010).

2.2 Principales estados productores de nuez en México

Como se puede apreciar en el cuadro 2.2 Chihuahua, Coahuila, y Sonora son los estados que tienen mayor superficie plantada, la cual va en aumento. En los años en lo que la producción más, se llega a obtener un rendimiento promedio de 2 toneladas/ha (Anónimo 2007).

Cuadro 2.2 Principales estados productores de nuez en México

Estado	Superficie plantado (ha)2006	Producción obtenida(ton) 2006	Superficie plantada ha (2007)
Chihuahua	44,656	44,012	47,103
Coahuila	12,001	11,123	12,054
Sonora	5,637	4,780	6,335
Nuevo León	4,207	1,257	4,099
Durango	4,026	2,068	3,791

Fuente Anónimo 2007

El nogal también se cultiva en menor medida en los estados de Jalisco, Querétaro e Hidalgo. Algunos estados tienen superficie plantada pero aun están en desarrollo. La superficie del cultivo va en aumento en respuesta a la demanda que se tiene a nivel internacional de este producto. (Anónimo 2010)

2.3 Aspectos Generales del Nogal Pecanero

2.3.1 Descripción Botánica

El nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Koch) pertenece a la familia de las Juglandáceas al genero *Carya* y a la especie *illinoensis*. El nombre común del fruto es nuez pecanera, pecan, nuez cascara de papel (Frusso, 2007)

2.3.2 Árbol

Árbol caducifolio, de gran tamaño, puede alcanzar 60 m de altura y llega a una edad superior a 100 años llegando a producir más de 100 Kg de nueces por planta (Frusso2007).

2.3.3 Raíz

Las raíces del nogal pecanero son pivotantes, fuertes y fibrosas, en su parte superior, carece de los pelos radicales o absorbentes, raíces alimentadoras tiernas y frágiles, que dependen obligadamente de los hongos micorrízicos para su óptimo funcionamiento. (Rivero *et al.*, 2004)

Las raíces se extienden en su radio que se ensancha horizontalmente hasta abarcar un área semejante o mayor a la alcanzada por el follaje, pudiendo llegar a desarrollarse a una profundidad de 3.6 a 5.4 m al momento de la madurez del árbol, cuando estas se encuentran en agua estancada detienen su desarrollo (Camargo, 2001).

2.3.4 Tronco y Ramas

Tronco con corteza marrón, tintada de rojo, irregularmente agrietada, desprendiéndose en escamas.

Existen nogales con troncos de más de 3m de diámetro, estos por lo general son nativos o silvestres, se elevan retos y sus ramificaciones comienzan a los 10 m de altura. Estas características diferencian árboles criollos a los injertados, ya que generalmente su tronco es más corto y sus ramificaciones empiezan desde abajo. Un nogal adulto con alimentación equilibrada deberán tener un crecimiento anual de 10 a 35cm de longitud de sus ramas y aumento en el diámetro de tronco no menor de 2.5 cm al año (Camargo, 2001).

2.3.5 Hojas

Hojas compuestas, sin estípulas, folíolos lanceoladas u oblongo-lanceolados, asimétricos, algo falcados, margen aserrado. Los 11-17 folíolos son lanceolados u oblongos, sentados a excepción del folíolo terminal (imparipinnados), presenta el margen doblemente aserrado (Infojardin2010).

Son compuestas, dispuestas en forma alternada, imparipinada, teniendo de 11 a 17 foliolos de forma oblongo lanceolada, glabros y de borde aserrado (Frusso, 2007).

Las hojas del nogal criollo comparado con los injertados, es una característica es para poder identificarlo antes de los primeros 5 a 6 años de edad. Las hojas de los nogales criollos tienen vellosidades y son de color verde ligeramente grisáceos, las de nogal injertado son “glabras”, es decir, carecen de bello, su color es verde es más brillante y el aserrado del margen es más notable. Las hojas contribuyen directamente en el desarrollo de las nueces y proveen de reservas alimenticias que son almacenados en los tallos y raíces, las cuales servirán para el crecimiento del árbol y desarrollo de las nueces del año siguiente (Camargo, 2001).

2.3.6 Flores

El nogal es una planta monoica, lo cual significa que tiene flores femeninas y masculinas en el mismo árbol (Camargo, 2001),

Flores masculinas en inflorescencias colgantes, amentos de color verde amarillento que salen de las axilas de hojas del año anterior. Presentan una sola envuelta, con 4-6 lóbulos y de 3-4 estambres libres (Infojardin 2010).

Flores femeninas en espigas con pubescencia amarilla. Pistilo formado por 2 hojas carpelares soldadas (Infojardin 2010).

Las flores femeninas: están compuestas por flores sésiles en número que oscila entre 3 y 10. El estigma es de una carácter que sirve para identificar los cultivares debido a que presentan una forma y coloración característica (Frusso, 2007).

2.3.7 Frutos:

Es una drupa de forma oblonga y elipsoide teniendo de 3 a 7 cm de largo constituida por un embrión (parte comestible), un endocarpio liso y delgado

(cascara de la nuez) y un epicarpio y mesocarpio los cuales se abren a la madurez formando 4 valvas longitudinales (ruezno) (Frusso, 2007).

Los frutos (nueces) se desarrollan en racimos de las flores femeninas, por lo general de 3 a 9, pero cuando el árbol es viejo solo produce una por racimo (Camargo, 2001).

2.4 Fenología

Las diferentes etapas de desarrollo del nogal en producción como es la brotación, desarrollo de brotes, de floración, desarrollo y maduración del fruto. Son importantes considerarlas para adecuar las prácticas de manejo a esos periodos (Arreola y Lagarda, 1994).

2.4.1 Brotación

Las condiciones climatológicas durante el año influyen la brotación del nogal, sin embargo esto ocurre durante la segunda semana de marzo. El porcentaje de yemas que brota es alto. No obstante una gran cantidad de brotes mueren durante el desarrollo de las flores masculinas o femeninas, por lo cual el porcentaje final de brotes disminuye (Arreola y Lagarda, 1994).

2.4.2 Floración y Polinización

El nogal es una planta monoica, lo que quiere decir que tiene las flores masculinas y femeninas en el mismo árbol, pero separadas. Si la producción, viabilidad y dispersión del polen de la flor masculina no coincide con la receptividad de la flor femenina, ocurre la dicogamia, y cuando los procesos son simultáneos se denomina homógamas (Arreola y Lagarda, 1994).

Considerando que existen variedades de nogal protándricas, es necesario el establecimiento de dos variedades en una plantación con la finalidad de asegurar una polinización cruzada, si está prácticamente no se realiza se

presenta entonces la autopolinización dando como resultado nueces pequeñas de baja calidad (Arreola y Lagarda, 1994).

2.4.3 Variedades

Para las condiciones de clima seco tanto las variedades del este y del oeste de los E.U.A. se pueden recomendar para el estado de Coahuila siendo preferentes las variedades del oeste por su adaptabilidad en desarrollo y producción para este estado. Considerando a sí que el fruto de nogal es el producto de la unión de la flor macho polen y la flor hembra, es necesario que en las huertas se establezcan cuando menos 4 variedades que coincidan con la receptibilidad de la flor hembra y la liberación del polen de la flor macho (Herrera, 1993).

2.4.4 Desarrollo de fruto

El fruto se puede considerar en dos etapas.

Crecimiento de la nuez. Este periodo abarca desde el inicio del crecimiento del fruto hasta el inicio del endurecimiento de la cascara

Llenado de la nuez. Abarca desde el endurecimiento de la cascara hasta el inicio de la maduración de o apertura del ruezno.

La condición hídrica en la planta es el factor individual más importante que debe controlarse para obtenerse altas producciones y de buena calidad (Sabori *et al.*, 1988), por tanto, en el nogal durante el periodo de crecimiento de la nuez es importante que no exista deficiencia de agua y nutrimentos porque esto disminuye la producción y afecta el tamaño de la nuez (Arreola y Lagarda, 1994).

2.4.5 Madurez del fruto

Una vez que el desarrollo de la almendra se ha completado, lo cual ocurre aproximadamente en ocho semanas, la planta inicia la apertura del ruzno, indicando la maduración del fruto (Arreola y Lagarda, 1994).

2.4.6 Caída del fruto

Se observan tres etapas de caída de fruto, estas etapas son de importancia y corresponden a los periodos de fecundación, estado acuoso del fruto y endurecimiento de la cascara, la mayor parte en la caída de la nuez se presenta durante la fecundación y el estado acuoso. Sin embargo la etapa más conocida, corresponde al endurecimiento de la cascara y ocurre a principios de agosto. (Arreola y Lagarda, 1994)

2.5 Importancia del cultivo

El nogal pecanero (*Carya illinoensis Koch*). Que representa para el norte de México y algunas áreas del centro y occidente de nuestro país en especialmente en el estado de Coahuila, el cultivo mas comprometido de los frutales (Salas, 1997).

Su importancia en la Comarca Lagunera inicia a partir del año 1948, cuando se establecieron las primeras huertas de nogal. Las variedades introducidas fueron: Wuestern, Wichita, Burrket, San saba improved, Barton, Mahan, predominando Western y Wichita. Actualmente el nogal ocupa el primer lugar entre los frutales cultivados (Medina y Cano, 2002).

