

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Aspersiones Foliares con Macro y Micronutrientes y su Efecto sobre el Rajado de la Nuez en Nogal Pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch

Por:

RAMIRO SALAS RIVERA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Aspersiones Foliares con Macro y Micronutrientes y su Efecto sobre el Rajado de la Nuez en Nogal Pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch

Por:

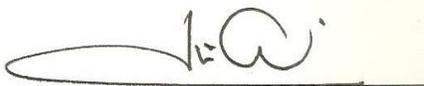
RAMIRO SALAS RIVERA

TESIS

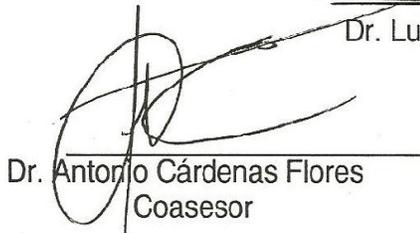
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

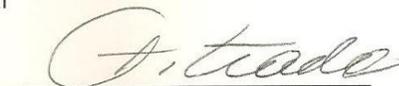
Aprobada



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Antonio Cárdenas Flores
Coasesor



Ing. César Estrada Torres
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2013

AGRADECIMIENTOS

A **mi Dios**, por prestarme vida y salud durante todo este tiempo que llevo de vida, por las fuerzas, que me han empujado a salir adelante, por los momentos gratos, por todo lo que me has dado.

A mi **Alma Terra Mater** quien me abrigo en su seno durante todo este tiempo de formación profesional, por haberme brindado la oportunidad de recibir una formación basada en los valores y la ética profesional.

Al **Centro de Investigación en Química Aplicada** por haberme brindado la oportunidad de participar en este trabajo de investigación, así como haberme permitido realizar mis prácticas profesionales.

Al **Fondo mixto** Coahuila por haber financiado el proyecto bajo el nombre “Aspersión foliar de macro y micronutrientes en nogal pecanero y su efecto en el rajado de fruto” con clave (FOMIX) COAH-2010-C12-137628-CONACYT, al cual pertenece la presente tesis.

Al **Dr. Antonio Cárdenas Flores** por los conocimientos, el tiempo y paciencia brindada en la revisión y redacción de este trabajo.

Al **Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar** por su paciencia y tiempo brindado en la revisión de este trabajo.

Al **Ing. Cesar Estrada Torres** por su apoyo en la revisión de en la realización de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres

Elena Rivera Rivera, quien es para mí, la persona más paciente, comprensiva, y dulce que tengo a mi lado. Por los ánimos y palabras de aliento que me empujaron a cada momento a lograr lo pro puesto.

Máximo Salas de la Cruz, quien es para mí ejemplo de, actitud, empeño, y seriedad en la superación por alcanzar las metas. Por su apoyo incondicional.

A mis hermanos

Jesús Andrés Salas Rivera y **Luis Miguel Salas Rivera** quienes son para mí, las personas en las que más puedo confiar, las que más sonrisas han sacado de mí. Sin duda “Mis mejores amigos”.

Gracias por ser las personas que han estado a mi lado siempre, que a pesar de todo siempre creyeron en mí, por todos los esfuerzos que hicieron para poderme dar la mejor de las herencias.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación	2
Objetivos.....	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades del Nogal Pecanero	4
Origen.....	4
Importancia económica.....	4
Clasificación botánica	5
Clasificación botánica.....	5
Descripción.....	6
Requerimientos Climáticos	7
Temperatura	7
Requerimientos hídricos	8
Humedad relativa	8
Suelo	8
Variedades.....	9
Plantas nativas	9
Variedades mejoradas.....	9
“Cheyenne”	10
“Western”.	10
“Wichita”	10
Nuez “Norteña”, primera en México	11
Nutrición Mineral del Nogal Pecanero.....	11
Nutrimentos requeridos por el nogal.....	12
Macroelementos	13
Nitrógeno.....	13

Fósforo	14
Potasio	14
Calcio	15
Magnesio.....	16
Azufre.....	17
Microelementos	17
Fierro.....	17
Zinc	19
Manganeso.....	20
Cobre	21
Cloro.....	22
Molibdeno.....	23
Boro.....	23
Níquel.....	25
Deficiencia y toxicidad de nutrimentos	25
Fertilización.....	27
Fertilización al suelo	27
Fertilización Foliar	27
Diagnostico nutricional.....	28
Análisis de suelo.....	28
Análisis vegetal.....	29
Algunos Desordenes Fisiológicos en Nogal Pecanero	30
Germinación prematura de la nuez	30
Hoja corchosa.....	31
Quemado de hoja	31
Ruezo pegado	31
Rajado de la nuez.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	34
Ubicación del experimento	34
Condiciones climáticas de la región.	34
Manejo de la huerta.....	34

Establecimiento del experimento.....	35
Método de aplicación.....	36
Análisis del estado nutricional de árboles.....	36
Muestreo de hojas.....	36
Molido de muestras foliares	37
Análisis nutrimental	38
Muestreo de nueces rajadas	39
Rendimiento	40
Relaciones nutrimentales	40
Análisis estadístico	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
Rajado de nuez	42
Análisis nutrimental	44
Macronutrientes.....	44
Micronutrientes.....	49
Cultivar	54
Concentración foliar de muestras provenientes del cultivar Wichita.....	56
Macronutrientes.....	57
Micronutrientes.....	60
Muestras foliares de brotes con racimos con y sin nuez rajada	64
Rendimiento	65
Relaciones nutrimentales y el rajado de la nuez	67
Relación Mg/Ca.....	68
Relación K/P.....	68
Relación P/Fe.....	69
Correlación entre la concentración nutrimental y el rajado de la nuez en nogales del cultivar Wichita.....	71
V. CONCLUSIONES.....	73
Rajado de la nuez.....	73
Análisis nutrimental.	73
Macronutrientes.....	73

Micronutrientos.....	74
Cultivar	74
Rendimiento.	74
VI. BIBLIOGRAFÍA	75
VII. APÉNDICE	81

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Intervalos de suficiencia de nutrimentos para nogal pecanero en EE.UU. y la Comarca Lagunera, México. Georgia ¹ Nuevo Mexico ² La Laguna, México ³	26
Cuadro 2.- Porcentajes de nuez germinada y verde en variedades de nogal en diferentes regiones productoras. INIFAP-CELALA. (Tomado de Lagarda, 2007).....	30
Cuadro 3. Concentración de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) en una muestra de suelo realizada en el mes de Marzo en la Huerta Santa Julia, Morelos, Coahuila. 2011.	35
Cuadro 4. Concentración de Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), y Níquel (Ni) en una muestra de suelo realizada en el mes de Marzo en la Huerta Santa Julia, Morelos, Coahuila. 2011.	35
Cuadro 5. Dosis de los nutrimentos en ppm de las soluciones aplicadas al follaje...36	36
Cuadro 6.- Comparación de medias del valor de la relación Mg/Ca entre las muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en Wichita. .68	68
Cuadro 7.- Comparación del valor de la relación K/P en muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en Wichita.....	69
Cuadro 8.- Comparación de medias del valor de la relación P/Fe en muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en Wichita.....	69
Cuadro 9.- Concentración foliar promedio de N, P, Ca, Mg, Cu y Zn en árboles Wichita y su correlación con el porcentaje de nueces rajadas.....	71
Cuadro 10.- Concentración foliar promedio de N, P, Ca, Mg, Cu y Zn en árboles Wichita y su correlación con el porcentaje de racimos con al menos una nuez rajada.	71
Cuadro A1. Análisis de varianza para el porcentaje de nuez rajada bajo cuatro tratamientos en el cultivar Wichita.	81

Cuadro A2. Análisis de varianza para el porcentaje de racimos, con presencia de nuez rajada, bajo cuatro tratamientos en el cultivar Wichita.	81
Cuadro A3. Análisis de varianza para la concentración foliar de macronutrientos (N, P; K; Ca y Mg) en los cultivares Western y Wichita.....	82
Cuadro A4. Análisis de varianza para la concentración foliar de micronutrientos (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Ni y Mo) en los cultivares Wichita y Western.....	82
Cuadro A5. Análisis de varianza para la concentración foliar de macronutrientos (N, P; K, Ca y Mg) de muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en el cultivar Wichita.	83
Cuadro A6. Análisis de varianza para la concentración foliar de micronutrientos (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Ni, Mo.) de muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en el cultivar Wichita.....	83
Cuadro A7. Concentración media foliar de macronutrientos, en los distintos tratamientos, en los cultivares Western y Wichita.	84
Cuadro A8. Concentración media foliar de micronutrientos, en los distintos tratamientos, en los cultivares Western y Wichita.	84
Cuadro A9. Concentración media de macronutrientos en hojas de brotes con racimos con y sin presencia de nuez rajadas, en los distintos tratamientos, en el cultivar Wichita.	85
Cuadro A10. Concentración media de micronutrientos en hojas de brotes con racimos con y sin presencia de nuez rajadas, en los distintos tratamientos, en el cultivar Wichita.	85
Cuadro A11. Análisis de Varianza para la variable rendimiento en el cultivar Western y Wichita.	86
Cuadro A12. Análisis de Varianza de las relaciones P/Fe, K/P y Mg/Ca calculadas para las muestras foliares provenientes de brotes con de racimos presentado nuez en condición rajada y sin presencia, en el cultivar Wichita.	86

Cuadro A13. Condiciones climáticas que se presentaron en el mes de julio del año 2012. (Datos de la estación meteorológica del municipio de Allende, Coahuila.).....	87
Cuadro A14. Condiciones climáticas que se presentaron en el mes de agosto del año 2012. (Datos de la estación meteorológica del municipio de Zaragoza, Coahuila).....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Porcentaje de nuez rajada y racimos con nuez rajada en nogales cv. Wichita asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo). Las barras indican el error estándar de la media.42	42
Figura 2. Concentración foliar promedio de macronutrientos en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo) N (a), P (b) y Ca (c). Medias (\pm error estándar, n=8) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)46	46
Figura 3. Concentración foliar promedio de K en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo). Medias (\pm error estándar, n=8).48	48
Figura 4. Concentración foliar promedio de micronutrientos en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo). Fe (a), Cu (b), Zn (c), B (d) y Ni (e). Medias (\pm error estándar, n=16) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$).50	50
Figura 5. Concentración foliar de N (a) y Ca (b) en árboles tratados Western y Wichita. Medias (\pm error estándar, n=32) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)54	54
Figura 6. Concentración foliar de Cu (a) y B (b) en árboles tratados de Western y Wichita. Medias (\pm error estándar, n=32) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)55	55
Figura 7. Concentración foliar promedio de macronutrientos en nogales de Wichita asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros),	

	micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo) N (a), P (b) y Ca (c). Medias (\pm error estándar, n=16) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)58
Figura 8.	Concentración foliar promedio de micronutrientos en nogales Wichita asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo). Fe (a), Cu (b) y Ni (c). Medias (\pm error estándar, n=16) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)61
Figura 9.	Concentración foliar media de Zn en nogales Wichita asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo). Las barras en las columnas indican el error estándar (n=16).62
Figura 10.	Concentración foliar media de Fe en los brotes de racimos con nueces rajadas y sin nueces rajadas de nogales del cv Wichita, Medias (\pm error estándar, n=16) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$).64
Figura 11.	Medias de rendimiento en kg/árbol en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo).66
Figura 12.	Medias del rendimiento en kg/árbol en los cultivares Western y Wichita.66

Aspersiones Foliare con Macro y Micronutrientos y su efecto Rajado de Nuez en
Nogal Pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch

Resumen

Recientemente se han reportado importantes pérdidas de nuez pecanera a causa del rajado de la nuez, en el Norte de Coahuila. El problema se manifiesta como una fractura longitudinal en medio de las suturas del ruzno y que afecta a la almendra en formación, lo que provoca la pérdida del fruto. Este trabajo se desarrolló para evaluar el impacto de aspersiones foliares de macro y micronutrientos en el rajado de la nuez y así contribuir en la solución al problema que enfrentan los productores. El trabajo se realizó en el municipio de Morelos, Coahuila. Se evaluó la respuesta de soluciones foliares de tres mezclas de nutrientes: i) macronutrientos (N, P, K Ca); ii) micronutrientos (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo, Ni) y iii) una mezcla compuesta de ambos. Además se estableció un testigo sin fertilización foliar. Los nutrientes fueron aplicados mensualmente a árboles de cv. Western y cv. Wichita, evaluando su efecto en la incidencia del rajado de la nuez. Al final de la etapa acuosa del fruto, se tomaron cincuenta racimos contabilizando el número total y número de nueces con rajadura por racimo. En los cultivares, se hicieron muestreos foliares de brotes con racimos de nueces no rajadas, y en Wichita también se hicieron muestreos foliares de brotes con racimos de nueces rajadas. Se determinó el contenido foliar de nutrientes aplicados incluyendo al Mg y se comparó la concentración foliar de los brotes de racimos con nueces rajadas contra brotes con racimos sin nueces del cultivar Wichita. Se determinaron y analizaron las relaciones nutrimentales resultantes con y sin nueces rajadas del cultivar Wichita y se compraron con normas de referencia. El rajado se presentó únicamente en el cv. Wichita. Los porcentajes de rajado promediaron menos de 3%. Las soluciones foliares no presentaron diferencias estadísticas en la reducción del rajado. Sin embargo, éstas sí afectaron significativamente la concentración de N, P, Ca, Fe, Cu, Zn y Ni. El cultivar Western presentó mayor concentración de N y Cu en las hojas que Wichita, y este más Ca y B que Western. Por último, los folíolos provenientes de racimos con presencia de nueces rajadas solo presentaron menor concentración de Fe. A pesar del aumento en las concentraciones foliares de los nutrientes, las aspersiones foliares no tuvieron efectos significativos en cuanto al rendimiento. La relación nutrimental P/Fe fue menor donde hubo nueces rajadas y fue estadísticamente diferente a la relación P/Fe de follaje de nueces sanas. Las aspersiones foliares resultaron ser efectivas para incrementar la concentración de nutrientes en los nogales. Nuestros resultados indican que el Fe podría estar involucrado con el rajado de la nuez.

Palabras clave: análisis foliar, nutrición de nogal, relaciones nutrimentales, soluciones nutritivas.

I. INTRODUCCIÓN

Las áreas productoras de nuez pecanera alrededor del mundo se localizan principalmente entre los 25 y 35° de latitud norte y entre 25 y 35° latitud sur. El nogal pecanero es originario del sureste de los Estados Unidos de América y del Norte de México (Ojeda *et al.*, 2010). En México, la distribución natural del nogal se encuentra en catorce Estados, siendo los más importantes los Estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León (Ojeda *et al.*, 2003). La producción de nuez pecanera en México es de aproximadamente 79 mil toneladas anuales, de las cuales 54 mil se producen en el Estado de Chihuahua el cual es el principal productor, otras regiones productoras que destacan son Coahuila, la Comarca Lagunera (Coahuila-Durango), Sonora y Nuevo León. En el año 2010 destacaron Chihuahua y Coahuila como los Estados con mayor producción con 56.7 y 18.6 % respectivamente (SAGARPA). Según Ojeda *et al.* (2009) México exporta el 50 % de la producción anual, valor que podría incrementarse debido a la creciente demanda mundial.

En las regiones nogaleras del norte del país con suelos alcalinos es común encontrar deficiencias de elementos menores debido a que el pH limita su disponibilidad. Medina *et al.* (1999) mencionan que en la región norte de Coahuila se presentan deficiencias de elementos menores en el cultivo del nogal pecanero. Por lo tanto la demanda de micronutrientes por los nogales se satisface a través de la aplicación de soluciones al follaje.

El rajado o agrietamiento de la nuez es una fractura longitudinal que aparece entre las suturas del ruzno y que abarca hasta la almendra en formación. Esta fractura ocurre en la etapa acuosa del desarrollo de la nuez. Se ha hipotetizado que el rajado de la nuez en nogal pecanero es ocasionado por una exagerada absorción de agua por el fruto después de que el árbol estuvo sometido a un estrés hídrico (Ramírez y Benavides, 2003). Otra causa que puede originar el rajado y que además es el objeto de este trabajo es la ausencia o índices bajos de micronutrientes presentes en el nogal. Mientras tanto aplicaciones de Ca, Cu y B se han reportado como importantes para disminuir el rajado del fruto en otros cultivos (Comman *et al.*,

2005), para el caso de la nuez, se ha visto que aspersiones foliares de Boro y Ni han dado resultados para disminuir el problema (Wells y Wood, 2008)

En la región norte del Estado de Coahuila en los últimos años se ha reportado una pérdida de producción importante por este desorden, esto se tomó en cuenta como base principal para el desarrollo de esta investigación. El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar la relación de la fertilización foliar de macro y/o micronutrientes, así como de la concentración foliar de algún nutriente, con la incidencia del rajado en la nuez.

Justificación

En los últimos diez años los productores nuez del norte de Coahuila han tenido dos grandes episodios de pérdida de nuez a causa del rajado del fruto. El primero ocurrió en el año 2006 cuando acusaron pérdidas que en promedio oscilaron en el 25 %, sin embargo el segundo, el cual se presentó en el año 2008, fue incluso dramático porque las pérdidas oscilaron alrededor de 40% de la producción y en algunos huertos alcanzaron más del 50 %. En ambos años, los episodios intensos de fruto rajado ocurrieron luego de una secuencia de días de elevadas temperaturas, baja humedad relativa y poca precipitación que precedieron a una precipitación de elevada intensidad. El resto de los ciclos agrícolas las pérdidas causadas por este desorden fisiológico no ha superado el 5 % que es el valor habitual máximo de pérdidas por rajado en la región.

Por otro lado el principal factor que desencadena el rajado del fruto en distintos cultivos, es un aporte importante de agua (precipitación o riego pesado) en los suelos donde los cultivos estuvieron sometidos a un estrés hídrico. Además de este factor la nutrición juega un papel importante, debido a que existen reportes que el suministro de Ca, Cu, B, han dado resultados positivos en la reducción del rajado en diferentes cultivos (Comman *et al.*, 200). Recientemente para el caso particular del nogal el B y Ni aplicados al follaje han logrado reducir la incidencia del rajado de nuez (Wells y Wood, 2008). Sin embargo en la región norte de Coahuila se presentan deficiencias de micronutrientes en nogal pecanero (*Caria illinoensis*), debido a que

el pH alcalino y los altos contenidos de carbonatos de Ca en los suelos limitan su disponibilidad, situación que obliga a aplicarlos a través del follaje.