De todos los alimentos con que América ha contribuido a la población internacional, la nuez es la más importante y está destinada a jugar un papel muy importante en la gastronomía, siendo un recurso para resolver la falta de alimentos como fuente de energía concentrada. El fruto de nogal es de sabor agradable y rico sabor agradable y rico en su contenido de aceite según la variedad (Salas, 1997).

2.6 Aspecto natural del nogal

El nogal es un árbol que se puede utilizar para múltiples propósitos: frutal, forestal, ornamental e industrias derivadas su fruto se consume durante y todos los años y tiene un alto valor nutritivo y su madera por las características que presenta, puede ser utilizada en ebanistería y parquetes, entre otros (Madero, 2007).

2.7 Requerimientos Edáficos, Hídricos y Climáticos

2.7.1 Suelo

El suelo es un factor esencial para el desarrollo de la nuez pecanera. De acuerdo a su textura los suelos pueden ser: arenosos: son suelos de textura gruesa, muy sueltos y con baja capacidad de retención de agua. Arcillosos: son suelos de textura fina, encharcables, muy duros, compactos cuando están secos y moldeables cuando están húmedos. Esos suelos dificultan el drenaje del agua y obstaculizan el desarrollo de las raíces. Francos: son suelos de características intermedias; son los ideales para el cultivo. Prefiere los suelos profundos, permeables y sueltos, de textura media (franco-limosos; franco-arcillo-arenosos; areno-limosos) con buen drenaje de agua, rico en nutrientes y con un pH levemente ácido a neutro (6.5 a 7) (Casaubon, 2007).

Como la raíz del nogal es pivotante, la profundidad es importante porque significa la cantidad de suelo con que cuenta la planta para el desarrollo de su raíz. Suelos profundos y sueltos facilitan el desarrollo de un sistema radical importante, que le permite a la planta sustentar en el futuro altas producciones de frutos, y soportar los vientos fuertes. La permeabilidad de los suelos facilita el drenaje interno del agua. La textura media facilita además la programación de los riegos necesarios para mantener una adecuada humedad para el desarrollo del nogal (Casaubon, 2007).

2.7.2 Temperatura

Para que la nuez pecanera crezca normalmente, requiere una temperatura media en el periodo de crecimiento de alrededor de 23 °C, y un periodo libre de heladas entre 180 y 280 días. Necesita acumular además entre 250 y 550 horas de frio efectiva (debajo de 7°C). Cuando la acumulación de estas horas supera a las 500 se obtienen rendimientos mayores que cuando se acumularon solo 300 horas de frio (Casaubon, 2007).

La mayoría de las variedades se desarrollan mejor en climas desérticos y semidesértico; con un invierno definido donde no ocurran heladas antes de octubre ni después de marzo. También que este periodo de invierno se acumule de 300 a 400 unidades horas frio, para lograr una buena brotación en primavera (Niguel. 1997).

2.7.3 Hídrico

El pecan se desarrolla en un clima húmedo. El mínimo de precipitación anual que tolera se aproxima a 750 mm, mientras que el máximo se ubica en el orden de 2000 mm. Durante la estación de crecimiento deben producirse por lo menos 500 mm de precipitación. La temperatura media del verano puede alcanzar hasta 27 °C, con valores extremos entre 41 y 46 °C. La temperatura media del invierno varía entre -1y 10 °C, con extremos entre -18 y -29°C (Sierra et al. 2007).

Hay que considerar que los riegos para este cultivo deben programarse desde marzo a septiembre a si también que el nogal es un cultivo perene, de vida para varias generaciones; es prudente asegurar este recurso por tiempo indefinido recomendando 14000 m³ /año, para una hectárea de cultivo (Herrera, 1993).

2.7.4 Luz

Es muy importante que la luz solar se distribuya en forma uniforme a lo largo de la copa, esencial para el sistema productivo. 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 (Lagarda, 2002 Madero, 2007).

Con estas prácticas se consigue mayor eficiencia de utilización de luz, aumentando la tasa de fotosíntesis durante todo el periodo productivo. Y se tiene una entrada deficiente de luz las ramas bajas pueden secarse y las plantaciones dejar de ser productivas (Núñez, 2001, Madero, 2007).

2.8. Plagas del nogal

Uno de los factores limitantes de la productividad del nogal en la comarca lagunera lo constituyen las plagas. Las plagas primarias del nogal se son el gusano barrenador de la nuez (*Acrobasis nuxvorella*) y el complejo de pulgones formado por pulgón amarillo (*Monelliopsis pecanis*, pulgón amarillo de las alas con márgenes negros (*Monellia caryella*), y pulgón negro (*Melanocallis caryaefoliae*). El gusano barrenador del ruzno, (*Cydia caryana*), otras plagas de importancia secundaria son el barrenador del tronco y la madera, (*Euplatypus segnis*) y las chinches (*Brochymena spp*)(Nava y Ramírez, 2002).

2.9 Nutrición vegetal

Nutrición vegetal es el proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que le rodea las sustancias Necesarias para llevar a cabo su metabolismo y en consecuencia, crecer y desarrollarse. Una característica particular de las plantas verdes es que las sustancias requeridas para su alimentación son exclusivamente de tipo mineral o inorgánico.

Se definen como elementos nutritivos a los elementos químicos que son absolutamente esenciales (imprescindibles) para el desarrollo completo del ciclo vegetativo de la planta (Virgili 1994).

Elemento esencial es el que:

1. Su falta impide completar el ciclo vegetativo de la planta.
2. Su falta solo puede ser corregida suministrando dicho elemento y no otro.
3. Este relacionado directamente con la nutrición de la planta, por ser constituyente de alguna sustancia esencial, o por participar en funciones vitales de la planta.

2.9.1 ELEMENTOS ESENCIALES se ha demostrado por diferentes investigadores la esencialidad de los elementos químicos que se relacionan en la cuadro 2.9.1.

Cuadro 2.9.1 Concentraciones de los elementos esenciales consideradas aceptables para la mayoría de las plantas.

Elemento	Símbolo	Forma disponible	Peso atómico	Ppm	Concentración en tejido seco %
Hidrogeno	H	H ₂ O	1.01	60.000	6
Carbono	C	CO ₂	12.01	450.000	45
Oxigeno	O	O ₂ , H ₂ O	16.00	450.00	45
Nitrógeno	N	NO ³ Y NH ⁴	14.01	15.000	1.5
Potasio	K	K ⁺⁺	39.10	10.000	1.0
Calcio	Ca	Ca ⁻	40.08	5.000	0.5
Magnesio	Mg	Mg ⁺⁺	24.32	2.000	0.2
Fosforo	P	H ₂ PO ⁴ , HPO ⁴	30.98	2.000	0.2
Azufre	S	SO ⁴⁻	32.07	1.000	0.1
Cloro	Cl	Cl ⁻	36.46	100	0.01
Boro	B	BO ³ BO	10.82	20	0.002
Hierro	Fe	Fe ⁺⁺	55.85	100	0.01
Manganeso	Mn	M	54.94	50	0.005
Zinc	Zn	Zn ⁺⁺	65.38	20	0.002
Cobre	Cu	Cu ⁺⁺ Cu ⁺	63.54	6	0.0006
Molibdeno	Mo	MnO ₄	95.95	0.1	0.00001

Fuente salisbury. F.B. y C Ross 1969 plant fisiologi velmon calif.

A estos 16 elementos esenciales para todas las plantas superiores, podrían añadirse algunos otros, tales como el Sodio (Na), el Silicio (Si), el Cobalto (Co), Selenio (Se) y Níquel (Ni) que solo parecen ser esenciales para algunas especies.

MICROELEMENTOS: Hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno y boro. Son elementos que se absorben en cantidades mínimas.

ESTADOS DE LOS MICROELEMENTOS FERTILIZANTES EN LOS SUELOS

Los micro elementos se encuentran en el suelo bajo los siguientes estados:

1. Solubilizados en agua: En la solución del suelo.
2. Intercambiables: Iones enlazados por cargas eléctricas de las partículas del suelo.
3. Adsorbidos, quelatados, formando complejos: La mayor parte de los micro elementos son metales pesados, capaces de formar complejos con agentes complejantes o quelatantes de la materia orgánica del suelo.
4. Minerales secundarios de las arcillas y óxidos metálicos insolubles.
5. Minerales primarios: Componentes de la roca madre.

Los tres primeros grupos constituyen la fracción de micro elementos asimilables para las plantas. Estos tres grupos se encuentran en equilibrio, de tal forma que un cambio en la concentración de uno de ellos conlleva una variación en las concentraciones de los otros. Los micro elementos precipitados como el Fe y Mn en forma de óxidos, pueden representar cantidades notables, y constituyen una fracción que puede transformarse en asimilable.

Los micro elementos adsorbidos en la estructura cristalina de los minerales arcillosos o que son constituyentes propios de esta estructura, no son asimilables para las plantas (Virgili 1994).