Objetivos

Evaluar el impacto de la fertilización foliar con macro y/o micronutrimrntos sobre la incidencia y severidad del rajado de la nuez pecanera en los cvs. Western y Wichita.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de aspersiones foliares con macro y/o micronutrientos sobre el rajado de fruto en nogales de los cvs. Western y Wichita.
2. Evaluar el estado nutricional de los nogales tratados con las mezclas a evaluar.
3. Encontrar alguna relación de la concentración foliar nutrimentos con el rajado de la nuez.

Hipótesis

Se espera encontrar que al menos una mezcla de nutrimentos aplicada foliarmente a los árboles de nogal pecanero Western y/o Wichita logre reducir la incidencia del rajado del fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Nogal Pecanero

Origen

El nogal pecanero es un árbol frutal originario del norte de México y suroeste de los EUA, región donde se encuentra la mayor superficie plantada de este cultivo (Ojeda *et al.*, 2010).

Se tienen registros prehistóricos de la nuez pecanera ya que se han encontrado rastros fósiles en el norte de México y en Texas, indicando su existencia desde antes que los americanos nativos habitaran ahí (Ojeda *et al.*, 2009). El nombre de pecana o pecanera deriva del vocablo Algonquin que le da el nombre de “pakan” que significa nueces tan duras que requieren de una piedra para quebrarlas (Medina y Cano, 2002). Sin embargo los colonizadores españoles llamaron “nogal” al árbol pecanero y a su fruto la “pecana” la nombraron “nuez”.

Importancia económica

La producción mundial de nuez pecanera en cáscara se estima en alrededor de las 210,000 ton. Los principales productores son Estados Unidos (72 %) y México (25 %). Otros productores menores son Australia, Sudáfrica, Israel, Brasil, Argentina, Perú y Egipto. Además de ser el principal productor y exportador de nuez encarcelada, Estados Unidos es el más grande consumidor (Ojeda *et al.*, 2009).

La producción de nuez pecanera en México tiene un alto potencial de desarrollo. La calidad de la nuez obtenida es correspondiente a los estándares internacionales. México exporta el 50 % de la producción anual, valor que puede incrementarse debido a la creciente demanda mundial (Ojeda *et al.*, 2009).

La producción de nuez pecanera en México es de aproximadamente 79 mil toneladas, de las cuales 54 mil se producen en el estado de Chihuahua, el cual destaca como principal productor, otros estados que destacan en su producción es Coahuila, la Comarca Lagunera (Coahuila-Durango), Sonora y Nuevo León, el rendimiento promedio de este cultivo es de 1.6 ton/h. en el 2010 destacaron Chihuahua y Coahuila como los Estados con mayor producción con 56.7 y 18.6 % respectivamente (SAGARPA, 2012).

Clasificación botánica

Los nogales pertenecen a la familia *Juglandaceae* en la cual se encuentra los géneros *Juglans* y *Carya*. El nogal pecanero pertenece al género *Carya* mientras que el nogal de castilla *Juglans regia* pertenece al género *Juglans* (Brison, 1992).

La nuez pecanera es la más importante de cerca de veinte especies de *Carya* que se encuentran en un área que va desde el este de Estados Unidos hasta México (Franklin, 1982).

Clasificación botánica

- Reino: Plantae
 - División: Magnoliophyta
 - Clase: Magnoliopsida
 - Familia: Juglandaceae.
 - Género: *Carya*
 - Especie: *Illinoensis* (Wangenh) K. Koch
(González, *et al.*, 2010)

Descripción

Son árboles monoicos que pueden alcanzar alrededor de 50 m de alto, con un tronco erecto masivo de hasta 2 m de diámetro que frecuentemente se agranda y refuerza en la base. La corteza es gruesa, de color pardo claro matizada con rojo y profundamente dividida en canales y bordes irregulares. La copa ramosa y extendida es de forma esférica comprimida (González *et al.*, 2010).

El sistema radical es muy desarrollado, está formado por una raíz principal pivotante y un sistema secundario de raíces someras y robustas notablemente extendidas, tanto en sentido horizontal como vertical (González *et al.*, 2010).

Los tallos son leñosos y dependiendo de la variedad pueden producir una corteza corchosa y agrietada. El desarrollo estructural de los tallos de las variedades mejoradas de nogal es ramificado a partir de un metro y produce varios troncos principales. En cada nudo se pueden encontrar de una a tres yemas, sobre todo en los brotes juveniles (Núñez *et al.*, 2001).

Las hojas son compuestas y se disponen irregularmente a lo largo de la rama, son aromáticas y alcanzan de 29 a 40 cm de largo con 19 a 29 cm de ancho; sus foliolos opuestos suman de 9 a 17, son sésiles o con un peciolo corto, oblongo-lanceolados a lanceolados, más o menos falcados, acuminados en el ápice, cuneados a redondeados en la base asimétrica, con el margen engrosado y frecuentemente doblemente aserrado; pueden medir hasta 2 decímetros de largo y 75 mm de ancho. Comúnmente presentan coloración verde-amarillo-oscuro (González *et al.*, 2010).

Las flores son imperfectas; en ambos sexos carecen de pétalos y sépalos. Las inflorescencias masculinas son espigas colgantes conocidas comúnmente como amentos, de color verde amarillento que salen de las axilas de las hojas del año anterior. Las inflorescencias femeninas nacen en las axilas de las hojas de la estación actual, se disponen en una espiga terminal, de 0.8-2 cm de longitud, 1-2 cm de ancho, con 2-4 flores con pubescencia amarilla, cuyo pistilo está formado por un ovario con el estigma grande y con un estilo corto, compuesto por 2 hojas carpelares soldadas (González *et al.*, 2010). Las flores pistiladas cuando hay una buena

polinización y fertilización se convierten en fruto (la nuez más el ruezno). La mayoría de las inflorescencias pistiladas nacen de las yemas terminales o de las próximas a la porción terminal de ramos de un año de edad (Brison, 1992).

Los frutos del nogal de pecanero son considerados como nueces, se derivan de una flor simple con dos carpelos, pero que por lo común contienen una sola semilla (Díaz, 2002). Es una drupa seca de forma oblonga y elipsoide teniendo de 3-5 cm de largo, constituida por un embrión (parte comestible), un endocarpio liso y delgado (cáscara de la nuez) y un epicarpio y mesocarpio carnosos los cuales se abren a la madurez formando cuatro valvas longitudinales (ruezno) (Frusso 2007 citado por Moreno, 2009). A nivel de mercado, la cáscara de una nuez corresponde al tejido seco de pericarpio, donde lo comestible es la semilla que está adentro (González *et al.*, 2010).

Requerimientos Climáticos

Temperatura

Los nogales se comportan adecuadamente donde la temperatura media en verano es de 25 a 30 °C, sin variación amplia entre día y la noche, además para los meses más fríos requiere una media entre 7.2 y 12.3 °C (Medina y Cano, 2002).

Las temperaturas durante la polinización y el amarre de fruta es un parámetro que se debe considerar. Cuando las temperaturas son altas (>35 °C) durante el mes de abril la caída de frutos pequeños es común y los rendimientos se reducen drásticamente (Núñez *et al.*, 2002).

Requerimiento de frío. Los requerimientos de clima se basan básicamente en que estas plantas requieren de frío para salir de una etapa de reposo durante el invierno. El requerimiento del nogal pecanero oscila entre 600 a 1 500 horas frío (Westwood, 1978 citado por Núñez *et al.*, 2001). Una hora frío equivale a una hora con temperaturas menores a 7 °C (Núñez *et al.*, 2001).

El nogal requiere una estación de crecimiento mínima de 210 días libres de heladas y preferentemente de 240 a 280 días (Medina y Cano, 2002).

Requerimientos hídricos

El nogal es muy sensible a la sequía. Para que su cultivo sea posible necesita una precipitación anual mínima de 600 a 700 mm³ para explotaciones intensivas, siendo un óptimo de 1000 a 1200 mm³. Si la precipitación es insuficiente habrá que recurrir al riego para conseguir un desarrollo normal y buena producción de nuez (González *et al.*, 2010).

Humedad relativa

Cuando la humedad relativa durante el periodo de florecimiento supera el 80 % limita la polinización efectiva debido a que las anteras no abren fácilmente (Brisson, 1992).

Además la humedad relativa alta causa la germinación prematura de la nuez dentro del ruezno antes de cosecharla. Variedades con ruezno grueso son más susceptibles porque esta característica impide su apertura y la humedad alrededor de la semilla se acumula (Medina y Cano, 2002).

Suelo

El nogal requiere al menos de dos metros de profundidad para que las plantas tengan un excelente desarrollo. Suelos profundos, con buen drenaje, de textura media oscilando de franco limoso a franco arcilloarenoso, sin problemas de sales, son los más ideales para el cultivo del nogal (Núñez *et al.*, 2001).

El suelo no debe de tener más de 2.0 mmhos cm⁻¹ de conductividad eléctrica en la pasta de saturación y no presentar más de 10 meq L⁻¹ de sodio. Después de este límite el rendimiento y desarrollo de los nogales se reduce considerablemente (Miyamoto 1994 citado por Núñez *et al.*, 2001).

Variedades

La mayoría de los huertos comerciales de nogal no empiezan a partir de semillas, son injertos que producen clones idénticos al árbol del que se obtienen. Con los años, se han nombrado más de 1,000 plantas de nogal cultivadas a partir de semilla y se han injertado como variedades diferentes, pero solo unas pocas han trascendido para ser reconocidas como tales (Herrera y Byford 2005 citado por González *et al.*, 2010).

Plantas nativas

Se le llama nogal silvestre al que crece espontáneamente en regiones propicias sin ningún cuidado. Estos árboles se encuentran especialmente en Coahuila, Chihuahua y Nuevo León y se extienden hasta el sur de México. El nogal nativo es el silvestre domesticado, que nace de semilla, no ha sido injertado y se cultiva. El nogal criollo es el resultado de las cruces de árboles nativos con variedades extranjeras o mejoradas, proviene de semilla o de injertos con material vegetativo nativo y se ha aclimatado y se reproduce (González *et al.*, 2010).

Variedades mejoradas

Los objetivos principales en las variedades mejoradas son incrementar la calidad y la producción de la nuez, esto se consigue gracias a la propagación de plantas con estas cualidades mediante injertos. Las variedades mejoradas se diferencian en gran medida por la calidad del fruto, por el grosor de la cáscara, el tamaño y el atractivo como árboles de sombra (González *et al.*, 2010).

A continuación se describen las características generales de las principales variedades de nogal en el noreste de México (González *et al.*, 2010).

“Cheyenne”.

Protándrica. Árboles de porte bajo ideales para plantaciones de moderada a alta densidad, no muy precoces en su producción, la cual es tardía (primera a segunda semana de octubre). Un kilogramo lo forman de 118 a 130 frutos que al quebrarse contienen un 52 a 56 % de almendras brillosas y rugosas de las cuales un 69 a 88 % son corazones enteros y contienen un 62 a 79 % de aceite.

“Western”.

Protándrica. Los árboles son fuertes, vigorosos, buenos productores e inician su producción a los 5-6 años. Se cosecha a mediados de septiembre y es muy susceptible a enfermedades como la roña y mancha vellosa, por lo que no debe cultivarse en zonas húmedas. Sus nueces de tamaño medio tienen un alto contenido de almendra de calidad media. Entre 114 y 172 frutos hacen un kilogramo y el ruezno es opaco con crestas marcadas. El fruto contiene 54-62.3 % de almendra de fácil extracción, con 64 % de corazones enteros y con un 75 % de aceite. El aspecto de la almendra es brillante, liso y con buen llenado. Es la variedad más común, prosperando en áreas de riego.

“Wichita”

Protogínica. Son árboles vigorosos que producen buen follaje, son muy productivos iniciando a edad temprana (4-5 años) y requieren un manejo adecuado de Zn para un crecimiento rápido y buen desarrollo de las hojas. Presenta una resistencia media a enfermedades como la roña y la mancha vellosa y requiere de poda de formación frecuente para evitar el desgajamiento de las ramas, debido a que las produce en ángulos muy estrechos. Se cosecha nuez de muy buena calidad a partir de la tercera semana de septiembre. El ruezno es brillante y sin crestas y aproximadamente 97 a 145 nueces completan un kilogramo. La extracción de la almendra se realiza con facilidad. En su aspecto es opaca, lisa y de buen llenado, se obtiene un 57-62 % de almendra y un 53 % de corazones enteros con un 73% de aceite.

Nuez “Norteña”, primera en México

La nueva variedad de nogal pecanero “Norteña”, creada en Coahuila, sobresale por su producción y calidad de la nuez. Es la primera variedad de este cultivo que se libera en México.

El árbol que la produce, es de vigor medio, con altura de 9 a 10 m, una densidad de ramas intermedia en la copa, y área de goteo con diámetro de alrededor de 10.4 m. Otra de sus características es que los frutos son de tamaño medio, de forma elíptica en vista lateral y ventral, uniformes, elípticos y con tamaño de 6.5 por 3.5 cm, de cáscara clara y lisa. Presenta 59 % de llenado de almendra, mientras que Western por ejemplo, tiene 53 %. Los rendimientos de la variedad “Norteña” han fluctuado entre 1.2 a 3.1 toneladas por hectárea, con lo que supera a la variedad comercial Western. “Norteña” es tolerante al ataque del gusano barrenador de la nuez, gusano barrenador del ruezno y al complejo de chinches. También tolera las enfermedades mancha vellosa y roña, consideradas como las principales plagas y enfermedades de este cultivo (INIFAP, 2010).

Nutrición Mineral del Nogal Pecanero

El desarrollo de árboles frutales, su productividad y calidad de fruta obtenida están íntimamente relacionados con su estado nutricional, ya que los procesos fisiológicos básicos como la fotosíntesis y la respiración requieren de un adecuado equilibrio de elementos minerales así como de la presencia de agua para llevarse a cabo. Además, la presencia de los nutrimentos en los tejidos vegetales es relevante, ya que pueden ser parte de estructuras químicas (Díaz, 2002).

Por lo general los nutrimentos son clasificados en dos grupos, en función de las cantidades que son necesarias para que el árbol se mantenga sano y productivo: los macronutrimentos o elementos principales, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio los cuales se requieren en grandes cantidades (> 0.1 % del peso seco) para el árbol y los micronutrimentos (elementos menores u oligoelementos), necesarios en relativamente pequeñas cantidades, como zinc,

hierro, manganeso, cobre, boro, cloro, molibdeno (Bidwell, 1979) y níquel (Kirkby y Römheld, 2007).

Nutrientes requeridos por el nogal

Díaz (2002) y Ojeda *et al.* (2009) dicen que los nutrientes esenciales reconocidos son: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso, (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo) boro (B), cloro (Cl) y níquel (Ni) (Kirkby y Römheld, 2007).

Ojeda *et al.* (2009) menciona que el nogal pecanero requiere de los 17 elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. No obstante el nitrógeno y el zinc son los nutrientes a los que presenta mayor respuesta en crecimiento y calidad.

El suplemento de O ocurre por medio del aire y del agua, mientras que el C también proviene a través del CO atmosférico aunque no puede utilizarse de inmediato sino que necesita ser incorporado al proceso de la fotosíntesis y entonces “nutrir” de C a la planta. El H se toma de las moléculas de agua, mientras que todos los demás se suplen desde la solución del suelo, excepto el N que también puede ser tomado del aire (Díaz, 2002), en una simbiosis entre bacterias y plantas de la familia de las leguminosas y otras familias de plantas, como por ejemplo en las plantas de frijol que bacterias del género *Rhizobium* y *Frankia* ayudan a fijar el nitrógeno atmosférico para que las plantas lo puedan absorber, también por la absorción de amoníaco (gas), que se introduce en la planta a través de los estomas; en ambos casos el N se convierte en amonio (Bonilla, 2008).

Para un crecimiento y fructificación normal, los árboles pecaneros requieren niveles adecuados de 14 nutrientes minerales: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, zinc, hierro, boro, manganeso, molibdeno, cobre, cloro y níquel. La deficiencia de cualquiera de ellos puede limitar el potencial productivo de la huerta (Tarango, 2004).

Macroelementos

Nitrógeno

El N está implicado de manera directa e indirecta en todas las etapas de crecimiento, encontrándose que forma parte del ADN y ARN, así como de los aminoácidos y proteínas que finalmente promoverán el tamaño de las hojas con lo que se incrementaría la fotosíntesis y la formación de nuevos aminoácidos. El N es parte de las moléculas de ciertas hormonas como las citocininas y las auxinas, por lo que estimularán el crecimiento de hojas, fruto, tallos, etcétera. También se ha establecido que entre mayor sea el contenido de N en la hoja, más alto resulta el contenido de clorofila y, por tanto, aumenta la capacidad fotosintética (Díaz, 2002).

Las formas iónicas preferentes de absorción por la raíz son el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) (Bonilla, 2008).

En la planta, se distribuye en tres grupos: más del 50% se halla en compuesto de alto peso molecular (proteínas y ácidos nucleicos); el resto, en forma de N orgánico soluble (aminoácidos, amidas, aminas...) y nitrógeno inorgánico (principalmente nitratos y amonio). Su contenido en el total del peso de la planta oscila entre 1.5 y 5%. (Bonilla, 2008).

En nogal, cuando se reduce el crecimiento de los brotes y cuando los crecimientos anuales no alcanzan más de 15 cm de longitud, es un síntoma de que la planta puede requerir mayor cantidad de este nutrimento, fallas en el llenado de la almendra ocurren (Núñez *et al.*, 2001; Ojeda *et al.*, 2009).

Por otro lado el exceso de este nutrimento provoca mucho crecimiento vegetativo que puede provocar problemas en la calidad, sobre todo por la germinación de las nueces. El mayor efecto de este nutrimento es porque provoca un mayor número de frutos, lo que provoca que el llenado de la almendra se reduzca además que el tamaño por nuez es menor. Esto merma directamente al rendimiento (Sparks 1994 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

La concentración de N en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de Coahuila es de 2.3 % (Medina, 2004).