Los principales factores que influyen sobre la asimilación de los microelementos son:

pH

Materia orgánica

Textura

Actividad microbiana

Condiciones climáticas

Condiciones de Redox

Interacciones entre elementos nutritivos

(Virgili 1994).

CONDICIONES DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN

Las condiciones de oxidación-reducción intervienen sobre todo en la asimilación de Fe y Mn. La pobre asimilación de Fe y Mn en un medio con propiedades oxidantes puede explicarse por la menor solubilidad de las formas trivalentes en comparación a las formas divalentes reducidas (Virgili 1994).

En los nogales, nitrógeno y zinc son los elementos que presentan mayor respuesta en crecimiento y calidad de las nueces. Hay cuatro factores importantes para asegurar el éxito de un programa de fertilización: 1) definir el tipo de nutriente y fertilizante; 2) definir la mejor época de aplicación; 3) colocar el fertilizante en el lugar adecuado; 4) utilizar la dosis que requieren las plantas para su óptimo desarrollo (Lombardini, 2006).

2.10. FERTILIZACIÓN FOLIAR

Las plantas pueden absorber todos los elementos nutritivos vía foliar. En la práctica, esto no se realiza, porque las absorciones son relativamente pequeñas y, para satisfacer los requerimientos de los macronutrientes se deberían efectuar numerosas aplicaciones, las cuales serían económicamente imposibles de realizar. Por ello, las aplicaciones de fertilizantes foliares están concebidas como un complemento de la fertilización al suelo, para aquellos cultivo de alto potencial de rendimiento y con alto valor económico, de tal modo que los beneficios obtenidos de las aplicaciones foliares no afecten la estructura de costo.

Las plantas pueden absorber los nutrientes vía foliar, por tres caminos posibles:

- ❖ a través de los estomas
- ❖ a través de los ectodesmos
- ❖ a través de la cutícula

(Ramírez, 2011).

2.10.1 Importancia Practica De La Fertilización Foliar

La aplicación foliar de nutrientes presenta una gran utilidad práctica bajo ciertas condiciones que se detallan a continuación:

a) Baja disponibilidad de nutriente en los suelos.

En suelos calcáreos, por ejemplo, la disponibilidad de hierro es muy baja y es muy común la deficiencia de este nutriente. La aplicación foliar es mucho más eficiente que la aplicación al suelo. Esto sucede también con la mayoría de los micronutrientes bajo condiciones de suelos alcalinos (Ramírez, 2011).

b) Suelo superficial seco.

En regiones semiáridas, una carencia de agua disponible en la capa superficial del suelo origina una disminución en la disponibilidad de nutrientes durante el período de crecimiento del cultivo. Aún a pesar que el agua pueda encontrarse disponible en el subsuelo, la nutrición mineral se convierte en el factor limitante del crecimiento. Bajo estas condiciones, la aplicación de nutrientes al suelo es menos efectiva que la aplicación foliar.

c) Disminución de la actividad de las raíces durante el estado reproductivo. Como resultado de una competencia por carbohidratos, la actividad de la raíz y por ende la absorción de nutrientes por las raíces disminuye tan pronto se inicia el estado reproductivo (floración y fructificación). Las aplicaciones foliares pueden compensar esta disminución de nutrientes durante esta etapa.

d) Incremento en el contenido de proteína en la semilla de cereales. En cultivos de cereales como el trigo, el contenido de proteínas de las semillas y así su calidad para ciertos propósitos (e.g. alimentación animal, panificación) puede ser rápidamente incrementada por la aplicación foliar de nitrógeno en los últimos estados de crecimiento. El nitrógeno aplicado durante estos estados es rápidamente retranslocado o remobilizado de las hojas y directamente transportado hacia el desarrollo de los granos(Ramírez, 2011).

e) Incremento del contenido de calcio en frutos. Los desórdenes ocasionados por el calcio son ampliamente conocidos en ciertas especies de plantas. Debido a su baja movilidad vía floema, las aplicaciones foliares de calcio deben realizarse varias veces durante el estado de crecimiento. Sin embargo, en frutales se han encontrado resultados positivos a las aplicaciones foliares de calcio durante la etapa de fructificación, en especial en la superficie los frutos en desarrollo

2.10.2 VENTAJAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Las ventajas de la fertilización foliar son las siguientes:

1. Permite una rápida utilización de los nutrientes, corrigiendo deficiencias en corto plazo, lo cual muchas veces no es posible mediante la fertilización al suelo.

2. Permite el aporte de nutrientes cuando existen problemas de fijación en el suelo.

3. Permite la aplicación simultánea de una solución nutritiva junto con pesticidas, economizando labores.

4. Es la mejor manera de aportar micronutrientes a los cultivos. Los macronutrientes, como se requieren en grandes cantidades, presentan la

limitación que la dosis de aplicación no pueden ser tan elevadas, por el riesgo de fitotoxicidad, además de requerir un alto número de aplicaciones determinando un costo que lo haría impracticable para la mayoría de los cultivos. En cambio, la aplicación de micronutrientes que se requiere en pequeñas cantidades, se adecua perfectamente junto con la aplicación complementaria de macronutrientes.

5. Ayuda a mantener la actividad fotosintética de las hojas.

6. Permite el aporte de nutrientes en condiciones de emergencia o stress (Ramírez, 2011).

2.10. 3 LIMITACIONES DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Las principales limitaciones de la fertilización foliar se enumeran a continuación: Riesgo de fitotoxicidad: Las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas concentradas. Para cada nutriente existen valores límites de concentración(Ramírez, 2011).

Dosis limitadas de macronutrientes: El riesgo de fitotoxicidad recientemente indicado, sumado al hecho que el requerimiento de macronutrientes, tal como su nombre lo indica, es de elevada magnitud, limita la nutrición foliar de estos elementos, quedando restringida a complementar la fertilización al suelo, ó a corregir deficiencias en casos particulares(Ramírez, 2011).

Requiere un buen desarrollo del follaje: La nutrición foliar depende de la absorción que se realiza a través del follaje. Si este tiene un desarrollo limitado, la aplicación no será eficiente. Los mejores resultados se obtienen mientras mayor sea el desarrollo del follaje (Ramírez, 2011).

Elevado costo: Para las aplicaciones foliares se requieren sales de elevada solubilidad y sin impurezas, para evitar el taponamiento de las boquillas y los riesgos de fitotoxicidad. Estos productos son de mayor valor que los fertilizantes convencionales que se aplican al suelo. Pérdidas en la aspersion: Para asegurar

una buena absorción de la solución nutritiva aplicada, se debe asegurar un buen mojamiento del follaje. Luego, se deben aplicar grandes cantidades de solución, resultando inevitable que una parte de ésta escurra por gravedad y caiga al suelo. Por esto, es conveniente evaluar la utilización de aditivos, de tal manera de minimizar estas pérdidas (Ramírez, 2011).

La eficiencia agronómica depende de muchos factores: Son numerosas las variables que participan en la eficiencia de las aplicaciones foliares, relacionadas con la planta, con el medio ambiente y con las condiciones tecnológicas de la aplicación.

2.11 Fertilización de los nogales

Los dos nutrientes más aplicados en nogales para el suelo y el follaje son Nitrógeno y Zinc. El resto de los nutrimentos se aplica en menor cantidad, y no en todas las huertas. Algunos nogaleros aplican fósforo y potasio regularmente (Smith *et al.* 1995) demostraron que el fósforo no mejora el crecimiento del brote, rendimiento y porcentaje de la almendra. Las consecuencias de fertilización con magnesio y níquel están en camino (Kilby, 1982).

ZINC varios autores en las décadas de los 70s y 80s opinan que es el principal micro nutrimento en la nutrición del nogal pecanero el cual debe ser aplicado anualmente en todas las zonas productoras (Welch 1977, Storey 1975, Brison 1976 y Kilby 1982)

Kilby (1982) menciona que de todos los nutrimentos, el zinc es el que con más frecuencia es deficiente en muchos huertos

La deficiencia da como resultado hojas pequeñas y cloróticas, además de una reducción en el crecimiento. El término "roseta" es el más

comúnmente usado para describir los síntomas de deficiencia de zinc en los nogales. En general los nogales deben de ser asperjados de cuatro a seis veces durante la etapa productiva; las aplicaciones de zinc al suelo no son efectivas. Las fuentes de zinc usadas más comúnmente son NZN y sulfato de zinc al 35% (Storey 1975; Brison, 1976; Kilby, 1982, León en 1983).

2.11.1 Zinc (Zn)

El zinc no es absorbido por las raíces del nogal en suelos alcalinos con alto contenido de calcio (como existen de manera predominante en el norte de México donde se cultiva el nogal). En estos suelos el zinc presente, forma parte de los compuestos poco solubles (Storey *et al.*, 1973). Por lo tanto el abastecimiento de zinc por vía foliar es indispensable en suelos calcáreos, teniéndose que realizar aspersiones foliares cada año (O'Barr, 1977).

Los intervalos de suficiencia reportados para Zn en nogal son: 1) Arizona de 60 a 300 ppm (Kilby y Mielke, 1982); 2) en Georgia de 50 a 100 ppm (University of Georgia, 1974); 3) en Louisiana de 50 a 150 ppm (O'Barr y McBride, 1980) y 4) en Texas de 58 a 300 ppm (Stockton, 1985). En general, se considera como nivel de deficiencia una concentración menor de 60 ppm (Storey y Anderson, 1975).

Medina y Chávez (1999) al aplicar producto químico en forma comercial de "NZN" (que contiene 15 % de N y 5 % de Zn), el cual está compuesto por "urán" y nitrato de Zn (1:1); siendo el urán una mezcla de urea, nitrato de amonio y nitrato de Zn. Encontraron que es posible abastecer de Zn al nogal, con un mínimo de dos aspersiones para el cv. 'Western' y tres para el cv. 'Wichita', aplicadas en abril, durante el período de requerimiento. Esto permite mantener en el follaje una concentración de Zn arriba de 50 a 60 ppm (que es el límite de deficiencia) (Vargas y Arreola 2008).

2.11.2 Manganeso (Mn)

El manganeso se encuentra bajo condiciones de aireación satisfactorios, principalmente precipitado como óxidos y fosfatos. De la forma que reaccione estos óxidos y fosfatos ante los cambios en el pH, potencial redox y la presencia de agentes complejantes, va a depender el movimiento y disponibilidad de manganeso para las plantas (Lindsay, 1977).

El manganeso tiene funciones de activación de numerosas relacionada con el metabolismo de los carbohidratos y reacciones de fosforilación. El Mn es absorbido por las plantas en forma de Mn^{+2} en combinación molecular con ciertos complejos orgánicos y directamente a través de las hojas; es comúnmente aplicado foliarmente para corregir la deficiencias (Tisdale y Nelson. 1970)

Los síntomas visuales de la deficiencia de Mn son clorosis intravenal y manchas negro-parduzcas en las hojas más jóvenes. Si el Mn va a ser asperjado debería ser usado en combinación con el Zn, puesto que tiene una acción depresiva sobre el Zn (Hibner, 1985).

2.11.3 Cobre (Cu)

El Cu desempeña funciones catalítica, siendo parte de varias enzimas importantes como la poli fenol oxidasa y el ácido ascórbico oxidasa. Está presente en la plastocianina de los cloroplastos, un componente importante del sistema transportador de electrones de la fotosíntesis y puede estar involucrado en la reducción de nitritos (Bidwell.1979)

Rara vez se presentan síntomas de deficiencia o toxicidad de este nutrimento en el nogal pecanero (Kilby, 1982) Los síntomas de deficiencia son caracterizados por hojas pequeñas pero sin clorosis y muerte regresiva de las

partes terminales. Las deficiencias de Cu son fácilmente corregibles con aspersiones de sulfato de cobre (Díaz, 1983).

Una deficiencia de Cu puede presentarse como “muerte regresiva” donde las hojas se marchitan y caen, la corteza llega a ser áspera y fisurada con exudación de sustancias gomosas (Bidwell, 1979).

Periodo de fertilización

El periodo de máxima demanda de nutrientes es cuando ocurre el mayor crecimiento de las plantas (abril a junio) la fertilización de post- cosecha no siempre es recomendado por que puede posponer la entrada a reposo y por que las raíces no son muy activas en otoño.

2.11.4 NIQUEL (Ni)

La oreja de ratón en el nogal es una anomalía de crecimiento resultante de una deficiencia de níquel en el árbol. Fue reportado por primera vez en 1918, la oreja de ratón se atribuyó inicialmente a lesiones por frío antes de la brotación de primavera y más tarde pensaba que era el resultado de un enfermedad causada por un virus. En varias ocasiones, el problema es también considerado una deficiencia de manganeso o una deficiencia de cobre. Sólo recientemente, el descubrimiento fue hecho esa oreja de ratón es un síntoma de que el resultado de una deficiencia severa de níquel. El trastorno se produce con mayor frecuencia en los árboles recién trasplantados en huertos establecidos, pero también puede ocurrir en huertas recién establecidas. (Nyczepir, Wood. 2006)

Otros síntomas de oreja de ratón incluyen enanismo de órganos en árboles, sistema de radicular poco desarrollado, yema en forma de roseta, retraso o pérdida de dominancia apical, necrosis del foliolo y reducción foto asimilación. Los síntomas pueden ocurrir en todo el árbol, o esporádicamente en

la copa. La oreja de ratón puede aparecer de un año a otro, o aparecer sólo en ocasiones, en los árboles. El grado de gravedad en la Copa del árbol aumenta con la altura. (Nyczepir, Wood. 2006)

Hasta hace muy poco solamente se consideraban los efectos tóxicos del Ni en la nutrición de las plantas. Existió especial interés por entender porque ciertas especies de plantas eran capaces de tolerar las altas concentraciones de Ni. (Kirby, Romhel. 2007)

La Oreja de ratón en el nogal pecanero es una anomalía de crecimiento resultante de una deficiencia de níquel en el árbol, El síntoma más común de oreja de ratón es una punta de foliolo redondeada. Hojas afectadas y foliolos a menudo son más pequeños en tamaño que las hojas sanas. Las puntas redondeadas del foliolo es el resultado de la acumulación de urea al punto de toxicidad en el tejido de la hoja. (Nyczepir Wood. 2006)

El níquel es requerido por la enzima ureasa en plantas para la conversión eficaz de urea en amoníaco. Resultado de ello, la insuficiencia del níquel en la planta puede provocar toxicidad de la urea

Se solía considerar al níquel como elemento no esencial o tóxico para las plantas, pero el trabajo conducido en el nogal pecanero y en otras plantas reveló que el níquel cumple con el criterio indirecto de esencialidad propuesto por Arnon y Scout (1939). También coincide con el criterio directo referente a la ureasa que indica que este compuesto es una metaloenzima presente en todas partes (ubícuo) que contiene níquel (Dixon *et al* 1975). Eskew . (1983,1984) y Brown (1987) colocaron al níquel en la lista de los micronutrientes (Malavolta Moraes ,2007).

Se solía considerar al Ni como elemento no esencial o tóxico para las plantas, pero el trabajo conducido en nogal y en otras plantas reveló que el Ni cumple con el criterio indirecto de esencialidad propuesto por Arnon y Scout (1939) también coincide con el criterio directo referente a la ureasa que indica que

este compuesto es una metaloenzima ubicua que contiene Ni (Dixon *et al*, 1975)

La ureasa cataliza la hidrólisis de la urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Reacción que divide la molécula de amonio (NH_3) Dióxido de carbono (CO_2) la deficiencia de Ni inhibe la acción de la ureasa y esta condición lleva a la acumulación de urea que provoca la presencia de manchas necróticas en las hojas. Además, la deficiencia de Ni perturba el metabolismo de los ureidos, aminoácidos y ácidos orgánicos se acumulan los ácidos oxálico y láctico (Bai *et.al.*2006)

Estos efectos sugieren que el Ni tiene varios roles importantes en el metabolismo de las plantas superiores. Las manchas necróticas asociadas con la deficiencia corresponden a los sitios de acumulación de urea o ácidos oxálico y láctico, lo que indica que existen cambios en el metabolismo del carbono (C), en lo particular una reducción en la respiración (Malavolta, Moraes.2007).

Se observan síntomas de toxicidad cuando se absorben niveles excesivos de Ni. Los síntomas incluyen clorosis por la reducción de absorción de hierro (Fe), poco crecimiento de la raíz y de la parte aérea, de la deformación de varias partes de la planta e inusuales manchas de las hojas (Mishra y Kar,1974)

La aplicación foliar de sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 - 6\text{H}_2\text{O}$) en el otoño transporta el Ni a los tejidos de los tallos y brotes en dormancia en cantidad suficiente para su crecimiento normal. En la primavera las hojas de la plantas tratadas son normales en forma y tamaño y presentan una concentración de Ni de 7mg kg^{-1} los huertos que presentan severa deficiencia tiene contenidos de 0.4 a 1.4 kg ha^{-1} de Ni (Wood *et al*, 2006a)

La deficiencia de níquel es responsable de la enfermedad llamada oreja de ratón que puede ser problema con viveros y en arboles jóvenes trasplantados. Puede ser corregido fácilmente con aplicaciones foliares de cloruro o sulfato de níquel (Lombardini. 2006).

Los requerimientos de Ni son del mismo orden de aquellos del Mo y Co que deben mantenerse en una concentración de 0.05mg kg^{-1} de materia seca

Respuestas al Ni, además de las mostradas en el nogal, pueden aparecer en el futuro

El Ni está presente en el suelo en varias formas: Ni en la solución del suelo, intercambiable y no intercambiables, Ni presente en minerales y asociado con la materia orgánica. En un estudio con 863 suelos de los Estados Unidos se determinó una concentración promedio de 20mg kg^{-1} y un rango de 5 a 700 mg kg^{-1} (Uren, 1992).

La deficiencia de Ni puede presentarse por bajos contenidos de formas disponibles en el suelo o puede ser inducida por varios factores como los siguientes (Wells, 2005, Wood, 2006a):

Altos contenidos de Ca, Mg, Cu o Zn que inhiben la absorción de Ni.

Reducción de la disponibilidad excesiva de la aplicación de cal, cuando el pH se sube a 6.5.