Fósforo

El fósforo se encuentra disponible para la planta como ion fosfato, y se absorbe preferentemente como H_2PO_4^- en suelos con un pH inferior a 7, y como anión divalente HPO_4^{2-} en suelos básicos, con un pH superior a 7 (Bonilla, 2008).

Éste es un nutrimento que interviene en la conformación de moléculas energéticas como el ATP y en la formación de los nucleótidos que integran los ácidos nucleicos ADN y ARN; activa reacciones enzimáticas y en conjunto con los lípidos el P es un componente de la membrana celular, participando además activamente en la transferencia de energía (Díaz, 2002).

En nogal es un elemento móvil dentro de la planta, por lo que su deficiencia provoca palidez en las hojas más adultas las cuales se tornan de un color rojizo. Síntomas de exceso no han sido reportados (Ojeda *et al.*, 2009).

La concentración foliar de P en las hojas de pecanero de alto rendimiento es de 0.13 % en las zonas nogaleras de Coahuila.

Potasio

Bonilla (2008) menciona que el K^+ activa más de 50 sistemas enzimáticos, entre los que destacan oxidorreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasas y quinasas. No tiene un papel estructural. Participa en la activación de varias enzimas y en particular en la que induce la formación de glucosa a almidón; también resulta necesario en la síntesis de proteínas (Díaz, 2002). En el sistema estomático el papel principal del K^+ es el de mantener la turgencia de las células. La apertura y cierre de estomas está regulada por el contenido de K^+ en las células guarda (Bonilla, 2008). El K^+ también está involucrado en el transporte de carbohidratos y regulación de ósmosis. Sus funciones más importantes se relacionan con el transporte de azúcares y la regulación hídrica de la planta (Spark 1994 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

En las dicotiledóneas, los primeros síntomas aparecen también en las hojas adultas, que posteriormente se hacen necróticas; el crecimiento se retrasa y se produce pérdida de turgencia y marchitamiento, mucho más acusados cuando existe un déficit hídrico (Sparks 1994 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

Es un elemento móvil dentro de la planta por lo que las deficiencias aparecen en las hojas adultas. Las deficiencias en el nogal se manifiestan durante el verano como una necrosis marginal que inicia primeramente en las hojas más adultas. Estos Síntomas son más aparentes en la variedad Wichita. Síntomas de excesos no se han apreciado, pero pudiera provocar desbalances nutricionales, sobre todo con magnesio (Sparks 1994 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

El nivel recomendados en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 1.11% (Medina, 2004).

Wells y Wood (2008) encontraron de un total de elementos analizados, en nueces con rajadura en nogal pecanero, que el líquido del endospermo en el momento del estado acuoso, cerca del 70% de la composición elemental se conforma principalmente por K^+ .

Calcio

El calcio se absorbe como ion divalente, Ca^{2+} . Es abundante en la mayoría de los suelos, y rara vez se comporta como factor limitante, salvo en suelos ácidos con lluvias abundantes, donde resulta necesario el aporte de sales cálcicas, principalmente carbonatos que elevan el pH (Díaz, 2002).

Es un elemento nutricional importante localizado sobre todo en la pared celular, y adherido a pectinas, donde su función más importante parece ser la de regular la permeabilidad de la membrana y de fortalecer la pared celular; tejidos deficientes en Ca son suaves como se demuestra en manzano, pera y otros frutos. En las raíces la presencia de Ca resulta crítica para su elongación celular (Díaz, 2002). El Ca es un mensajero importante en la apertura estomática, lo que regula la

entrada de CO₂ (para la fotosíntesis) y salida de agua debido a la transpiración de las plantas (Retamales, 2009).

Retamales (2009) menciona que un fruto con bajo nivel de Ca tiene mayor incidencia de desórdenes fisiológicos, menor vida de postcosecha, maduración más acelerada, caída más brusca de la firmeza en postcosecha y menor resistencia al transporte y manipulación.

El nivel recomendado de Ca en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 1.93 % (Medina, 2004). Sin embargo según datos proporcionados por la asociación nueces del bravo, en un muestreo de nueve huertas de nueve socios, se encontró que el 100% tuvieron niveles bajos a la norma Ca antes mencionada. A pesar de que los suelos del norte de Coahuila contienen altas concentraciones de Ca.

Magnesio

El Mg casi nunca es o un factor limitante para las plantas, salvo en suelos muy ácidos o arenosos. Se absorbe en forma de ion divalente, (Mg²⁺), y se comporta como un elemento muy móvil, tanto en la planta como en la célula (Bonilla, 2008).

Participa estructuralmente en la clorofila. El Mg es importante en la síntesis de proteínas y para la formación de ARN en el núcleo celular, siendo también crítico para el transporte y generación de energía ya que es cofactor de la enzima ATPasa. La presencia de Mg²⁺ es necesaria en la síntesis de ATP a partir de ADP (Díaz, 2002; Bonilla, 2008).

Deficiencias de Mg al no han sido detectadas en los huertos de nogal en el norte de México (Ojeda *et al.*, 2009) sin embargo el nivel recomendados en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 0.40 % (Medina, 2004).

Azufre

El azufre se absorbe en forma de anión sulfato (SO_4^{2-}) y, en esta forma, se transporta por el xilema. También puede ser absorbido por los estomas de las hojas bajo la forma de dióxido de azufre (SO_2) (Bonilla, 2008).

En el caso del S sus funciones van desde elemento importante en la formación de aminoácidos y proteínas, así como un componente estructural de varias coenzimas y vitaminas; también forma parte de todo tipo de membranas (Díaz, 2002).

Se encuentra en aminoácidos como la cisteína y la metionina, la biotina y la coenzima A, compuesto clave en la activación de los ácidos orgánicos y, por tanto, en los procesos de síntesis y degradación de los ácidos grasos y en la respiración celular (Bonilla, 2008).

Microelementos

En la región norte de Coahuila se presentan deficiencias de elementos menores en el cultivo del nogal pecanero (*Carya illinoensis*), principalmente de zinc, manganeso y cobre. Esto se debe al pH alcalino y altas concentraciones de carbonatos de calcio en el suelo, condiciones que limitan la disponibilidad de nutrimentos, por lo tanto es necesario aplicarlos a través del follaje. El Zn se aplica en forma regular cada año (porque es la deficiencia más común) (Medina *et al.*, 1999).

Fierro

El hierro puede ser absorbido como Fe^{3+} (Fe III) y, más fácilmente, dada su mayor solubilidad, como Fe^{2+} o ion ferroso (Fe II) (Agustí, 2004; Bonilla, 2008). Los árboles frutales ejercen una doble acción, primero solubilizando el Fe como Fe^{3+} y después lo reduciéndolo a Fe^{2+} para ser absorbido por las raíces (Agustí, 2004).

El hierro resulta indispensable aunque en concentraciones tisulares mínimas. El nogal absorbe cantidades mayores y es muy sensible ante su carencia. Todas las plantas lo contienen en proporción de 0.1 a 6 % (Baeyens, 1970).

Desde hace mucho tiempo se sabe que el hierro es indispensable para la formación de la clorofila, aunque no sea uno de los constituyentes. Además, el hierro forma diversas enzimas de oxidación (Trocme y Cras, 1979; Bidwell, 2002).

La carencia de hierro en todas las especies frutales, se manifiesta por la clorosis de las hojas, cuyos limbos adquieren un tinte verde pálido uniforme y también amarillo casi blanco; únicamente las nervaduras se destacan con un color verde oscuro, a veces casi rojizo. Esta clorosis comienza en las hojas más jóvenes y se extiende poco a poco hacia las más viejas. Se ha postulado que las reservas acumuladas en las hojas viejas son incapaces de socorrer las necesidades de los órganos más jóvenes, porque el hierro es relativamente poco móvil en los tejidos (Trocme y Cras, 1979; Rodríguez, 1993.; Núñez *et al.*, 2001).

La presencia de suelos calcáreos dificulta seriamente la absorción de Fe por los nogales. El ion bicarbonato (HCO_3^-), que se forma en este tipo de suelos, es el factor más importante asociado a su falta de disponibilidad (Medina *et al.*, 1999; Agustí, 2004).

El Fe es un nutrimento poco móvil en el árbol. En el nogal la carencia de hierro se presenta al inicio de la estación de crecimiento (mediados de abril-principios de mayo) y se hace más evidente conforme avanza el ciclo (Tarango 2004 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

La clorosis férrica se puede corregir con aspersiones a las plantas de un quelato de hierro o con una sal de hierro tal como EDTA (ácido etilendiaminotetracético) (Bidwell, 2002), o colocando el compuesto profundo en el suelo (Rodríguez, 1993).

El nivel recomendado de Fe en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 125 ppm (Medina, 2004).

Zinc

Junto con el N, este elemento es uno de los nutrimentos claves en la producción y calidad del nogal pecanero (Ojeda *et al.*, 2009). El Zn es el nutrimento que más atención ha recibido en los programas de manejo e investigación en cultivo de nogal, debido a su poca disponibilidad en el suelo y a las necesidades de los árboles, el Zn se ha vuelto un elemento clave (Perea *et al.*, 2010). El zinc es el principal micronutrimento para los árboles de nogal, es un elemento no traslocable y debe aplicarse anualmente al huerto (González *et al.*, 2010).

El zinc es absorbido como catión divalente (Zn^{2+}), la mayoría de las veces probablemente en forma de quelato. Su disponibilidad es mayor en suelos con un pH bajo (ácido) (Bonilla, 2008). Cantidades de otros cationes como Ca^{++} , inhiben su absorción (Agustí, 2004).

El Zn tiene relación directa con la síntesis del ácido indolacético (IAA). Además el Zn es activador obligado de numerosas e importantes enzimas en las que se incluyen las deshidrogenasa del ácido láctico y ácido glutámico, alcohol y pirimidín nucleótido (Bidwell, 2002). El Zn es un elemento esencial, que influye en los procesos de crecimiento y fructificación en el árbol de nogal, el cual si es aplicado foliarmente, previene y corrige cualquier deficiencia que presente el árbol, pero si es aplicado edáficamente la respuesta tarda algunos años (Perea *et al.*, 2010).

La falta de este elemento ocasiona que el nuevo brote tome forma de roseta (Rodríguez, 1993; Núñez *et al.*, 2001). La calidad y el rendimiento se pueden reducir considerablemente en nogales deficientes en Zn. Así mismo la apertura del ruzno se puede retrasar hasta 42 días en los árboles con síntomas de deficiencia severa. Los brotes con síntomas de arrosamiento prácticamente no presentan nueces (Núñez *et al.*, 2001).

Medina *et al.* (1999) mencionan que el Zn ya se aplica en forma regular cada año en la región norte del país, porque es la deficiencia más común. Por otro lado Favela *et al.* (2000) mencionan que una aspersión foliar de Zn a una concentración de 0.03% en otoño y dos en primavera incrementan la concentración de este nutrimento en la primera fase de la estación de crecimiento

Ojeda *et al.* (2009) mencionan al respecto que la práctica en la corrección de las deficiencias de Zn en nogal pecanero, cultivado en suelos alcalinos, consiste en aplicaciones foliares, en el periodo de brotación hasta crecimiento rápido de fruto, generalmente aplicando diferentes productos de Zn, incluyendo sulfato de Zn y quelatos de Zn. Sin embargo, menciona que no hay un consenso de que producto es más efectivo para suministrar este micronutriente al árbol.

El nivel recomendado de Zn en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 65 ppm (Medina, 2004).

Manganeso.

En suelos ácidos o ligeramente ácidos, el manganeso se encuentra en forma soluble e intercambiable como Mn^{2+} y su absorción tiene lugar como tal desde la solución acuosa. Pero a pH alcalinos se convierte en Mn^{3+} y Mn^{4+} , insolubles y difícilmente asimilables. Los pH ligeramente ácidos son por tanto, los más adecuados (Agustí, 2004).

El manganeso es imprescindible para la actividad de un gran número de sistemas enzimáticos (Trocme y Gras, 1979). Forma parte de metaloproteínas, en las que actúa como punto de unión activa o como sistema redox. También se encuentra formando enzimas, siendo la más importante la superóxido dismutasa (Agustí, 2004).

El Mn tiene funciones catalíticas: es el metal activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del nitrógeno y la fotosíntesis; se necesita para el funcionamiento de la nitrato reductasa, por lo que las plantas deficientes de este nutriente requieren NH_3 . También se necesita para la operación de algunas enzimas en el metabolismo de la hormona ácido indolacético (Bidwell, 2002).

Los síntomas visuales de la deficiencia de Mn en plantas se presenta como clorosis intervenal y manchas negro-parduzcas en las hojas más jóvenes según (Bonilla, 2008). La deficiencia de este elemento se produce de vez en cuando en huertas de nogal, más en la variedad "Wichita" en comparación a "Western" y otras variedades. A veces, los síntomas de deficiencia se presentan en todo el árbol, pero

las deficiencias son más frecuentes en ramas individuales de un árbol y se aprecian como malformaciones de las hojas, que se vuelven redondas y pequeñas en vez de lanceoladas (orejas de ratón) (González *et al.*, 2010). Este síntoma también se ha asociado a deficiencias de otros elementos como el Cu, y Ni (Wood y Reylli, 2004a).

Medina *et al.*, (1999) dice que para corregir las deficiencias de Mn en nogal pecanero, en la región norte de Coahuila y tener una concentración foliar arriba del límite de deficiencia es necesario realizar las siguientes aspersiones foliares: para árboles en desarrollo una aspersión de Mn con 2000 mg L⁻¹ el 18 de abril; para árboles en producción hay dos opciones: una aspersión de Mn con 4000 mg L⁻¹, el 18 de abril o dos aspersiones de Mn con 2000 mg L⁻¹ cada una, el 18 de abril y 9 de mayo.

El nivel recomendado de Mn en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 108 ppm (Medina, 2004).

Cobre

El cobre es absorbido como catión divalente (Cu²⁺) en suelos aireados y como ion cuproso (Cu⁺) en suelos pobres en oxígeno o con alto contenido de agua, como los suelos inundados de los manglares (Bonilla, 2008).

La esencialidad del Cu se explica por su presencia en diversas proteínas y enzimas implicadas en procesos de oxidación/reducción. Dos sistemas clave en este sentido son la plastocianina, una proteína cloroplástica involucrada en el transporte electrónico de la fotosíntesis entre el fotosistema II y el fotosistema I, y la enzima citocromo c oxidasa, una enzima respiratoria que cataliza la transferencia de electrones hasta el oxígeno en las crestas mitocondriales (Bonilla, 2008).

El Cu desempeña funciones catalíticas, siendo parte de varias enzimas importantes como la polifenol oxidasa y el ácido ascórbico oxidasa. El Cu 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, 2002).

Una deficiencia de Cu puede presentarse como una “muerte regresiva” de las ramas en los árboles frutales, donde las hojas se marchitan y caen, la corteza llega a ser áspera y fisurada con exudación de sustancias gomosas (Bidwell, 2002).

Las carencias de Cu se restituyen fácilmente con aplicaciones foliares de CuSO_4 . En la práctica las aplicaciones de fungicidas que se efectúan durante el cultivo de los frutales son suficientes para que no se presenten deficiencias (Agustí, 2004).

Medina *et al.* (1999) menciona que para corregir las deficiencias de Cu en nogal pecanero en la región norte de Coahuila y tener una concentración foliar arriba del límite de deficiencia, es necesario realizar dos aspersiones foliares para árboles en producción con 50 mg L^{-1} de Cu cada una, el 17 de abril y 30 de mayo. La concentración de Cu recomendada en las hojas de nogal pecanero en las zonas productoras de nuez en Coahuila es de 8 ppm (Medina, 2004).

Cloro

Hasta donde se sabe, el Cl es absorbido por la planta y permanece en ella en forma de ion (Bidwell, 2002).

La intervención como cofactor para activar el fraccionamiento de la molécula de agua en el fotosistema II (FS II) es la función más conocida del Cl (Kirkby y Römheld, 2007).

Este elemento por ser generalmente requerido en muy bajas concentraciones por las plantas puede clasificarse como micronutriente, pero es común encontrarlo en altas concentraciones dentro de las plantas

Los síntomas típicos de la deficiencia de Cl incluyen la caída de las hojas, enrollamiento de los folíolos, bronceamiento y clorosis similares a la deficiencia de Mn y severa inhibición del crecimiento radical (Kirkby y Römheld, 2007).

Molibdeno

El Mo existe en el suelo principalmente como sales de molibdato (MoO_4^{2-}) o (HMoO_4^-) y como Mo_2 (molibdenita) uno de los principales minerales que lo contiene. Es el único microelemento que aumenta su disponibilidad con el pH. Su función en las plantas deriva principalmente de su participación en las reacciones de tipo redox como constituyente de sistemas enzimáticos esenciales para plantas superiores. Forma parte de una enzima clave en la asimilación de nitrato, la nitrato reductasa, responsable de la reducción de los nitratos a nitritos. Está implicado en la degradación de bases púricas como adenina y guanina, como constituyente de la enzima xatín deshidrogenasa. Salvo a sus bajísimos requerimientos, su esencialidad es indudable. También está implicado en la formación de ácido abscísico al ser parte estructural de la enzima que genera dicho regulador de crecimiento vegetal (Bonilla, 2008).

No existe un valor que sirva de referencia en la concentración foliar de Mo en nogales en México (Medina, 2004).

Boro

A pesar de haber sido definido como esencial hace más de 80 años, el boro es probablemente el microelemento cuyo papel fisiológico y bioquímico permanece menos conocido (Bonilla, 2008). Parece ser que no existe evidencia alguna que el boro forme parte de alguna enzima (Kirkby y Römheld, 2007).

Las funciones en las que se piensa que participa el B incluyen el transporte de azúcares, lignificación de la pared celular (Agustí, 2004; Kirkby y Römheld, 2007) forma parte de la estructura de la pared celular, metabolismo de los carbohidratos, metabolismo del ARN, respiración, metabolismo del AIA, metabolismo de los fenoles, función de la membrana, fijación de la toxicidad de aluminio (Kirkby y Römheld, 2007).

La intervención del B en la germinación del polen y en el crecimiento del tubo polínico es particularmente importante para la producción de los cultivos. Ambos procesos se inhiben severamente cuando existe deficiencia de este elemento (Kirkby y Römheld, 2007).

Uno de los primeros signos de deficiencia de B es, por ejemplo, la inhibición en el crecimiento y desarrollo de las raíces, tanto primarias como secundarias. La división celular en los tallos y en las hojas jóvenes cesa (Bonilla, 2008), y a ello le siguen la necrosis y la muerte de meristemas (Kirkby y Römheld, 2007; Bonilla, 2008).

Díaz (2002) menciona que en los árboles frutales una falta de B se reflejará como un detenimiento del crecimiento vegetativo que en casos graves hace que muera el ápice, mientras que las hojas terminales serán pequeñas y se tornaran quebradizas. En caso de los frutos, quedan pequeños y deformes además de que pueden aparecerles “rajaduras”. Un exceso de B resulta en hojas con sus puntas amarillas y necróticas que caen prematuramente.

El B en nogal es muy inmóvil en comparación al almendro ya que no se trasloca vía floema a tejidos tales como los frutos en proceso de cuajado. La escasez de B en nogal de castilla hace fracasar la fecundación y formación de nueces o provoca deformaciones en la almendra (Ruiz, 2005).

González *et al.* (2010) menciona que la deficiencia de B es poco común en las áreas de cultivo comercial de nogal en la región de Bustamante, Nuevo León. La toxicidad por boro ocasionalmente se encuentra en huertos y se asocia principalmente con un alto contenido de boro del agua de riego, que es difícil o imposible de corregir. La lixiviación es el principal método de corrección de los altos niveles encontrados en el suelo.

La contracción foliar de B en nogales de alto rendimiento de las zonas nogaleras de estado de Coahuila es de 94 ppm (Medina, 2004).

Níquel

Hasta hace poco tiempo solo se consideraban los efectos tóxicos del níquel en la nutrición de las plantas (Kirkby y Römheld, 2007). El Ni ha sido añadido recientemente a la lista de elementos esenciales para las plantas (Bonilla, 2008).

Se ha demostrado que la deficiencia níquel también es causante del síntoma conocido como “oreja de ratón” en nogal pecanero (Wood *et al.*, 2002).

La deficiencia de Ni en nogal pecanero solamente se ha reportado una sola vez en el suroeste de los Estados Unidos. Los árboles presentaron hojas en forma de caparazón (oreja de ratón) y la madera se tornó quebradiza (Wood *et al.*, 2003 citados por Kirkby y Römheld, 2007).

No existe un valor que sirva de referencia en la concentración foliar de Ni en nogales en México (Medina, 2004).

Deficiencia y toxicidad de nutrimentos

Una deficiencia se puede desarrollar si la concentración de un elemento en el suelo o sustrato es baja, o si el elemento está en formas químicas que impiden su disponibilidad para ser absorbido (Retamales, 2009).

Cuando un tejido esta deficitario en un elemento esencial, se generan importantes cambios en su metabolismo y crecimiento. En primer lugar, se reduce la tasa metabólica en los procesos donde dicho elemento participa. Así, en ciertas ocasiones, las concentraciones excesivas de otro elemento pueden reducir la absorción de un nutrimento y provocar una deficiencia (Retamales, 2009).

El cuadro 1 muestra los rangos de suficiencia de nutrimentos, en el tejido foliar de nogal pecanero de tres regiones de Norteamérica.

Cuadro 1. Intervalos de suficiencia de nutrientes para nogal pecanero en EE.UU. y la Comarca Lagunera, México. Georgia¹ Nuevo Mexico² La Laguna, México³.

Nutriemento	Georgia¹	Nuevo Mexico²	La Laguna, México³
N	2.5 – 3.3	2.50 – 3.00	2.24 – 2.36
P	0.12 – 0.30	0.12 – 0.19	0.12 – 0.14
K	1.25 – 2.50	0.90 – 1.20	1.0 – 1.2
Ca	1.30 – 1.50	0.90 – 1.80	1.8 – 2.1
Mg	0.35 – 0.60	0.30 – 0.60	0.38 – 0.42
S	0.25 – 0.50	--	--
-----mg/kg-----			
Fe	50 - 300	50 - 250	115 - 135
Cu	6 - 30	8 - 30	7 – 9
Zn	50 - 100	50 - 100	57 – 73
Mn	100 - 800	100 - 600	94 - 122
B	50 - 100	5 - 200	85 - 103
Ni	5 -15	--	--

¹Wells y Harrison (2006); ²Herrera (1998); ³Medina (1995) citados por Medina y Figueroa s/a

Fertilización

Esta práctica consiste en adicionar al suelo los nutrimentos que este no puede proporcionar a las plantas. La fertilización de los árboles de nogal o de la huerta es una de las practicas más importantes durante el año y debe ser integrada dentro del programa de manejo general de la huerta (García, 2003; Ojeda *et al.*, 2009).

Fertilización al suelo

Es importante que al aplicar un fertilizante quede disponible para que el cultivo lo absorba eficientemente, para lo cual debe quedar en una posición adecuada, tratándose de un formulado sólido. El fertilizante se deposita manualmente o con maquinaria en dos bandas continuas a ambos lados del árbol, ligeramente más adentro de la orilla de la copa. En árboles jóvenes se utiliza el sistema de una sola banda, fertilizando a mano. En ambos sistemas, una vez colocado el fertilizante se incorpora al suelo con rastra o azadón e inmediatamente después se realiza un riego para que la fertilización sea efectiva (González *et al.*, 2010).

Fertilización Foliar

La aplicación foliar de nutrimentos se utiliza ampliamente por la rapidez con que se incorporan los elementos aplicados a la planta (Agustí, 2004). Las aplicaciones foliares son particularmente efectivas cuando se dan alguna de las siguientes circunstancias: 1.- Baja disponibilidad de nutrimentos en los suelos (especialmente por problemas de pH), 2.- Suelo con bajo nivel de humedad, 3.- Disminución de actividad radical durante la etapa reproductiva. En la actualidad, las aplicaciones foliares son parte del manejo comercial de huertos frutales (Retamales, 2009).

En el norte de México las aplicaciones más frecuentes son de nitrógeno, fosforo, potasio y zinc. El nogal necesita de nutrimentos que obtiene del suelo, agua

y atmósfera de manera natural, otros se complementan por medio de aplicaciones de fertilizantes vía foliar, al suelo o en el agua de riego (Chávez *et al.*, 2002).

La aplicación de microelementos se aplica por medio de aspersiones foliares debido al pH alto de los suelos alcalinos, que limitan su disponibilidad en este tipo de suelos (Ojeda *et al.*, 1999).

Diagnostico nutricional

Díaz (2002) menciona que la práctica de la fertilización en los huertos frutales es importante conocer su condición nutricional mediante los análisis y diagnósticos de suelo y tejidos vegetales.

Los análisis de suelo y planta son los medios utilizados para confirmar la observación de una deficiencia de los elementos nutrimentos tanto en suelo como en planta (García, 2003).

Análisis de suelo

Según Díaz (2002) el análisis de suelo no se le considera como herramienta totalmente válida para saber cuánto fertilizante aplicar a árboles frutales, por las siguientes razones:

- 1) No define con precisión cuanto de los nutrimentos está disponible.
- 2) El sitio de muestreo del suelo no es suficientemente representativo con el área ocupada por el sistema radicular de los árboles en toda la huerta.
- 3) No considera la cantidad de nutrimentos almacenados y disponibles en los tejidos del árbol.

De acuerdo a datos proporcionados por la asociación Nueces del Bravo, los productores de nuez en el norte de Coahuila, constantemente se enfrentan al problema de la nutrición del nogal. Según las normas reportadas por Medina (2004) los niveles recomendados de nutrimentos en las hojas de nogal son: nitrógeno (N) 2.3 %, fosforo (P) 1300 ppm, potasio (K) 11,110 ppm, calcio (Ca) 19300 ppm, magnesio (Mg) 400ppm, hierro (Fe) a 125 ppm, manganeso (Mn) a 108 ppm, zinc

(Zn) 65 ppm, cobre (Cu) 8 ppm, y B 94 ppm. Finalmente, de acuerdo a Beverly y Worley (1992) el nivel aceptable de Mo es de 6.3 ppm. Tomando como base las normas y valores recién mencionados, se reportaron niveles inferiores en el contenido de micronutrientes, especialmente K (67 % de las huertas), Ca (100 % de las huertas), P (100 % de las huertas), Zn (22 % de las huertas), Fe (67 % de las huertas) y Mn (100 % de las huertas). Estas deficiencias pueden ser causadas por inaccesibilidad de nutrientes debido a las condiciones de alcalinidad de suelo y/o de la calidad de agua de riego.

Análisis vegetal

Con el análisis de vegetal se puede tener información más válida para la planificar la fertilización, ya que refleja la condición nutricional real de la planta y es un indicativo más preciso (Díaz, 2002).

El análisis vegetal denominado también análisis foliar de tejidos vegetales o análisis mineral de plantas, se ha convertido en una gran herramienta para identificar y/o confirmar desórdenes nutricionales, ya que correlaciona el contenido de un nutriente dado, con la apariencia de la planta, rendimiento y/o calidad del producto cosechado. Su objetivo principal es detectar con oportunidad el status de algún elemento con el fin de hacer las correcciones pertinentes al programa inicial de fertilización (Grageda, 1999; Castellanos *et al.*, 2000;).

Para conocer el estado nutrimental de cada huerta de nogal en particular, se recomienda realizar un análisis foliar cada año y cuando no sea posible, por lo menos cada tres años. Con el análisis foliar se puede evaluar la condición nutricional de los nogales, diagnosticar desórdenes nutritivos, establecer los niveles adecuados de nutrientes necesarios para el árbol, detectar toxicidad y deficiencias, así como distinguir entre desórdenes nutricionales y otros tipos de daño (González *et al.*, 2010).

Algunos Desordenes Fisiológicos en Nogal Pecanero

Germinación prematura de la nuez

En algunas condiciones, las semillas de ciertas plantas pueden germinar cuando aún están adheridas a la planta madre. El fenómeno se llama viviparidad o germinación prematura (Hartmann y Kester 1989 citados por Dardon, 2007).

La germinación prematura de la nuez (viviparidad), es un mecanismo de sobrevivencia que han desarrollado las especies nativas de plantas, para asegurar su perpetuidad; en árboles de nogal, sin embargo, dicho fenómeno es contrario a los intereses comerciales de calidad de la nuez, al desarrollar sabores desagradables en la almendra, el precio del producto disminuye hasta en 70%; además, de que se hace necesario realizar gastos adicionales para la selección de nuez buena (Lagarda, 2007).

La germinación prematura de la nuez en nuestro país ocurre en las regiones nogaleras con veranos y otoños cálidos, como son, Sonora, norte de Coahuila, Comarca Lagunera, sur de Chihuahua. Sin embargo en regiones frías como Saltillo, Parras y Durango, Dgo. Este problema no es común (Lagarda, 2007).

Observaciones realizadas sobre la germinación de la nuez en diferentes lugares productores de nuez, muestran que hay una tendencia de mayor germinación en aquellos lugares con temperaturas de otoño más elevadas (cuadro 2) (Lagarda, 2007).

Cuadro 2.- Porcentajes de nuez germinada y verde en variedades de nogal en diferentes regiones productoras. INIFAP-CELALA. (Tomado de Lagarda, 2007).

variedad	% de Nuez Germinada		
	Delicias, Chih.	Laguna	Zaragoza, Coah.
Western	0	3.7	5.4
Wichita	0	2.6	9
Mahan	0	37.5	15.6

Hoja corchosa

El N y el K parecen estar involucrados en un desorden fisiológico conocido como hoja corchosa, que se manifiesta como áreas necróticas en las hojas del nogal. Este problema se presenta en huertas donde la fertilización nitrogenada es alta, y el suministro de potasio es bajo. Las variedades más afectadas son Shoshoni, Desiderable, y Cheyenne. No obstante, un estudio donde se evaluaban dosis de N y P no se encontró efecto significativo en la interacción de estos dos nutrientes. Solo en tres de 11 años en estudio se encontró que el síntoma se redujo cuando se incrementaban las dosis de potasio (Worley, 1991 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

Quemado de hoja

Niveles excesivos de N tienden a reducir las concentraciones de otros elementos en el árbol principalmente K y en menor cantidad P, simplemente porque el crecimiento estimulado por el N adicional, diluye la cantidad de K y P. Si la cantidad de K en hoja está en nivel mínimo, la aplicación de N induce lo que se denomina “quemado”. El “quemado de la hoja” causa una severa defoliación que aparece primero en la parte basal de las hojas y brotes y progresivamente aumenta hacia las puntas (Goff *et al.*, 2000 citado por Ojeda *et al.*, 2009).

Ruezo pegado

Ruezo pegado es el nombre común que se le da a un complejo de problemas de características fisiológicas y de daño por plagas que se presentan en el ruezo a partir del inicio del estado acuoso de la nuez en el desarrollo de la nuez. La sintomatología común es la muerte prematura, parcial o total del ruezo. Esta muerte resulta de la interrupción de agua y nutrientes hacia el fruto.

Se manifiesta de con cualquiera de los siguientes eventos: a) caída prematura del fruto al inicio del endurecimiento de la cascara a principios de agosto b) la muerte y dehiscencia parcial y prematura del ruezo en la punta del fruto que resulta en el

desarrollo incompleto o nulo de la almendra (nuez vana) c) la muerte y fuerte adherencia del ruezno completo a la cascara de la nuez, que da lugar al síntoma típico de enfermedades de ruezno pegado (Herrera y Samaniego, 2002).

Rajado de la nuez

Ramírez y Benavides (2003) mencionan que el agrietado o rajado es la muerte del tejido del ruezno que ocurre en la áreas localizadas entre las suturas del mismo, este daño se extiende hacia el interior del fruto abarcando la cáscara y la almendra en formación, en donde forma una grieta en el ruezno y cáscara del fruto. La grieta o rajadura se origina debido a que la presión de turgencia de la almendra en desarrollo es alta. (Wells, s/a), el fenómeno ocurre en el estado acuoso del desarrollo de la nuez. Este problema se presenta en cv. de cascara delgada y también los que tienen cascara relativamente gruesa (Wood y Raily, 1999). Este daño aparentemente es causado por una absorción excesiva de agua por el fruto después que el árbol ha estado bajo estrés de humedad. Este problema se manifiesta en el Norte de Coahuila y Región Lagunera y se presenta con mayor frecuencia en la variedad Wichita (Herrera y Samaniego, 2002).

En nogal pecanero Wells y Wood (2008) observaron que aplicaciones foliares de B y Ni lograron reducir el rajado de nuez. Además menciona que otros micronutrientes como el Cu, Fe, Mn, Zn y Ni podrían estar relacionados con el rajado de la nuez, por su aparente relación directa o indirecta en el proceso de lignificación de las paredes celulares.

De acuerdo al autor mencionado en el párrafo anterior, posiblemente este desorden fisiológico sea ocasionado por deficiencias de micronutrientes en los nogales, y que se acentúan debido a la poca disponibilidad que presentan en suelos alcalinos, como los son los suelos del Norte de Coahuila. Por lo tanto pudiera ser una de las razones por la cual en los últimos años los productores de nuez del Norte de Coahuila han reportado pérdidas de producción de hasta el 40%, motivo que llevo al desarrollo de este trabajo de investigación. El objetivo principal de esta investigación es evaluar la concentración foliar de macro y micronutrientes a aspersiones foliares

en los cultivares Western y Wichita para poder relacionar la relación de la fertilización foliar y la concentración foliar de algún nutrimento con la incidencia del rajado en la nuez para contribuir al control de tal desorden fisiológico del nogal pecanero.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en la huerta Santa Julia propiedad del M.C. Juan Corral Garza ubicada en el municipio de Morelos, Coahuila, (28° 21' 40.8" N y 100° 55' 51" O). La huerta cuenta con nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh C. Koch) de los cultivares Western Schley y Wichita con una edad promedio de 25 años.

Condiciones climáticas de la región.

Todo el municipio de Morelos tiene un clima seco semicálido y la temperatura media anual es superior a los 20°C; la precipitación pluvial promedio anual en el centro del territorio es de 200 a 300 mm, mientras que en los extremos este y oeste del municipio es de 300 a 400 mm (INEGI, 2012).

Manejo de la huerta

La huerta Santa Julia se maneja con riego rodado, aspersiones foliares de ácidos húmicos y aplicaciones de hongos entomopatógenos y bacterias antagonistas de fitopatógenos. Actualmente la fertilización de la huerta se hace al suelo y de manera orgánica con aporte de residuos orgánicos, melaza de maíz, biofertilizantes bacterianos y micorrízicos, entre otras prácticas.

Un análisis de suelo proporcionado por M.C. Juan Corral Garza propietario de la huerta dio como resultado lo siguiente: el suelo resultó tener una textura arcillo limosa, un pH de 8.91 en el estrato 0 - 30 y de 8.29 en el 30 - 60, así como una conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación de 0.72 y 0.81 dS m⁻¹, respectivamente, además de un contenido de materia orgánica de 1.75 % y 1.08 %. La concentración de macronutrientes y micronutrientes en el suelo se muestran en los Cuadro 3 y 4 respectivamente.

Cuadro 3. Concentración de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) en una muestra de suelo realizada en el mes de Marzo en la Huerta Santa Julia, Morelos, Coahuila. 2011.

Estrato de suelo	N ppm	P ppm	K ppm	Na ppm	Ca ppm	Mg ppm
0 – 30 cm	9.2	4.6	470	112	8040	900
30 – 60 cm	18.2	4.3	464	136	8938	884

Cuadro 4. Concentración de Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Boro (B), y Níquel (Ni) en una muestra de suelo realizada en el mes de Marzo en la Huerta Santa Julia, Morelos, Coahuila. 2011.