Altas dosis de fertilizantes fosfatados altos niveles de P del suelo que reducen la disponibilidad en el suelo o dentro de la misma planta.

Nematodos que dañan el sistema radical y provocan una severa deficiencia.

Una o dos aplicaciones foliares de una solución con una concentración de 10 a $100\text{ mg de Ni L}^{-1}$ (más urea y surfactante) pueden corregir la deficiencia y asegurar normal crecimiento. Las aplicaciones deben de hacerse durante la fase de primera en la expansión del follaje o poco después de la aparición de los brotes (Wood .2006) esta práctica efectiva para la oreja de ratón en pecan, puede servir de base para probar el tratamiento en otros frutales perenes de trabajo experimental. Recientemente Wood (2006) fueron capaces de

corregir la deficiencia de Ni en pecana con la aspersion de un extracto acuoso de *Alyssum murale*, un hiperacumulador (Malvolta, Moraes, 2007).

Existen varios productos para aplicaciones foliares incluyendo NiSO₄ 6H₂O y quelatos sintéticos (Malvolta, Moraes, 2007).

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica de la comarca lagunera

La región lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos $101^{\circ}40'$ y $104^{\circ} 45'$ de longitud oeste, entre los paralelos $25^{\circ}05'$ y $26^{\circ} 54'$ de latitud norte. La altitud de esta región sobre el nivel del mar es en promedio 1,139 m la región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas (CNA,2002).

3.2 Localización geográfica del área experimental

La presente investigación se llevo a cabo durante lo año de 2009 y 2010 en la Pequeña propiedad de Tierra Blanca municipio de Matamoros, Coahuila a 16 Km de la ciudad de Torreón

3.3 Características climáticas

El clima de la comarca lagunera, es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio entre 200 y 300 mm anuales en la mayor parte de la región y de 400 a 500 mm en la zona montañosa oeste con una evaporación anual de 2600 mm. Una temperatura media anual de 20°C . El área de la llanura y gran parte de la zona montañosa, presenta dos periodos bien definidos: el primer periodo consiste de siete mese de abril hasta octubre en lo que la temperatura media mensual varía de 13.6°C . Los mese mas fríos son diciembre y enero registrándose en este último, el promedio de temperatura más bajo de 5.8°C .

3.4 Variedad evaluada

En este experimento se evaluaron los arboles de la variedad Squirrel Delight esta variedad se puede observar con mayor facilidad la sintomatología de oreja de ratón la presente investigación se llevo acabo en los ciclos 2009 2010. Los arboles cuentan con una edad de 60 años con un marco de plantación de 14 x 14 con una densidad de 50 plantas con un sistema de riego de por goteo subterráneo

3.5 Análisis experimental

En la presente investigación solo se utilizo un análisis de regresión simple para definir las tendencias de las respuestas de los parámetros evaluados.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Área seccional del tronco (AST)

Se tomo con una cinta métrica el perímetro del tronco una altura de 50 cm sobre el nivel del piso utilizando la fórmula matemática ($p = \pi r$ y $A = \pi r^2$) se obtuvo el área seccional de tronco en cm^2 donde (p = perímetro del tronco r = radio del tronco y a = área del tronco)

3.6.2 Numero de racimos por árbol

Para evaluar la cosecha potencial de los arboles ya con la aplicación de Ni (corrección de oreja de ratón) se realizo el conteo de los números de racimos de cada uno de los arboles evaluados para estimar su producción en el año este se realizo antes de la maduración.

3.6.3 Numero de frutos por racimo

Para evaluar la cosecha potencial de los arboles se realizo un conteo de frutos por cada racimo y sacar el promedio de cada uno de los arboles evaluados para conocer como se comporte el rendimiento la toma de datos se realizo antes de la maduración de los frutos

3.6.4 Área foliar

Para medir el área foliar se midieron las hojas tres muestras de hojas de cada árbol 30 hojas con los síntomas de oreja de ratón 30 hojas medianas en algunas se notaba la corrección de la sintomatología y 30 hojas de tamaño normal o grandes para cual se utilizo una hoja milimétrica para sacar el área en cm^2

3.6.5 Porcentaje de copa con daño por oreja de ratón

Se realizó una estimación aproximada de % de superficie dañada con la oreja de ratón para ver si con la aplicación de Ni existe corrección de la misma en los diferentes años

3.6.6 Material utilizado:

Aerosol: para marcar los arboles	Hojas milimétricas
Libreta de datos	Escalera
Cinta métrica	

3.7 Método de aplicación

Se realizaron dos aplicaciones de Sulfato de Níquel, con la dosis total de 1kg/ha disuelto en 1000 L -250 mg de Ni L^{-1} . Se realizo en dos aplicaciones la primera se llevo a cabo la primera semana de abril y la segunda en la tercera semana que es cuando comienza la brotación. Una vez realizadas las aplicaciones se dejo que se desarrollaran hojas, frutos para tomar la muestra

VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferencia de superficie dañada en los ciclos 2009 y 2010

Como resultado se obtuvo, que el daño en comparación de los dos años en algunos árboles se presentó mejoría en cuanto al síntoma y en algunos se vio un aumento en estos casos se tiene que tomar en cuenta la deficiencia de zinc como lo mencionan Welch (1977), Storey (1975), Brison (1976) y Kilby (1982) y manganeso mencionado por Lindsay, (1977) Tisdale, Nelson. (1970) y Hibner (1985) con lo que en las siguientes Figuras se muestra la corrección directamente en hojas o superficie foliar.

En los resultados obtenidos en la observación de la corrección de oreja de ratón (ear mouse) por aplicación de sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 - 6\text{H}_2\text{O}$) en relación de 100 mg de Ni L^{-1} . En algunos se redujo hasta en un 5% en otros el daño se incrementó siendo mayor la recuperación que la conservación del daño como se puede observar en la Figura 7.1

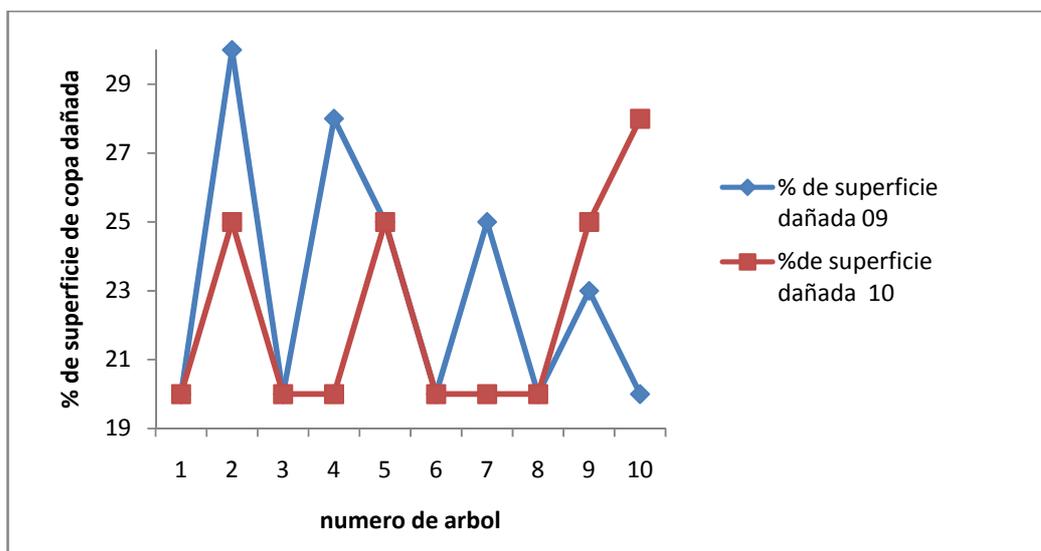


Figura 7.1 comparación en el estado del daño en los años 2009 y 2010 en el efecto de la corrección de la oreja de ratón con aplicación de sulfato de níquel

Corrección de síntoma de oreja de ratón sobre la superficie de las hojas

La corrección de la síntoma de oreja de ratón esta directamente ligada al superficie foliar Figura 7.2, en la Figura 7.3 se muestra la diferencia que existe en superficie en cm^2 de una hoja que presenta el síntoma bien definido, con aplicación de



sulfato de níquel o síntoma corregido y el de una hoja la

diferencia que existe el en superficie de una hoja sana a una con el síntoma bien definido puede llegar a ser de hasta 400% esto se ve reflejado en la producción de nuez