Estrato de suelo	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm	Ni ppm
0 – 30 cm	5.67	1.08	1.61	13	1	0.07
30 – 60 cm	5.74	0.94	1.32	10.4	0.8	0.05

Establecimiento del experimento

En el sitio experimental se seleccionaron 4 parcelas de 16 árboles cada una, las cuales contenían a la vez 8 árboles del cultivar Wichita y 8 de la cultivar Western Schley (64 árboles en total). Una de las parcelas fue tomada como testigo a la cual se le asperjó únicamente agua al follaje. El agua asperjada en el tratamiento testigo tenía un pH de 8.3 y una CE de 0.40 dS m⁻¹. Las otras tres parcelas recibieron aplicaciones de tres tratamientos distintos: (i) aspersiones foliares con macronutrientes, (ii) micronutrientes y (iii) la mezcla de macro + micronutrientes. El pH de la solución fue ajustado a 6.5 con HCl 1N y la CE de la solución final fue de 2.46, 7.20, y 11.7 dS m⁻¹.

Las soluciones se hicieron utilizando 200 litros agua. Las dosis aplicadas en ppm de cada uno de los nutrientes en los tratamientos las cuales se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Dosis de los nutrientes en ppm de las soluciones aplicadas al follaje.

Nutrientes	Elemento	Concentración final (ppm)	Nutrientes	Elemento	Concentración final (ppm)
Macronutrientes	N	920	Macro más micronutrientes	N	920
	P	590		P	590
	K	860		K	860
	Ca	945		Ca	945
	Cl	600		Cl	600
Micronutrientes	Cu	50		Cu	50
	Ni	80		Ni	80
	Mn	50		Mn	50
	Zn	80		Zn	80
	Fe	300		Fe	300
	B	80		B	80
	Mo	40		Mo	40

Método de aplicación

Las soluciones de las mezclas de nutrientes se aplicaron al follaje, para lo cual se empleó un tractor con tanque pulverizador de alta presión. La aspersion se realizó hasta observar en el árbol goteo de la solución aplicada. La hora de aplicación fue por las mañanas entre 8 y 10 de la mañana. Los tratamientos se aplicaron mensualmente, a partir de la primera semana del mes de abril y hasta el mes de septiembre del año 2012.

Análisis del estado nutricional de árboles

Muestreo de hojas

Con la finalidad de observar y comparar el estado nutricional de los brotes donde hubo nueces rajadas y no rajadas, el muestreo de hojas se realizó por

separado en brotes donde se presentaron nueces rajadas y en aquellos donde se presentaron nueces no rajadas.

Este muestreo se llevó a cabo cuando la nuez entró en la etapa acuosa de desarrollo del endospermo y hasta que la misma se manifestó en la mayor parte de la huerta. Dichas condiciones se cumplieron a finales del mes de julio, por lo que las muestras se colectaron el día 26 del mismo mes.

Tal como lo indica Chávez *et al.* (2002), la técnica de muestreo se realizó por variedades separadas. La forma de muestreo consistió en tomar de 80 a 100 folíolos al azar por cada repetición. Los folíolos seleccionados fueron tomados de la parte media de la hoja compuesta situados en los brotes nacidos en el mismo año. Los folíolos se muestrearon en el estrato de 2 a 5 m de altura por encima de la superficie del suelo y considerando al menos los 4 puntos cardinales. Las muestras se colocaron en bolsas de papel previamente rotuladas con los datos de identificación correspondientes. Posteriormente los folíolos fueron lavados con agua común, después en una solución al 3% de HCl y enjuagados en dos ocasiones en agua destilada.

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Agroplasticultura dentro de las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada, en el cual se metieron a una estufa de secado por un tiempo no menor de 72 horas y a una temperatura de 90 °C con el objetivo que las hojas alcancen un peso constante debido a la pérdida de humedad.

Molido de muestras foliares

Una vez deshidratadas las muestras se tomaron los folíolos de cada una de las muestras y se trituraron para obtener tamaños que pudieran ser colocados sin mayor problema en el molino Analytical Mill (A-10, Tekmar Co). Posteriormente fueron molidos. El molino se limpió de forma manual con papel sanita y se aplicó aire comprimido con un compresor, esto se hizo al terminar de moler cada muestra diferente, con el único objetivo de no contaminar las muestras siguientes con residuos de la muestra anteriormente molida. Las muestras fueron cribadas con un

filtro de 40 mallas. A las muestras tamizadas se les analizó el contenido nutrimental con cuatro repeticiones por tratamiento por cada cultivar (Wichita y Western).

Las muestras obtenidas fueron enviadas al Laboratorio de Análisis Químico del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo de Texcoco, Estado de México, para la determinación nutrimental presente en el material vegetal.

Análisis nutrimental

Se determinó el contenido tanto de macronutrientes como de los micronutrientes utilizados en los tratamientos aplicados en el experimento. Estos fueron N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Ni.

El N total fue determinado en base al método de Micro-Kjeldahl (Chapman y Pratt, 1973) en el cual el material previamente molido y pasado por cedazo de malla 20 (.5 g) se llevó a digestión con una mezcla de $H_2SO_4:HClO_4$ (2:1 ml) y 2 ml de H_2O_2 al 30 %. La digestión se siguió una hora más después de que la solución tomó un color claro. La concentración de N se obtuvo mediante titulación con H_2SO_4 0.05 N. hasta la aparición de un color rosa pálido

La concentración de K en los tejidos se determinó con un flamómetro Corning 400, tomando una muestra del digestado obtenido a partir de 0.5 g de muestra molida a la que se le añadieron 4 ml de una mezcla de $H_2SO_4:HClO_4$ (2:1 ml), llevada a calentamiento ($50^\circ C$) y posteriormente se le añadieron 2 ml de H_2O_2 al 30 % (Alcántar y Sandoval, 1999).

La concentración de P, Ca, Mg y de los micronutrientes se determinaron por Espectrometría de Emisión de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES VARIAN, modelo Liberty) utilizando el extracto diluido (1:50) obtenido con la digestión ácida de las muestras secas. La concentración de S se determinó por turbidimetría (Alcántar y Sandoval, 1999), con ayuda de un espectrofotómetro (Thermo Spectronic-Genesystm 10uv) con lecturas a 420 nm, realizando previamente una digestión húmeda del material empleando una mezcla de $HNO_3:HClO_4$ (2:1 ml). El método se modificó al utilizar 0.25 g de muestra y aforar a 50 ml.

Muestreo de nueces rajadas

El muestreo de nueces rajadas se realizó en la última semana de julio, una vez que la fase de estado acuoso había concluido y comenzó el endurecimiento de la cáscara. El muestreo se efectuó en cada una de las repeticiones de las variedades Wichita y Western. Se seleccionaron aproximadamente 50 racimos al azar, se contó el número de nueces por racimo (aproximadamente 145 nueces en los 50 racimos) y nueces rajadas en cada uno de los racimos. Esto fue para determinar el porcentaje de nueces y racimos con nuez rajada.

El porcentaje de nueces rajadas se determinó en cada una de las repeticiones de la siguiente manera:

$$\% NR = \frac{NR}{n} \times 100$$

Dónde:

% NR= Es el porcentaje de nueces rajadas en cada repetición.

NR= Es el número total de nueces rajadas por repetición.

n= Es el total de nueces muestreadas en cada repetición.

El porcentaje de racimos con nuez rajada se determinó de la siguiente manera.

$$\% RNR = \frac{RNR}{r} \times 100$$

Dónde:

% RNR= Porcentaje de racimos con presencia de nueces rajadas.

RNR= Número total de racimos con presencia de nueces rajadas.

r= Es el número de racimos muestreados.

Rendimiento

La cosecha se hizo de forma manual. Las nueces se sometieron a cuartos de aire forzado para inducir el secado. Cuando las nueces alcanzaron condiciones de comercialización se pesaron en una balanza industrial.

Relaciones nutrimentales

Para profundizar en los análisis nutrimentales se calcularon las 45 relaciones nutrimentales tal como lo describe Medina (2004) para cada una de las repeticiones y se compararon con las normas de referencia.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron sometidos a una prueba de ajuste de normalidad. En aquellos casos en que los datos no se ajustaban a una distribución normal fueron transformados aritméticamente. Esto fue: los datos obtenidos para porcentaje de rajado de nuez y porcentaje de racimos con nuez rajada se transformaron con la función trigonométrica de arco coseno. Los datos de la concentración foliar de cada uno de los nutrientes fueron transformados por el método de la raíz cuadrada.

Los resultados de concentraciones foliares de nutrientes y sus relaciones, fueron evaluados mediante un análisis de varianza de dos factores. El primer factor consideró a las variedades Wichita y Western mientras que el segundo consistió en los cuatro tratamientos de fertilización foliar (macro-, micro-, macro- más micronutrientes, y testigo).

Además, para la variedad Wichita se analizó el contenido nutrimental de las hojas cuyos racimos tenían nueces rajadas, o no rajadas. Para esta evaluación también se recurrió a un ANVA de dos factores, donde el primer factor consistió en la condición de la nuez (rajada o no rajada) y el segundo factor comprendió también los cuatro tratamientos foliares.

En el caso de diferencia estadística arrojadas por los ANVA, se realizó la prueba de comparación de medias por el método Duncan con ($\alpha=0.05$).

Finalmente, se hicieron análisis de correlación Pearson ($\alpha=0.05$) entre la concentración de cada nutrimento, de cada repetición y el porcentaje de nuez rajada de las mismas.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico XLSTAT 2012 (Addinsoft). La captura y preparación de los datos fueron hechas en Excel (Microsoft 2007), dado que dicho programa estadístico se ejecuta simultáneamente con este.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rajado de nuez

El rajado de la nuez en este trabajo se observó únicamente en el cultivar Wichita.

En Wichita el tratamiento de micronutrientes fue el único que llegó a promediar valores menores de nueces y racimos rajados que la solución utilizada como testigo, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Cuadro A1 y A2 del apéndice). Por el contrario, la solución que contuvo la mezcla de macro más micronutrientes y la mezcla que solo contuvo macronutrientes, presentaron porcentajes mayores que el tratamiento testigo en ambos parámetros (Figura 1). Pero de acuerdo con el análisis de varianza (cuadro A1 y A2 del apéndice) tampoco existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

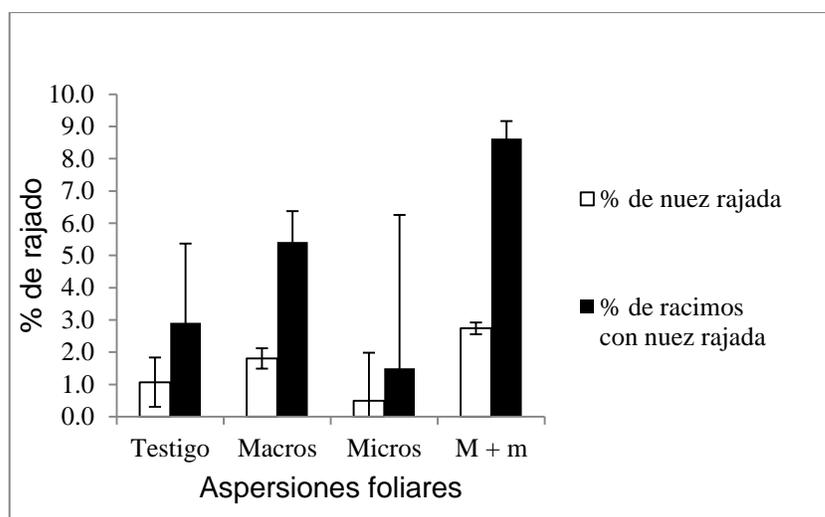


Figura 1. Porcentaje de nuez rajada y racimos con nuez rajada en nogales cv. Wichita asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro- más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo). Las barras indican el error estándar de la media.

En contraste con el cultivar Wichita, en el cultivar Western no se logró observar el rajado de la nuez en ninguno de los tratamientos incluyendo al testigo. Este hecho confirma que el cultivar Western es menos susceptible al rajado que Wichita mismo que han observado los productores y técnicos de la asociación Nueces del Bravo S.P.R. de R.L. (com. pers.)

Proporcionalmente, fueron muy pocas las nueces rajadas obtenidas en el cultivar Wichita ya que en ninguno de los tratamientos la media supero el 3 % de daño por este desorden. Los técnicos de la asociación Nueces del Bravo S.P.R. de R.L. (com. pers.) apoyan el hecho de que los porcentajes de rajado en este año 2012 fueron muy por debajo de las pérdidas que pueden llegarse a presentar, ya que en años anteriores los productores han reportado pérdidas de hasta el 35 al 40 % por consecuencia del rajado de nuez. Por otro lado nuestros resultados también contrastan con lo reportado por Wood y Reilly (1999) quienes en un experimento de tres años realizado en Arizona, (E.E.U.U.) en el cultivar Wichita observaron entre 12 y hasta el 33 % de nueces con presencia de rajadura. Este fenómeno se dio en suelos secos y con precipitaciones presentes en la etapa de susceptibilidad al rajado. Inclusive, los mismos autores mencionan que esos valores son bajos ya que para la zona de Arizona suele presentarse con mayor intensidad el rajado de nuez.

La baja incidencia de nuez rajada en este estudio pudo deberse en gran medida a que no se presentaron las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de este desorden las cuales se muestran en el cuadro A 13 y A 14 del apéndice. Los datos son de la estación meteorológica más cercana a la huerta del presente experimento. Entre estas, las condiciones ambientales que favorecen el rajado se destaca una precipitación pluvial repentina o riego pesado (principal factor por el cual se origina el rajado de la nuez) cuando el suelo donde se desarrollan los nogales está seco o con poca humedad, durante la etapa de endurecimiento de la cascara de la nuez. Ya que es en este lapso cuando se presenta el periodo de susceptibilidad del rajado de nuez (Wood y Raily, 1999).

Los técnicos de la asociación Nueces del Bravo S.P.R. de R.L. (com. pers.) mencionan que el cultivar Western quizás tenga una cascara relativamente más gruesa, o que empieza a endurecer más rápido que la cascara que presentan las

nueces del cv. Wichita. Es quizás por este motivo, que logra soportar de mejor forma la presión de turgencia del líquido interno del endospermo, ya que es mayor en la parte terminal de la etapa acuosa (Wells, s/a) del desarrollo de la nuez y por lo tanto este cultivar no presentó la fisiopatía.

De acuerdo a un muestreo para presencia de nueces rajadas en huertas de la región nogalera que comprende los municipios Allende, Morelos, Nava, Villa Unión y Zaragoza denominada la región de los cinco manantiales, se encontraron nueces rajadas únicamente en los cv. Wichita y Pawnee a diferencia que en los cv. Western y Cheyenne no se encontró presencia de nueces rajadas (datos no incluidos).

A pesar que la cascara que presentan estos cultivares se denomina cascara de papel, la cáscara de nueces en Pawnee es relativamente más delgada que la presentan las nueces del cv. Wichita (Goff *et al.*, 1991). Es de esperarse que se hubiera presentado un mayor número de nueces rajadas en el cv. Pawnee. Pero como no fue así, esto se puede atribuir en gran medida a la susceptibilidad que difiere en cada uno de los cultivares, tal como menciona Pett (1992) citado por López, (2006) para el caso del tomate donde además de los factores como humedad del suelo, radicación luminosa y temperaturas elevadas, también influye la susceptibilidad varietal.

Análisis nutrimental

Macronutrientos

Según el análisis de varianza, de la concentración foliar de macronutrientos en los cultivares Western y Wichita (Cuadro A3 del apéndice) hubo un incremento estadísticamente significativo en la concentración foliar de P y altamente significativo de N y Ca, por efecto de cualquiera de las tres soluciones que se aplicaron al follaje comparadas con el testigo.

La concentración foliar de N que presentaron los nogales por efecto de las aspersiones foliares tuvieron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) siendo la concentración más elevada aquella en nogales tratados con solo macronutrientos (3.2 %) y la menor en aquellos tratados con la mezcla de macro- más

micronutrientes (2.8 %). Contrastando con el testigo, la concentración de N fue de 9% más con la mezcla micronutrientes, 3 % más con la mezcla de macronutrientes pero 5% menos N que el tratamiento testigo cuando se asperjó con la mezcla de macro- y micronutrientes (Figura 2a).

Para el caso de P y Ca la concentración foliar en relación al testigo se vio incrementada por cualquiera de las tres mezclas asperjadas. La solución que contenía la mezcla de macronutrientes incrementó en un 26 % y 35 % respectivamente; la mezcla de micronutrientes lo hizo en un 12 % y 25% respectivamente, y por último la solución con la mezcla de macronutrientes más micronutrientes tuvo un incremento de 26 % y 23% respectivamente en la concentración foliar de P y Ca (Figura 2b y 2c, respectivamente). En la concentración foliar de P únicamente el tratamiento de macronutrientes y el de macro- más micronutrientes fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) al tratamiento testigo. Para el Ca, la concentración foliar en el tratamiento testigo fue estadísticamente menor ($p < 0.05$) a las tres mezclas aplicadas, es decir diferente a macronutrientes, micronutrientes y macro más micronutrientes.

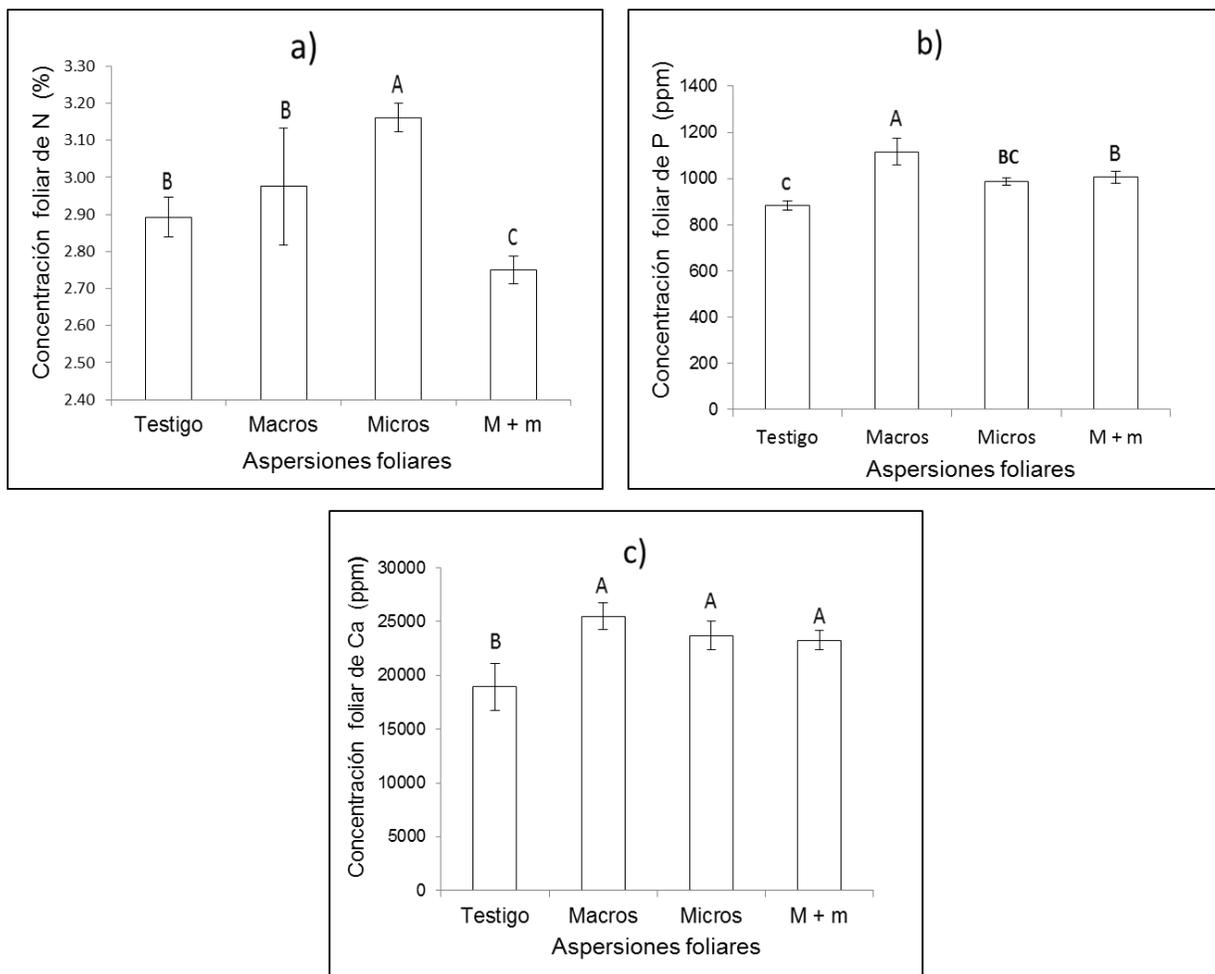


Figura 2. Concentración foliar promedio de macronutrientes en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro- más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo) N (a), P (b) y Ca (c). Medias (\pm error estándar, n=8) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)

Las concentraciones foliares de N y Ca, en el cultivar Western y Wichita (Cuadro A7 del apéndice) están por encima de los nivel recomendados que es del 2.30 % para N y 19 300 ppm para el Ca (Medina, 2004). En lo que respecta al P, a pesar de que los tres tratamientos con nutrientes lograron incrementar la concentración en hojas, estas se mantuvieron por abajo de 1 300 ppm, concentración recomendada por Medina (2004). La concentración de fosforo de 590 ppm que se aplicaron en los diferentes tratamientos fue capaz de incrementar la concentración

foliar de P en los nogales asperjados con las diferentes mezclas, pero incapaz de elevar la concentración de P arriba de 1 300 ppm recomendado por Medina (2004), se sugiere hacer más pruebas con dosis más elevadas para poder determinar una dosis la cual logre incrementos satisfactorios sobre la concentración recomendada.

La concentración foliar de Ca, se benefició por todas las aspersiones foliares y fueron superiores a 19 300 ppm (concentración recomendada) y el tratamiento utilizado como testigo presentó una concentración foliar inferior a la recomendada (Medina, 2004) y superior a 14 500 ppm concentración normal reportada por Beverly y Worley (1992) para la región de Arizona. A pesar que la concentración de Ca presente en los suelos suele ser suficiente para un buen desarrollo de las plantas (Retamales, 2009), en este experimento el tratamiento testigo tuvo concentración inferior a 19 300 ppm (Medina, 2004). Probablemente los altos contenidos de Ca, como lo indicó el análisis de suelo de la huerta en estudio (Cuadro 3), no se encuentran en una forma que las plantas lo puedan asimilar, o probablemente no se encuentran en balance con el Mg y K (Cuadro 3), los cuales son fuertes competidores del Ca (Navarro y Navarro, 2003).

En ambos cultivares, la concentración de Mg, aunque no fue afectada significativamente por las mezclas de nutrimentos, aun así está en los niveles óptimos de 4 000 ppm (Cuadro A7) (Beverly y Worley, 1992; Medina, 2004). En contraste al K, la concentración en todos los nogales tratados con los diferentes tratamientos estuvo en el rango catalogado como bajo de acuerdo a varios autores (Figura 3) (Pond *et al.*, 2006; Meras 1999 citado por Ojeda *et al.*, 2009) y muy abajo del nivel recomendado para nogales en la región de Coahuila que es de 11 100 ppm (Medina, 2004).

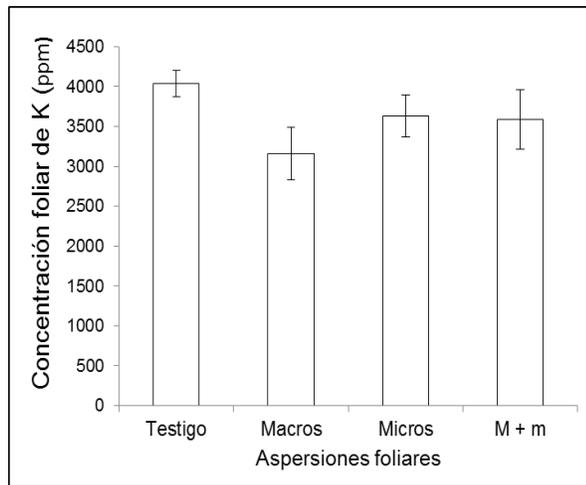


Figura 3. Concentración foliar promedio de K en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro- más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo). Medias (\pm error estándar, n=8).

Vale la pena hacer notar que aunque el tratamiento con solo micronutrientes omitió completamente la fertilización foliar con macronutrientes, el N, P y Ca se vieron beneficiados en su concentración, a excepción del K que no se benefició (Figura 3). Esto quiere decir que la mezcla con micronutrientes probablemente produjo un efecto benéfico en dos frentes del árbol, por un lado mejorando la absorción por las raíces y por otro lado mejorando la asimilación de los nutrientes por los tejidos foliares. Abdel *et al.* (2011) encontró algo similar trabajando con plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) que con la aplicación foliar de Mani-Plex, una formulación que contiene alcohol de azúcar (0,2% de B, 0,3% de hierro, 3,2% de Mn, Zn 2% y 5% N) y Amino-verde, una mezcla de aminoácidos y micronutrientes (15% de aminoácidos, 2,9% de Fe, 1,4% de Zn y 0,7% de Mn), en concentraciones de 1,0 y 2,0 cm³ / l, ambas aspersiones lograron incrementar significativamente la concentración de N, P y K.

Micronutrientes

Concerniendo a los micronutrientes que fueron considerados en los tratamientos, la concentración foliar de Fe, Cu, Zn, Ni presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$, Cuadro A4 del apéndice) y B ($p < 0.05$ Cuadro A4 del apéndice) se vio significativamente afectada por la aplicación de las mezclas probadas.

Tanto el Fe, como el Cu y Ni incrementaron su concentración en árboles fertilizados foliarmente comparados con el tratamiento testigo (Figura 4a, 4b y 4e). Dichos incrementos ascendieron a 104 %, 87 % y 1500% respectivamente en la mezcla aplicada conteniendo macro más micronutrientes; 42 %, 55 % y 800 % respectivamente, en la mezcla que solo contenía micronutrientes y mientras que en la mezcla que solo contuvo macronutrientes se incrementaron 14%, 14% y 500% respectivamente.

Por otro lado, la concentración foliar de Zn no tuvo un incremento por efecto de las aspersiones foliares en relación al tratamiento testigo, sino al contrario, los árboles fertilizados foliarmente, con cualquiera de las tres diferentes mezclas, presentaron menor concentración foliar de Zn que aquella que presentó el tratamiento testigo (Figura 4c). La mezcla de micronutrientes, macronutrientes y la mezcla de macros más micronutrientes presentaron -15 %, -28 % y -33 % concentración con respecto a la concentración del tratamiento testigo.

La que menos diferencias estadísticas presentó entre los cuatro tratamientos estudiados fue la concentración foliar de B (Figura 4d), Para la cual, las aspersiones foliares de micronutrientes fue la que produjo la mayor concentración a la que le siguieron la mezcla de macro- más micronutrientes y el testigo. En cambio la mezcla de macronutrientes presentó la menor concentración siendo sólo estadísticamente diferente de la del tratamiento con micronutrientes.

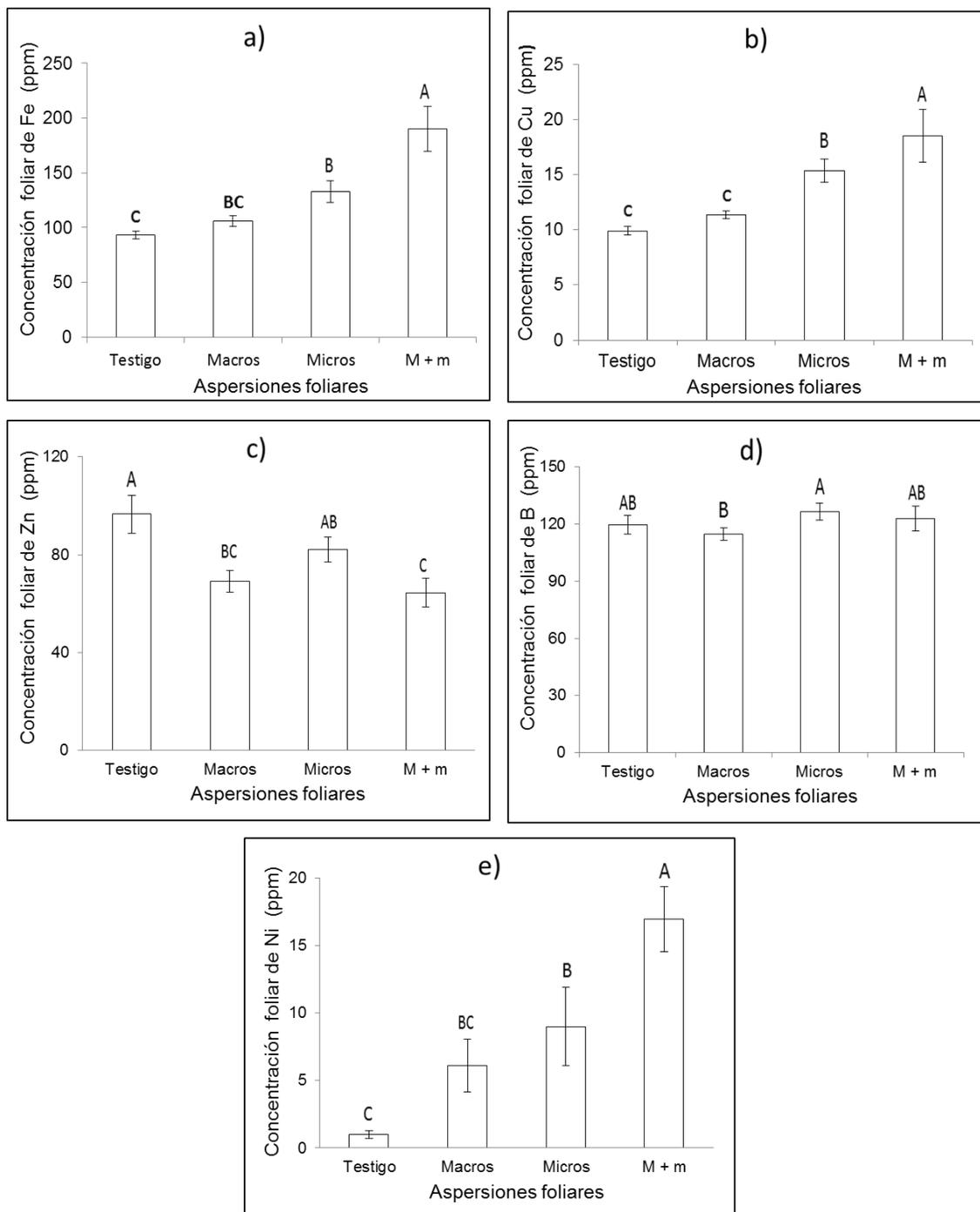


Figura 4. Concentración foliar promedio de micronutrientos en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientos (Macros), micronutrientos (Micros), con macro- más micronutrientos (M+m) y sin asperjar (Testigo). Fe (a), Cu (b), Zn (c), B (d) y Ni (e). Medias (\pm error estándar, $n=16$) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)

La concentración media foliar de Fe y Cu, en los tratamientos de micronutrientes y macro- más micronutrientes, están por encima de la concentración media de las regiones nogaleras del estado de Coahuila (125 ppm y 8 ppm, respectivamente) (Medina, 2004). Los valores del tratamiento de macronutrientes y el tratamiento testigo están debajo de 125 ppm reportados para Fe. Mientras que para Cu están por encima del valor reportado (8 ppm) por esta misma autora. A pesar de que no hay un nivel de referencia para el Ni, en las zonas nogaleras del estado de Coahuila (Medina, 2004) la concentración foliar de este, estuvo en el rango reportado como normal en la zona de Arizona (8.5-14.2 ppm) por Pond *et al.* (2006) en árboles tratados con macro- más micronutrientes.

Para Zn, los tres tratamientos de mezclas de nutrientes tuvieron una concentración inferior a la presentada en el tratamiento testigo. Aun así, la concentración media foliar de todos los tratamientos están por encima del valor reportado como adecuado, para Zn, en el estado de Coahuila que es de 65 ppm (Medina, 2004). Probablemente esta concentración se alcanzó con las primeras tres aplicaciones ya que correspondieron a la etapa, en la cual las hojas son más jóvenes y alcanzan una mayor absorción de Zn, hasta el 1% de la cantidad aplicada, después de esta etapa la absorción se reduce a 0.1 % (Storey, 1973). Algo similar mencionan Medina y Chávez (1999), quienes comentan que con un mínimo de 2 aspersiones en el cv. Western y tres en cv. Wichita, aplicadas en abril, es posible abastecer la demanda de Zn y permite mantener en el follaje una concentración superior de 50 a 60 mg kg⁻¹ (que es el límite de deficiencia). Como lo reportó Favela *et al.* (2000) en un experimento con una aplicación foliar de sulfato de Zn a una dosis de 0.03% en otoño acompañada de una, dos, tres, cuatro, cinco y seis aplicaciones posteriores a la primavera, encontró que aplicaciones con solo dos aspersiones después de la primavera modificaron estadísticamente la concentración de Zn, pero fueron menores y estadísticamente diferentes a las concentraciones de Zn en cuatro, cinco y seis aplicaciones en primavera. Núñez *et al.* (2001) mencionan que en la costa de Hermosillo, Sonora se requieren de mínimo 5 aplicaciones foliares de este nutriente

para ubicarlo dentro del nivel considerado como óptimo las cuales son aplicadas después de la brotación.

Por este motivo quizás la dosis de las tres diferentes mezclas de nutrimentos aplicadas fueron capaces de mantener los niveles de Zn considerados como adecuados en los cultivares Western y Wichita de este experimento.

Posiblemente en cuanto al contenido inferior de Zn observado en las tres diferentes soluciones con mezclas de nutrimentos, con respecto a la concentración de Zn presentada en el testigo, pudo deberse a varios factores, entre ellos un posible efecto antagónico con el Ca u otros cationes disueltos en las mezclas asperjadas. Por ejemplo, la concentración de Zn, presentada en los tratamientos de las tres mezclas de nutrimentos, correspondieron a las más altas concentraciones de Ca (Figuras 2c y 4c) condición que no se presentó en los árboles del tratamiento testigo donde la concentración de Ca fue la menor. Casierra *et al.* (2004) mencionan que en árboles frutales caducifolios se han reportado antagonismos entre el Ca y oligoelementos a excepción del Mo. Otro efecto posible es ilustrado por Gárate y Bonilla (2008) quienes mencionan que las interacciones entre dos nutrimentos son importantes cuando los contenidos de ambos se encuentran cercanos al intervalo de deficiencia, ya que al aportar uno de estos nutrimentos estimula el crecimiento vegetal, lo que podría inducir la deficiencia o baja concentración del otro nutrimento por efecto de dilución.

Aunque en la concentración foliar de Mn no se presentaron efectos significativos por los tratamientos en la concentración (Cuadro A3 del apéndice), en todos los tratamientos, excepto en el tratamiento de macro más micronutrimentos, están muy por debajo del valor de 108 ppm (Cuadro A8 del apéndice), considerado como óptimo (Medina, 2004). Medina y Figueroa (S/A) en un diagnóstico nutrimental en tres regiones nogaleras entre ellas el Norte de Coahuila encontraron que los nogales eran deficientes en Mn de acuerdo a las normas DRIS para la región de Coahuila. Por otro lado Medina *et al.* (1999) mencionan en su experimento que los nogales en desarrollo si responden a las aplicaciones de Mn tardías, y la concentración foliar de Mn aumenta conforme se incrementa la dosis que se aplica. La autora sugiere que en árboles mayores de siete años se debe aplicar una

aspersión de Mn con 4 000 ppm el 18 de abril o dos aspersiones de Mn con 2 000 ppm cada una, aplicadas el 18 de abril y el 9 de mayo para colocar el Mn en los niveles de suficiencia. Las fechas anteriores coinciden con el crecimiento del brote, momento en el cual las hojas absorben de mejor manera los nutrimentos. Las dosis que se aplicaron en el presente experimento fueron 50 ppm, las cuales son muy inferiores a las que la autora reportó, factor muy importante por el cual la concentración foliar de Mn no fue modificada por efecto de las aspersiones al follaje. Los lugares donde los suelos presentan altos contenidos de Ca como es todo el norte de Coahuila se requiere de la fertilización foliar de Mn para complementar la nutrición de los nogales (Lagarda, 2006).