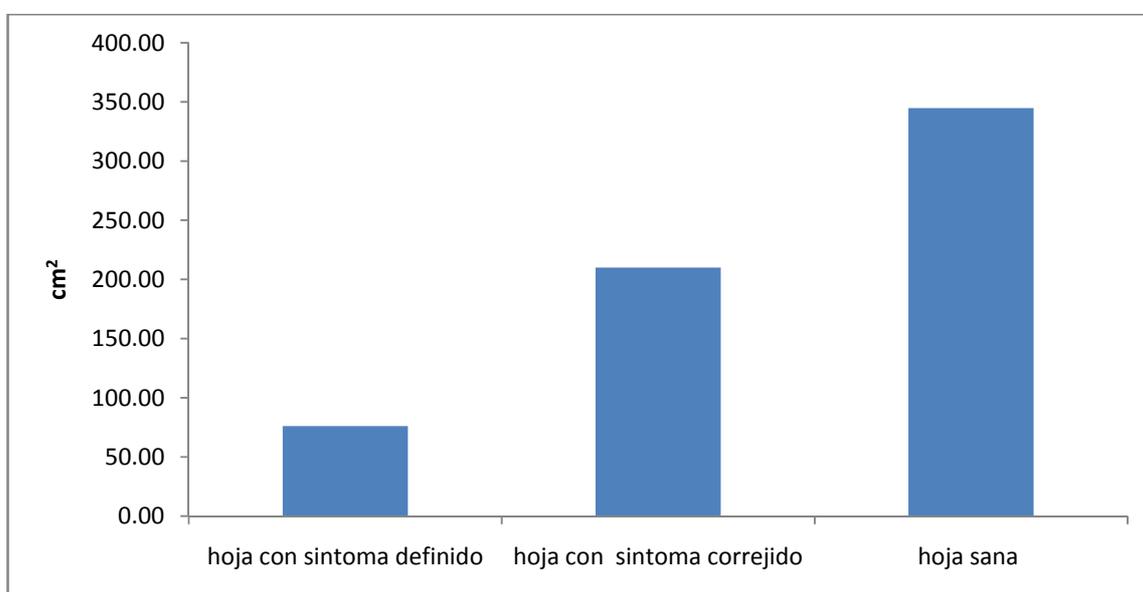


Figura 7.3 Diferencia de superficie en cm^2 de hojas con síntoma definido, hojas con síntoma corregido y hojas sanas

La diferencia que existe en entre las hojas no se ve afectada por el daño en la copa del árbol. El promedio de las diferentes muestras de hojas por cada árbol hace notar la diferencia que existe en la superficie foliar y en algunos arboles aumenta con respecto al % de copa con daño como lo muestra la Figura 7.4

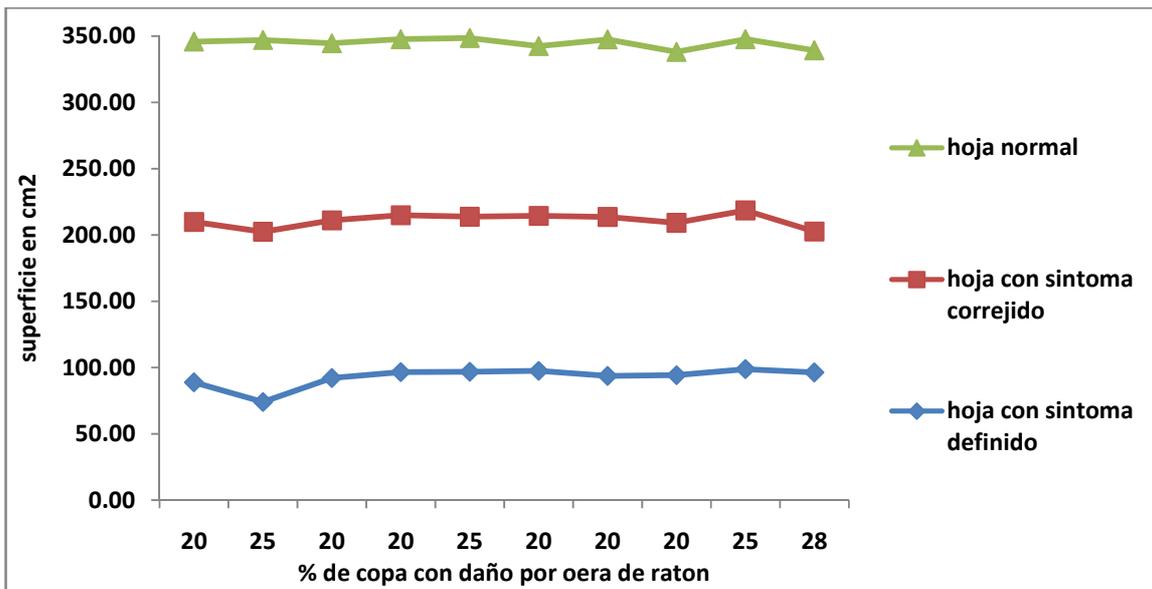


Figura 7.4 diferencia entre superficie de hojas con respecto al % de año en la copa



Figura 7.5 Diferencia entre superficie foliar con hojas de sintomabi en definido hojas, sintoma corregido y hojas normales.

Diferencia de crecimiento en el árbol

En cuanto al diámetro del árbol se ve el incremento en todos los arboles como lo estableció Camargo en el 2001 “Un nogal adulto con alimentación equilibrada deberán tener un crecimiento anual de 10 a 35cm de longitud de sus ramas y aumento en el diámetro de tronco no menor de 2.5 cm al año.” En cuanto al diámetro del tronco el crecimiento mínimo es de 3 cm, el crecimiento del diámetro del tronco cumpliendo con lo que estableció Camargo Figura 7.6.

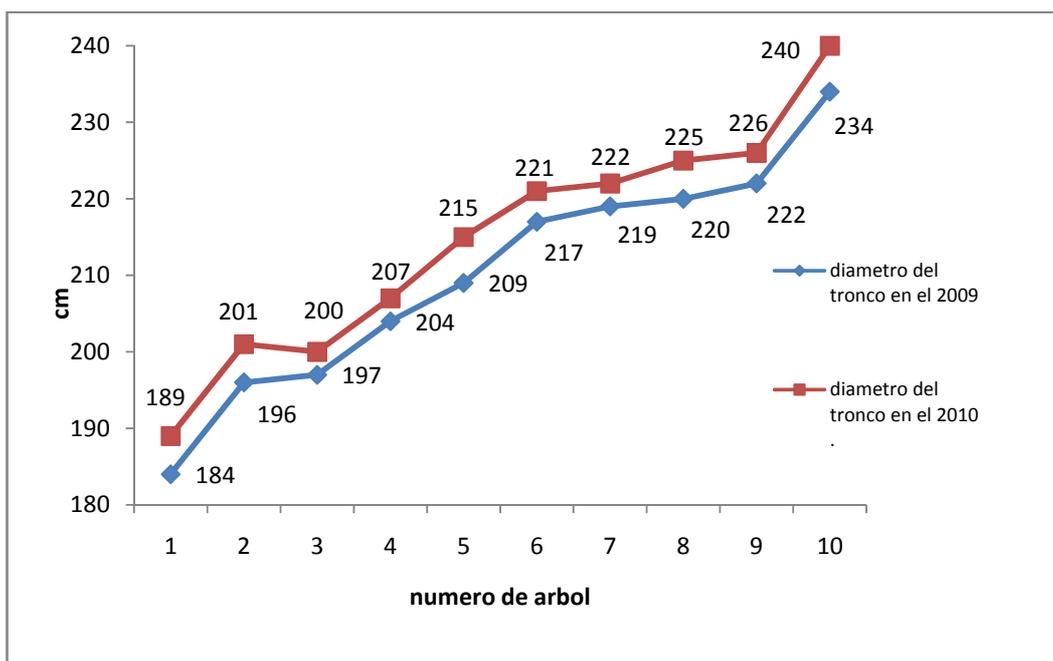


Figura 7.6 Diferencia de crecimiento del tronco don respecto al año 2009 y 2010

El crecimiento en el área seccional del tronco se ve afectado por la superficie de copa dañada a mayor superficie de copa con daño menor es el diámetro del tronco Figura 7.7 la aplicación del sulfato de níquel que corrige el síntoma de oreja de ratón esta reflejado el crecimiento de la diámetro del tronco al tener mayor superficie foliar se aumenta la capacidad de fotosíntesis del árbol esto genera mayor crecimiento y capacidad de producción.

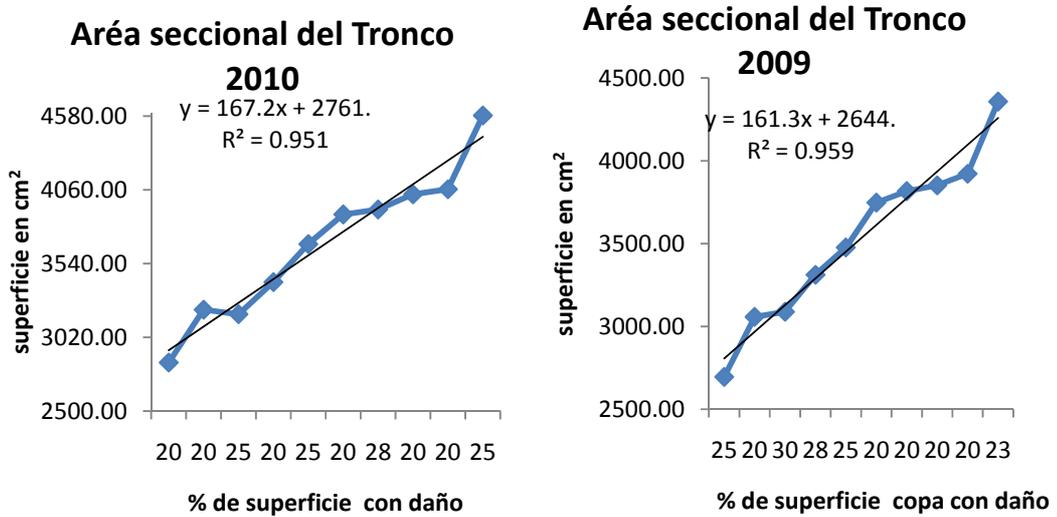


Figura 7.7 crecimiento del área seccional del tronco con aplicación del sulfato de níquel.