Por el contrario la concentración foliar de B en todos los tratamientos incluyendo el tratamiento testigo está por encima de 94 ppm (Cuadro A8 del apéndice), valor reportado como normal (Medina, 2004). El nivel de B presentado en el tratamiento testigo pudiera ser explicado por la presencia de B en las aguas utilizadas en los riegos que lograron abastecer de B a los nogales como menciona González *et al.* (2010) que en las regiones nogaleras de Nuevo León el B presente en las aguas de riego es suficiente e incluso se llegan a presentar exceso de B en los nogales. De la misma manera, las concentraciones foliares presentadas de Mo, en los diferentes tratamientos estuvieron por debajo de las 6.3 ppm (Cuadro A8 del apéndice) reportadas por Beverly y Worley (1992).

El Ni se logró incrementar de forma muy considerable en las mezclas de nutrimentos aplicadas, de alguna forma los nogales responden de mejor manera a la aplicación de Ni acompañado de otros nutrimentos en la misma solución, que puede ser que se genere un efecto de sinergismo con alguno de los nutrimentos aplicados en la solución.

La mayoría de micronutrimentos, a excepción del molibdeno, presentan baja disponibilidad en condiciones de suelos alcalinos. Esto se debe a que en condiciones de pH alcalino estos metales reaccionan con los iones hidroxilos formando compuestos insolubles. Esto sugiere que no debería de haber problemas con la disponibilidad del Mo en este estudio, y posiblemente sea la razón del incremento en

la concentración de Mo en las hojas de los nogales en los cuales se aplicaron las diferentes mezclas de nutrimentos.

Cultivar

En la concentración foliar de N y Ca, se detectó un efecto altamente significativo entre las diferencias de la concentración entre Western y Wichita (Cuadro A3 del apéndice).

Los árboles de la variedad Western presentaron mayor concentración de N con una diferencia de 0.21 % lo que es igual a 2 100 ppm sobre la concentración foliar en los árboles de Wichita (Figura 5a). Mientras que en árboles del cv. Wichita fue mayor la concentración de Ca que en árboles de cv. Western (Figura 5b). El aumento fue de un 21 % más Ca, con respecto a la concentración foliar de Ca presente en las hojas del cultivar Western.

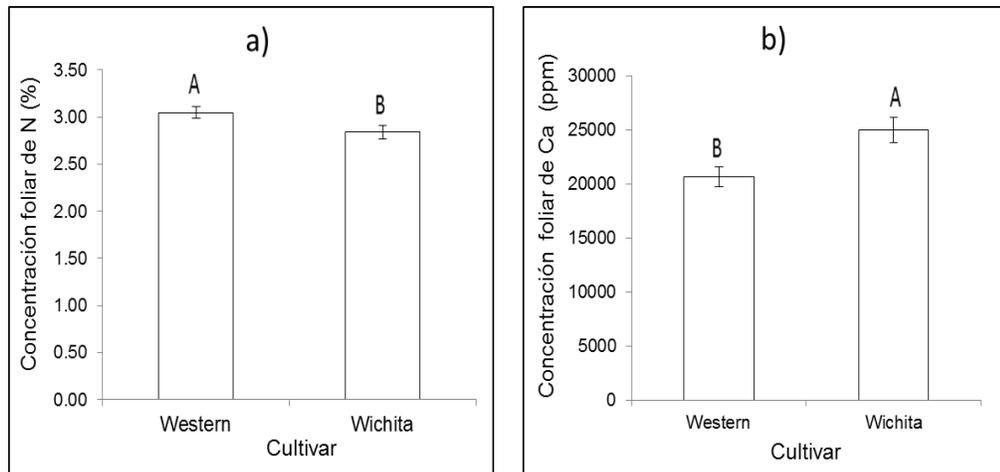


Figura 5. Concentración foliar de N (a) y Ca (b) en árboles tratados Western y Wichita. Medias (\pm error estándar, $n=32$) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha<0.05$)

También se detectó diferencias estadísticas ($p<0.01$) en la concentración foliar de Cu y B entre árboles de Western y Wichita. Como resultado correspondiente de la concentración de Cu, del cultivar Western presento un 35 % mayor concentración de

Cu en las hojas con respecto a la concentración foliar de Cu, presente en Wichita (Figura 6a). La concentración de B fue superior en el cultivar Wichita con 9 % más concentración que la presentada en Western (Figura 6b).

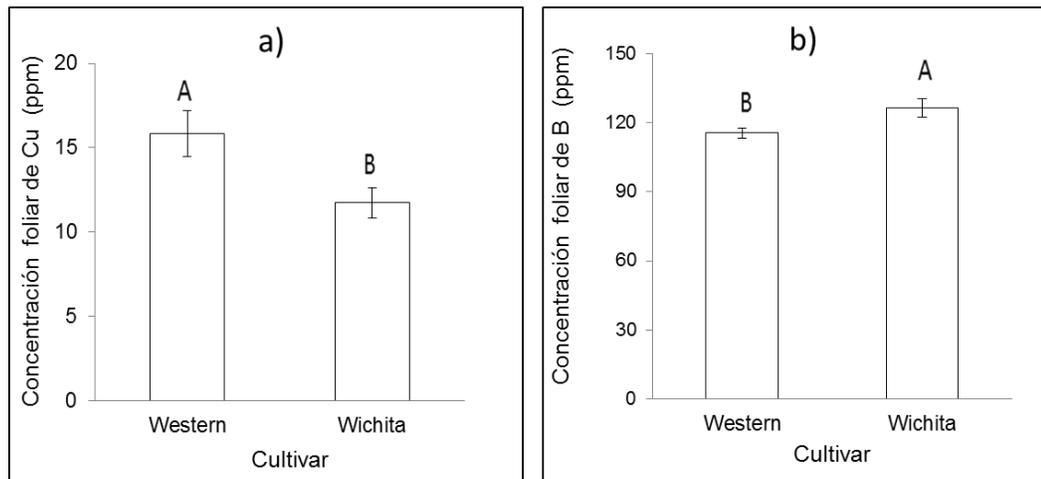


Figura 6. Concentración foliar de Cu (a) y B (b) en árboles tratados de Western y Wichita. Medias (\pm error estándar, $n=32$) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha<0.05$)

La diferencia superior en la concentración de N y Cu en el cv. Western pudo deberse a la composición mineral como mencionan Núñez y Valdez (1991) citados por Ojeda *et al.* (2009) que hay un efecto varietal en la composición mineral de los nutrimentos presentes en las hojas de siete cultivares de nogal pecanero para huertas de la costa de Hermosillo, Sonora. La diferencia estadística en la concentración de N entre los dos cultivares en estudio concuerda con lo reportado por el autor antes mencionado, quien reportó una mayor concentración de N en las hojas del cultivar Western que en las hojas de Wichita. En cuanto al Cu en este estudio, la diferencia en la concentración foliar de Cu, la cual fue de 35 %, presente en el cultivar Western sobre Wichita, la cual presentó una diferencia superior a la de 10 % reportada por Núñez y Valdez (2001) citado por Ojeda *et al.* (2009), en la cual el cultivar con mayor concentración de Cu fue Western comparado con Wichita. Esto mismo sucedió en este trabajo en el cual el cv. Western tubo una mayor concentración foliar de Cu con respecto al cv. Wichita.

Estas diferencias podrían estar sesgadas por el tipo de suelo (calcáreo y alcalino) en el que se desarrollan los árboles sujetos de este estudio y también por el hecho de que los árboles de esta investigación fueron tratados con diferentes mezclas de fertilizantes foliares ya que el estudio publicado por Núñez y Valdez (1991) menciona generalidades de las variedades.

Por el contrario en este estudio, la concentración foliar de Ca y B, fue superior en el cultivar Wichita, que la presentada en el cultivar Western. Existe la probabilidad de que el cv. Wichita se haya adaptado o que presente un mejor mecanismo en la rizosfera que le permite solubilizar de mejor forma el Ca en los suelos calcáreos de la zona, por lo tanto solubilizó el Ca a una forma disponible, lo cual se refleja en una mayor asimilación de Ca por la raíz, lo que muy probablemente sea una de las razones por la cual presentó una mayor concentración de Ca en el follaje. Algo similar menciona García (2003) que para la región de Bustamante, Nuevo León el cv. Bustamante 1 está mejor adaptada a esa área debido a que presentó mayor concentración de Fe, Cu y Zn en el follaje que el cv. Western, a pesar de que la concentración de estos elementos en suelo fueron muy similares donde se desarrollaban los árboles de ambas variedades. Para la concentración foliar de B, el cultivar Wichita fue más eficiente para absorber mayor cantidad de B a través del follaje en comparación con el cultivar Western

Concentración foliar de muestras provenientes del cultivar Wichita

Los resultados del análisis foliar de las muestras de hojas de los racimos sin nueces con rajadura y con rajadura del cultivar Wichita fueron sometidos a un análisis de varianza bi factorial para evaluar la concentración de los nutrimentos por efecto de los tratamientos, la condición de la nuez en el racimo y el efecto de la interacción condición de la nuez- tratamiento.

Macronutrientos

Según el análisis de varianza para la concentración de macronutrientos (Cuadro A5 del apéndice) practicado a las muestras foliares del cultivar Wichita sin discriminar provenientes brotes con racimos que presentaron nueces rajadas y brotes con racimos sin nueces rajadas, hubo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en las concentraciones de N, P y Ca originadas por las aspersiones foliares. Para la concentración foliar de K y Mg no hubo efectos significativos. No se detectaron diferencias significativas en las concentraciones foliares de macronutrientos por efecto de la condición de la nuez, y tampoco efectos por la interacción entre los tratamientos con la condición de la nuez.

La mayor concentración foliar de N se observó en árboles a los que se les aplicó la mezcla de micronutrientos. Estos superaron en un 6% al testigo. La menor concentración de N se observó en árboles tratados con la mezcla de macro- más micronutrientos la cual fue incluso menor que la concentración de N presentada por el tratamiento testigo. Finalmente, el testigo presentó una concentración foliar estadísticamente similar a la que presentó el tratamiento con solo macronutrientos, siendo estos tres tratamientos iguales, pero diferentes estadísticamente al tratamiento de micronutrientos (Figura 7 a).

En cuanto a la concentración foliar de P, tanto la aspersión de soluciones conteniendo macronutrientos, mezcla de macro- más micronutrientos y mezcla de micronutrientos, estuvieron asociados con un aumento en la concentración, 26 %, 18 % y 15% respectivamente siendo estadísticamente iguales estos tres, pero diferentes al tratamiento testigo (Figura 7b).

Por su lado el Ca presentó un aumento en la concentración de 40 %, 25 %, y 17 % respectivamente en los tratamientos de macronutrientos, macro- más micronutrientos y micronutrientos (Figura 7c) comparados con el tratamiento testigo. Las tres mezclas de nutrientes aplicadas a los nogales presentaron concentraciones de Ca estadísticamente diferentes a la concentración de Ca que presentaron los árboles del tratamiento testigo.

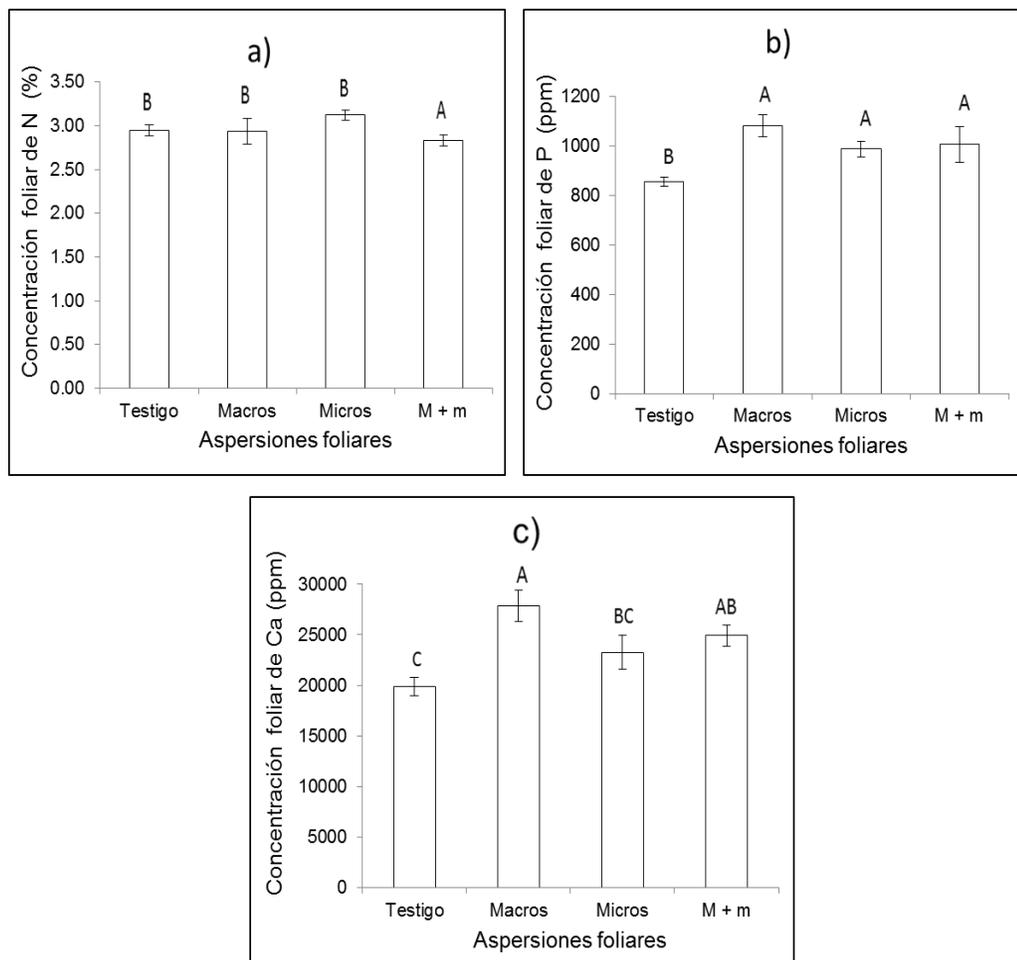


Figura 7. Concentración foliar promedio de macronutrientes en nogales de Wichita asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro- más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo) N (a), P (b) y Ca (c). Medias (\pm error estándar, $n=16$) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)

La concentración foliar de N decreció en la mezcla de macro- más micronutrientes quizás por un efecto de dilución, ya que árboles con un mayor suministro de nutrientes puede provocar un mayor crecimiento vegetativo, lo que origina que la concentración de algún nutriente parezca que es menor. Esto considerando que todos los tratamientos están por encima de la concentración normal de referencia que es de 2.3 % según Medina (2004).

La concentración del tratamiento de macronutrientos fue estadísticamente diferente a la concentración de P presentada por el tratamiento testigo, estos resultados indican que los nogales del cv, Wichita responden de manera positiva a la adición de P a través del follaje. Además las aplicaciones foliares con P a dosis de 590 ppm mezclado con el resto de macronutrientos resultó ser eficaz para elevar la concentración de P en las hojas de nogal en el cultivar Wichita, pero insuficiente para lograr llevarlo al nivel adecuado (1 300 ppm) de Medina, (2004) por lo que se sugiere hacer más pruebas con dosis superiores para lograr elevar la concentración a un nivel adecuado.

El tratamiento de macronutrientos fue el que presentó una mayor concentración de Ca en las hojas. Aunque no hubo diferencia estadística por efecto de la condición de la nuez (Cuadro A5 del apéndice), el Ca se presentó en mayor concentración en las hojas donde hubo presencia de nueces rajadas (Cuadro A9 del apéndice). Existen reportes que indican que la fertilización con Ca disminuye el rajado en frutos como cereza, tomate cascara y manzana (Shear, 1975; Peet, 1992; Lane *et al.*, 2000; citados por Cooman y Fisher, 2006). Wells y Wood (2008) en nueces rajadas del cultivar Wichita, en la etapa acuosa encontraron que el Ca forma parte del líquido del endospermo en un 18.7% y que junto con el K y Mg forman el 96.3 % de la composición elemental del líquido del endospermo. Retamales (2009) menciona que el Ca tiene roles en la estructura de la pared celular e integridad de membranas; ello afecta la firmeza de los frutos.

De acuerdo a lo anterior, no se tiene una indicación clara de que el contenido de Ca en las hojas del nogal influyó en la incidencia del rajado de la nuez en Wichita. Sin embargo es importante señalar que el contenido de Ca en el endospermo de la nuez pudo haber sido insuficiente para prevenir el rajado al 100%. En este sentido, la acumulación del Ca en las hojas y su inmovilidad dentro de la planta podrían haber generado una insuficiencia en el endospermo dejándolo susceptible al rajado. Esta hipótesis se refuerza si se considera que la variedad Western presentó concentraciones foliares de Ca significativamente menores que la Wichita y no presentó nueces rajadas. Sin embargo sería necesario hacer mediciones a nivel de endospermo de la nuez para confirmar esta hipótesis.

Micronutrientos

En cuanto a la concentración foliar de micronutrientos en el cultivar Wichita, el análisis de varianza practicado a las muestras foliares sin discriminar muestras provenientes de brotes con racimos que presentaron nueces rajadas y brotes con racimos sin nueces rajadas, al menos una de las aspersiones foliares tuvieron un efecto altamente significativo en la concentración foliar de Fe, Cu y Ni ($P < 0.01$) (Cuadro A6 del apéndice), pero no se presentaron diferencias en la concentración de Zn, Mn, B, Mo.

La concentración de Fe en los arboles del cv. Wichita mostraron un incremento debido a las aspersiones foliares. En comparación con el tratamiento testigo la solución de macronutrientos más micronutrientos presentó 80 % mayor concentración y fue el único tratamiento estadísticamente diferente al testigo. La solución de micronutrientos y la solución de macronutrientos también lograron incrementar la concentración de Fe en las hojas pero en menor medida en relación al tratamiento testigo (47 y 21% respectivamente) (Figura 8a).