Los resultados en la producción en los arboles de nogal pecanero tiene varios factores por ejemplo: edad como lo menciona Camargo en el (2001) como lo menciona en este caso no ve reducida por la presencia de oreja de ratón en la superficie de la copa como lo muestra la Figura 7.8 la producción de numero de frutos por árbol no se ve afectado por la superficie de copa con daño

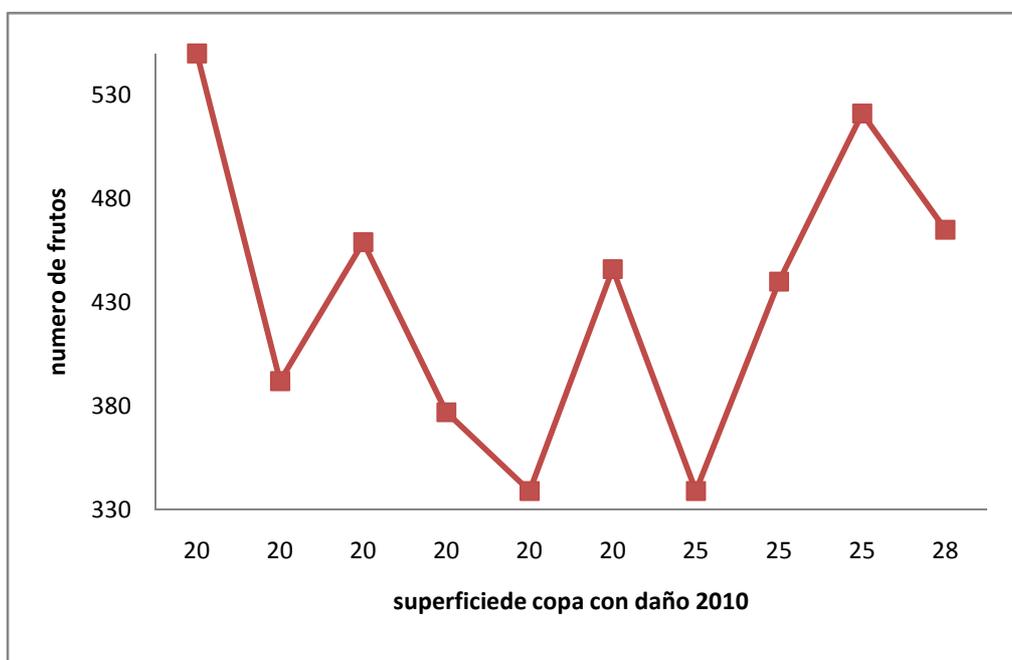


Figura 7.8 relación producción de frutos con superficie de copa con daño

El número de racimos es proporcional a la producción de nuez que no se ve afectado directamente por la presencia de oreja de ratón en la copa como lo muestra la Figura 7.9 mostrando que no existe relación entre la superficie de la copa con daño

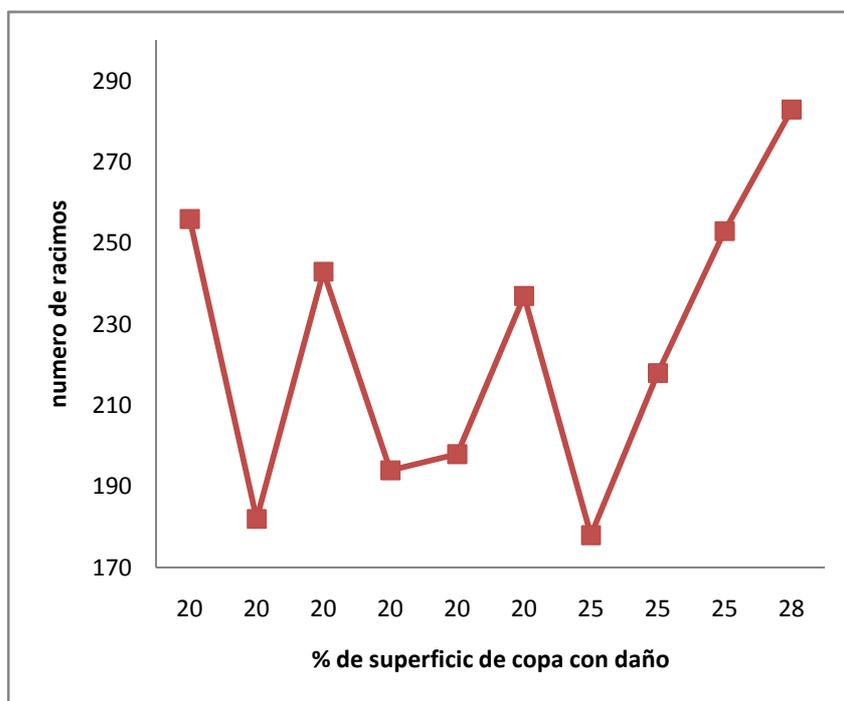


Figura 7.9 relación numero de racimos con respecto a la superficie de de copa con daño

El promedio de frutos por racimo como lo comenta Camargo (2001) Los frutos (nueces) se desarrollan en racimos de las flores femeninas, por lo general de 3 a 9, pero cuando el árbol es viejo solo produce una por racimo”.

Los resultados en este caso nos arrojan que la producción frutos por racimos en el ciclo 2010 con arboles de 60 años es mayor como lo muestra la Figura 7.10 que le promedio de los frutos por racimo en la muestra tomada des de 2.08 siendo mayor que la mencionada por Camargo (2001).

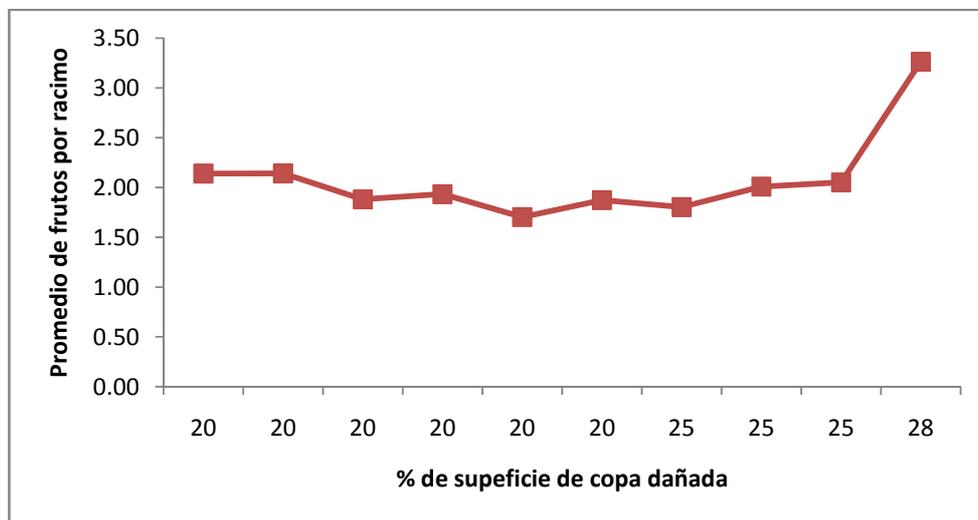


Figura 7.10 Relación de promedio de frutos por racimo en el año 2010

La producción de nuez se basa en la cantidad de superficie foliar con un promedio de 10 hojas por nuez o que en el caso de superficie 3500 cm^2 para poder producir una nuez la cantidad ideal que deberíamos de tener $30000 \text{ m}^2/\text{ha}$ de superficie foliar, los árboles de 60 años tiene un promedio de 8000 hojas que equivaldría a 600 m^2 un promedio de 350 cm^2 por hoja. Si presenta el síntoma de oreja de ratón se reduce a 76.10 cm^2 la Figura 7.11 Nos muestra que la reducción la superficie de foliar el rendimiento potencial va decreciendo conforme la aumenta el daño.

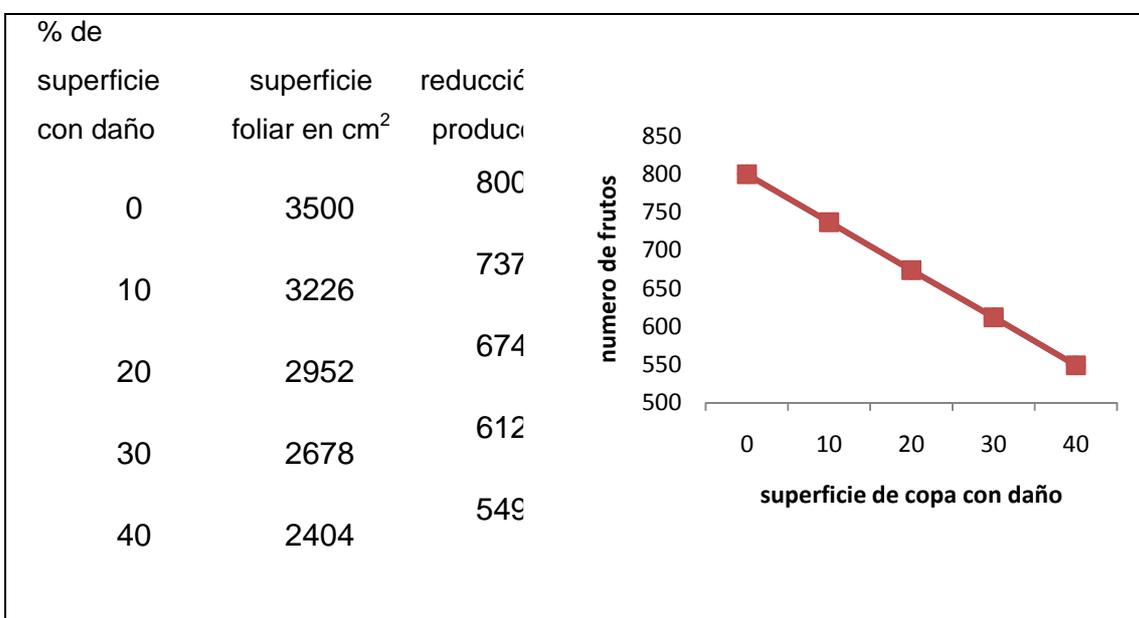


Figura 7.11 Daño potencial por oreja de ratón en producción de frutos relacionando 3500 cm^2 para producir un fruto de buen tamaño y calidad

VIII CONCLUSIONES

La variedad Squirrel Delight en la región lagunera presenta la mayor incidencia de la deficiencia de Níquel.

La descripción de los síntomas y grado de intensidad de daño en los arboles de dogal reflejan de un 20 a 30 % en la variedad Squirrel Delight. descripción y corrección de oreja de ratón con la aplicación de sulfato de níquel 250 mg de Ni L⁻¹. El efecto del sulfato de níquel sobre la variedad Squirrel Delight muestra corrección sobre la superficie del daño en la copa, sin efecto directo sobre la producción de nuez.

La aplicación de maxiquel plus (25% de sulfato de níquel) ha mostrado buena respuesta en la corrección de progresiva de los síntomas de oreja de ratón.

IX BIBLIOGRAFÍA:

- Anónimo, 2007. http://www.tecnoagro.com.mx/portal/html/cultivos_ext.php?a=263
fecha de consulta 18 de septiembre del 2009.
- Bai Ch. Reilly Ch.C. Wood W.2006 Nickel Deficiency Disrupts Metabolism of Ureides, Amino Acids, and Organic Acids of Young Pecan. Plant Physiology vol 140. Pp. 433-443
- Bidwell R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. A.G.T. editor.
- Brison F.R. 1976 el cultivo del nogal pecanero. S.A.G CONAFRUT. México D.F.
- Camargo Lozana A. 2001. Monografía. El Barrenador del Ruezno (*Cydia caryana*) como Plaga Potencial del Nogal. Torreón, Coah. Mex. Pp.5-7
- Casaubon E.A. 2007. Guía de Plantación. De Pecan. Capítulo VII. Producción de pecan en Argentina. UBA, INTA. Buenos Aires, Argentina. Pp. 2-11
- CNA, 2002. Gerencia regional. Cuenca central del norte, subgerencia regional, Técnica Administrativa del agua. Torreón, Coahuila
- Comenuz.2010
<http://www.comenuz.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1>
- Díaz de León W. 1983 Estudio del síntoma de oreja de ratón en el nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Koch) C.V. Mahan en el municipio de Ramos Arizpe Coah. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coah.
- Dixon N.E., Gazzola C. Blakele, Zerner B.1975. Jack bean urease. Metalloenzyme. Simple biological role for nickel. Journal of the American Chemical Society 97. Pp.4131-4133.

- Frusso E.A. 2007. Características Morfológicas y Fenológicas del Pecan. Capítulo II. Producción de Pecan en Argentina Pp.1-3.
- Herrera E 1993. Designig A. Pecan Orchis. NMSV. Cooperative extensión service, publication guide H-604
- Herrera E. 1993. Designing A. Pecan Orchids. NMSV. Cooperative Extension Servic, publication guide H-604
- Infojardin 2009. http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/nogal.htm. fecha de consulta noviembre del 2009.
- Kilby W.M. Mielke E. 1982. Mineral nutrition of the pecan in the irrigated Southwest. Sixteenth Western pecan conference proceedings. Cooperative Ext. service New México State University. Pp
- Lagarda M.A. Ferniza L. H., consulta personal 2009.
- Lagarda M.A., Arreola J.1994. Poda selectiva del nogal: una práctica necesaria para mantener calidad de producción de nuez en el norte de México en memorias de las XII conferencias internacionales sobre el cultivo del nogal pecanero. San Carlos, Sonora. Mex.
- Lindsay W.L.1977. Inorganic phase equilibrate of micronutrients in soil. In: micronutrients in agriculture. Ed. Mortvedt, J.J. Madison, Wisconsin. PP. 41-57
- Lombardini L.2006.fertilizacion y nutrición del nogal. Memorias 10° día del nogalero. Chihuahua Mex.
- Madero E. Frusso E. A. y Casaubon E.2007. el manejo del cultivo. Capitulo XII. Producción de Pecan en Argentina .UBA,INTA. Buenos Aires, Argentina Pp.1-10

- Malvolta E. Moraes M.F. 2007. Níquel- de nutriente toxico a nutriente esencial informaciones agronómicas. International plant nutrition institute. Quito Ecuador. Pp. 10-12
- Medina M. Ma. del Consuelo y Cano R. Pedro. 2002. Tecnología de producción de nogal. Inifap. Matamoros. Coah. Mex.
- Mishra D. Kar M. 1974. Nickel in plant growth and metabolism. Botanical Review vol. 40. Pp.395-452
- Nava C.U., Ramirez D.M. 2002. Manejo Integrado de Plagas del Nogal. Libro Técnico No.3. Tecnología de Producción de Nogal Pecanero. CELALA, CRNOC,INIFAP. Matamoros Coah: Pp. 159-162
- Nigel Waistenholme B. 1997. Chapter 1. Introduction. Climate. 1:13-17 In: Texas pecan handbook: Texas agricultural extension service college station, Texas
- Nyczepir A.P. Wood B.W. Reilly C.C. 2006. Association of Meloidogyne partityla wit Nickel Deficiency and Mouse- ear of Pecan. HortScience vol. 41. Pp. 402-404
- O'barr R.O.1977. Nutrients their impact. The Pecan Quarterly. 11 (44).
- Ramírez D.F.2011.FERTILIZACIÓN FOLIAR.
www.agrobanco.com.pe/fertilizacion_foliar.pdf . Corporación Misti S.A. Pp.8
- Rivero, T.S.H. López, M.B.C. 2004. Micorrización natural e inducida en nogal pecanero. Instituto de Investigación Agrícola, Forestales y Pecuarias. Cd. Delicias Chihuahua.
- Salas Franco A 1997. Capitulo 1 Manejo Integrado de Plagas del Nogal. Editores: L.A. Rodríguez del Bosque Y SH. Tarango Rivero. Pp. 26
- Sierra, M.E.; López R.E.; Péres, P.S. 2007. Agro climatología del Pecan (*Carya illinoensis*) en la Argentina. Capítulo IV. Producción de Pecan en Argentina. UBA, INTA. Buenos Aires Argentina. Pp. 2

- Storey B. 1975. NZN Nuevo Aspersión Foliar para Nogales. Boletín nogalero mexicano no. 6 CONAFRUT, México, D.F. Pp. 4-5
- Uren N.C. 1992. Forms, reactions, and availability of nickel in soils. *Advances in Agronomy* vol.48. pp. 141-203
- Vargas P.G. Arreola A.J.G.2008. Respuesta del nogal pecanero (*Carya ilinoensis* k. koch) A las aplicaciones foliares de nutrimentos. *Revista Chapingo* volumen 7 numero 1. Bermejillo Durango México. Pp. 7-14
- Virgili A. 1994. Introducción a la fertilización con micro elementos. *Introducción a la fertilización con micro elementos*. Comercial Química Massó, S.A. Barcelona España. Pp. 2-6
- Welch O.T. 1977. Chemistry of micronutrient elements in soils. *Advan Agron.* 19:
- Wood, B.W., C.C.Reilly, and A.P. Nyczapir. 2004a mouse ear of pecan II. Symptomology and occurrence. *HortScience* 39(1) pag. 87-94
- Wood, B.W., C.C.Reilly, and A.P. Nyczapir. 2004b Mouse ear pecan II. Influence of nutrient applications. *HortScience*. 39 (1): 95-100
- Wood, B.W., C.C.Reilly, and A.P. Nyczapir. 2006a. field deficiency of nickel in trees: symptoms and causes. *Acta Horticulturae* 721: 83-97.