Para el caso del Cu, y Ni los nogales del cv. Wichita presentaron incrementos en la concentración. Los nogales asperjados con la mezcla de micronutrientos tuvieron un incremento significativo de 61 y 1470 % respectivamente en comparación con el tratamiento testigo. Cuando se asperjó la mezcla de macro- más micronutrientos juntos también se logró incrementar significativamente la concentración foliar de Cu en 41% y Ni en 1375 % comparados con el testigo. Cuando se aplicó la solución que contuvo solo macronutrientos se incrementó la concentración de Cu en 12%, para Ni fue más alto en 350 % pero en ambos casos el incremento no fue estadísticamente diferente. Las concentraciones más altas de Cu y Ni en los nogales se manifestaron cuando se aplicó las mezclas de micronutrientos le siguió la de macro- más micronutrientos y la más baja concentración de Cu y Ni se presentó en la mezcla de macronutrientos. Para el Cu y Ni únicamente las mezclas de micronutrientos y macro- más micronutrientos fueron estadísticamente diferentes a la concentración que presentó el tratamiento testigo (Figuras 8b y 8c respectivamente).

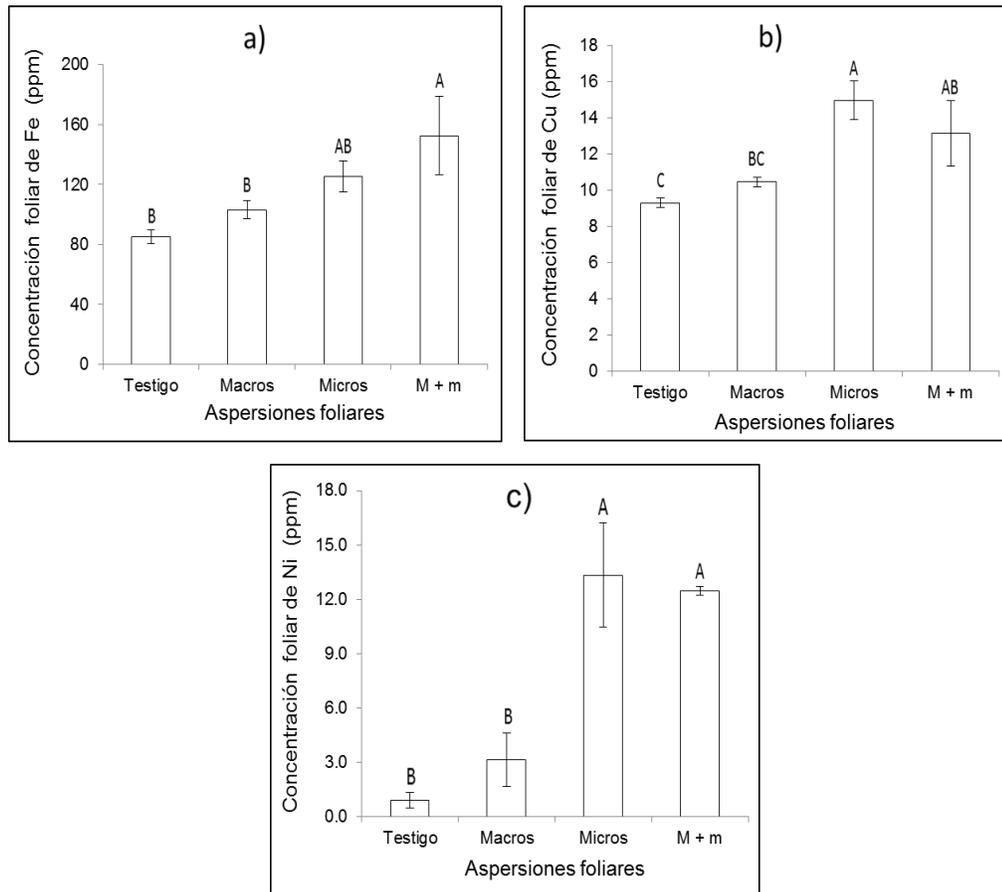


Figura 8. Concentración foliar promedio de micronutrientes en nogales Wichita asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro- más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo). Fe (a), Cu (b) y Ni (c). Medias (\pm error estándar, $n=16$) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$)

Según el análisis de varianza muestra que no se presentaron efectos significativos en la concentración de Zn a causa de los tratamientos aplicados al follaje de árboles del cv. Wichita (Cuadro A6 del apéndice). Aun así, de nueva cuenta el tratamiento testigo es el que presentó mayor Zn en el follaje que las tres mezclas de nutrientes aplicadas (Figura 9).

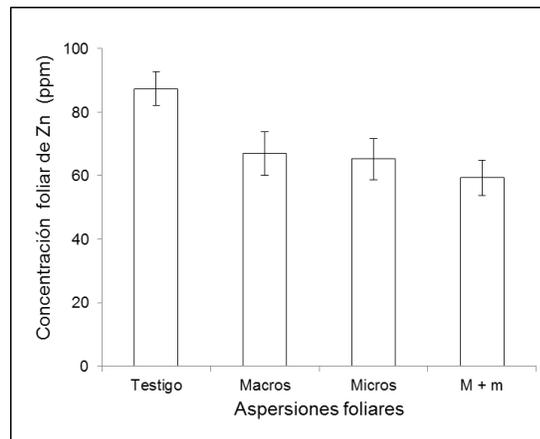


Figura 9. Concentración foliar media de Zn en nogales Wichita asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo). Las barras en las columnas indican el error estándar (n=16).

En el cultivar Wichita se presentó el mismo efecto en la concentración de Zn observada en Western y Wichita en los cuales el testigo presentó la mayor concentración foliar de Zn y los tratamientos con las mezclas de nutrientes presentaron una menor concentración (Figuras 4c y 9). Aunque la concentración de Zn presentada en los tratamientos de las mezclas aplicadas en Wichita está próximos y por encima de 65 ppm (Cuadro A10 del apéndice) (Medina, 2004).

La concentración de Fe en el tratamiento testigo está en un nivel nutricional considerado como bajo y la concentración del tratamiento de macros más micros está en el rango alto (Meraz 1999 citado por Ojeda *et al.*, 2009), por lo que la aplicación de esta mezcla fue la más eficiente para aumentar la concentración de Fe en las hojas de Wichita. Ojeda *et al.* (2009) mencionan que el Fe no se aplica generalmente en las huertas nogaleras pero si se detectan niveles bajos o deficiente de este nutrientes mediante al análisis foliar, sugiere realizar aplicaciones foliares durante la época de crecimiento vegetativo.

Las aspersiones de micronutrientes y macros más micronutrientes lograron una diferencia importante en la concentración de Cu con respecto a los árboles del tratamiento testigo en el cultivar Wichita. La aplicación de Cu también se ha

reportado como posible control de rajado de fruto como menciona Powers y Bollen (1947) (citados por Comman *et al.*, 2005) concluyeron que los beneficios del tratamiento preventivo para el control del agrietamiento en tomates con caldo bordelés, el cual contiene sulfato de cobre y carbonato de calcio, parecen ser más debidos al cobre que al calcio. Según Comman *et al.* (2005) el cobre podría influir en el rajado del fruto al tener efecto en la formación y composición química de la pared celular, y hacer parte de la enzima que cataliza la oxidación de los fenoles precursores de la lignina.

A pesar que las mezclas de nutrimentos aplicadas no mostraron diferencias estadísticas en la concentración de B con respecto a la concentración presentada por el tratamiento testigo, es importante mantener este nutrimento en el rango recomendado. El B se relaciona con el rajado del fruto por ser importante para la formación de las paredes celulares y en la lignificación, debido a que es necesario para la síntesis de pectinas. Por otro lado, Wells y Wood (2008) reportaron en un experimento realizado en Arizona, U:S:A, en nogal pecanero con el cultivar Cape Fear, el cual presenta una cascara relativamente delgada, que las aplicaciones foliares con B lograron reducir el problema del rajado de la nuez en ese cultivar. El cultivar Wichita está considerado dentro de los cultivares con cascara relativamente delgada (Wood y Reilly, 1999). También la aplicación de B al follaje en arboles de durazno, redujo la cantidad de frutos de durazno dañados con grietas (Martínez *et al.*, 1993).

La concentración de Ni se elevó considerablemente en las aspersiones de las mezclas que contenían este elemento, y lograron colocarlo en el rango catalogado como normal (Pond *et al.*, 2006) comparado con la concentración presentada por el testigo, la cual estuvo por debajo del rango de concentración baja. En los últimos años se demostró que la deficiencia de Ni induce el desorden fisiológico comúnmente llamado “oreja de ratón” (Wood y Reylli, 2004). Por otro lado las aspersiones foliares a base de Ni han mostrado una reducción en la incidencia del rajado de la nuez (Wells y Wood, 2008).

Muestras foliares de brotes con racimos con y sin nuez rajada

Hubo una diferencia significativa por efecto de la condición de la nuez en los brotes, en la concentración foliar de Fe, ($P < 0.05$). La concentración superior de Fe se presentó en las hojas de brotes sin presencia de nueces rajadas, la cual fue superior en un 26 % mayor, que la presentada en las hojas de brotes con presencia de nueces rajadas. La media de la concentración foliar de Fe, en las dos condiciones de las nueces, que son rajado y no rajado se muestra en la Figura 10.

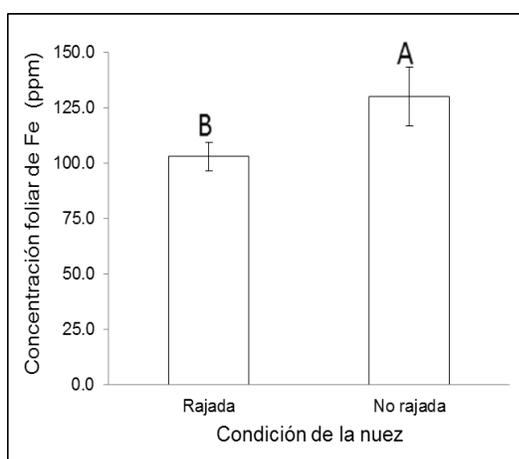


Figura 10. Concentración foliar media de Fe en los brotes de racimos con nueces rajadas y sin nueces rajadas de nogales del cv Wichita, Medias (\pm error estándar, $n=16$) con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$).

Lo anterior sugiere que la menor concentración de Fe presentada en las hojas de brotes con presencia de nueces rajadas puede ser uno de los motivos por el cual se manifiesta el desorden fisiológico. Como lo menciona Wells y Wood (2008), el Fe y otros micronutrientes como el Zn, Mn, Cu, B y Ni podrían estar relacionados directamente o indirectamente en el proceso de lignificación de las paredes celulares.

El papel del Fe en el proceso de lignificación de las paredes celulares, radica en que las peroxidasas, que son enzimas que catalizan la oxidación monoeléctrica de diferentes sustratos a expensas del H_2O_2 (Novo, 2008), contienen como grupo prostético una molécula de protohemina IX (hemo b). En su estado nativo, el átomo

de hierro se encuentra en el estado de oxidación formal +3 [Fe (III)] (Banci 1997 citado por Novo, 2008). El grupo prostético resulta esencial para la actividad enzimática ya que su eliminación provoca la total inactivación de la enzima (Chibbar *et al.* 1984 citado por Novo, 2008). En los frutos, la peroxidasa está fundamentalmente localizada en las células epidérmicas y del xilema (Calderón *et al.* 1993 citado por Novo, 2008) a la vez la peroxidasa está localizada principalmente en las paredes celulares, tanto en las paredes celulares primarias (Goldberg *et al.* 1987 citado por Novo, 2008), fundamentalmente a nivel de las esquinas celulares y la lámina media, como en los engrosamientos secundarios.

Rendimiento

Para la variable rendimiento, no hubo diferencias estadísticas significativas en el nivel de rendimiento por efecto de las aspersiones foliares aplicadas y tampoco por efecto del cultivar, todo esto de acuerdo al análisis de varianza practicado (Cuadro A11 del apéndice).

Los árboles tratados con la mezcla de macronutrientes fue el que presentó mayor rendimiento, le siguió el tratamiento de micronutrientes, y finalmente el tratamiento de macro- más micronutrientes, estos dos últimos mostraron un rendimiento similar. Respectivamente mostraron 62, 35 y 32 % mayor rendimiento con respecto al que mostraron los árboles utilizados como testigo (Figura 11).

Aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto al nivel de rendimiento entre los dos cultivares, el cultivar Wichita fue superior al cultivar Western en un 24 % (Figura 12).

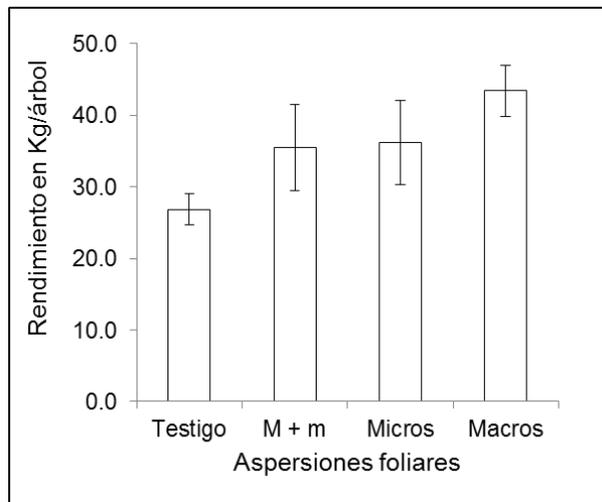


Figura 11. Medias de rendimiento en kg/árbol en nogales Wichita y Western asperjados foliarmente con macronutrientes (Macros), micronutrientes (Micros), con macro- más micronutrientes (M+m) y sin asperjar (Testigo).

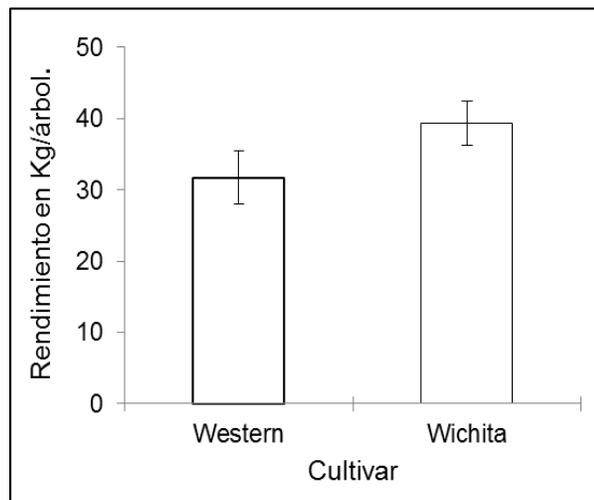


Figura 12. Medias del rendimiento en kg/árbol en los cultivares Western y Wichita.

Otras investigaciones con aspersiones foliares se han hecho y no se han encontrado diferencias significativas en cuanto al nivel de rendimiento. Medina y Chávez (1999) no encontraron efectos significativos en el nivel de producción de nuez, durante tres años, con aplicaciones foliares de NZN (contiene 15% N y 5% Zn). Núñez *et al.* (2006) en dos años de estudio, en los cv. Western y Wichita aplicaron dos aspersiones foliares de urea baja en biuret al 5% en el primer año, comparado

con un tratamiento testigo y se encontró diferencia entre los tratamientos pero fue originado más por efecto de la variedad que de los tratamientos aplicados al follaje.

En el segundo año se aplicó nitrato de potasio al 5% y urea baja en biuret al 5%, en los cuales no se encontró diferencias en el rendimiento en los dos cultivares. Medina (2002) menciona que en nogal pecanero la mayoría de los experimentos realizados con fertilizantes para evaluar rendimiento no reportan una respuesta significativa a corto plazo. La misma autora indica que es difícil encontrar respuestas en rendimiento en nogal pecanero, aplicando únicamente fertilizantes, debido a que éste depende de la interacción de varios factores como características y manejo del suelo, poda, riegos, plagas fertilización y enfermedades además de la alternancia que presenta este frutal.

Las mezclas de nutrimentos aplicadas en el presente trabajo de investigación no presentaron diferencia significativas, pero las tres mezclas (macronutrimentos, micronutrimentos y macro más micronutrimentos) fueron superiores al testigo, en el cual el tratamiento de macronutrimentos fue el de mayor rendimiento con un 62% superior al tratamiento testigo. Es decir por cada 100 kg de nuez producidos por arboles no tratados, se producirán aproximadamente 162 kg de nuez en árboles que se aplique la mezcla de macronutrimentos. Estos resultados no son apropiados para hacer una recomendación de que mezcla aplicar ya que en árboles frutales como lo es el nogal, los estudios para nivel de rendimiento se deben hacer en cuando menos en dos años, para considerar el efecto de alternancia que presentan este frutal y si fuera el caso se recomienda hacer una relación costo beneficio para ver si es redituable aplicar esta mezcla.

Relaciones nutrimentales y el rajado de la nuez

Del total de los análisis de varianza de las 45 relaciones calculadas, resultaron solamente tres con diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre el valor de la relación calculada de hojas tomando en cuenta la condición de la nuez. Tales relaciones fueron Mg/Ca, K/P y P/Fe (Cuadro 12 del apéndice).

Relación Mg/Ca

Los valores de la relación Mg/Ca calculadas en hojas de cada una de las condiciones de la nuez (rajada y no rajada) presentes en el racimo, mostraron una diferencia altamente significativa (Cuadro 12 de apéndice). Las relaciones presentes en cada condición comparadas con el valor de 0.22 reportado por Medina (2004) muestran que el valor de 0.2 presentado en las hojas de brotes de racimos, con presencia de nuez con rajadura es muy cercano a dicho valor. Por el contrario la relación Mg/Ca de los folíolos de brotes con racimos de nueces sanas está muy por encima del valor de la norma (Cuadro 6). Los índices observados en el presente estudio sugieren que los frutos son propensos a rajarse cuando existen 5 unidades de Ca por cada una de Mg, en tanto que en los que se presentan un balance entre estos nutrimentos cercano a 1 por 1 la incidencia disminuye.

Cuadro 6.- Comparación de medias del valor de la relación Mg/Ca entre las muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en Wichita.

Condición de la nuez	Relación Mg/Ca.	Comparación de medias [†]
No rajado	1.16±0.080	A
Rajado	0.20±0.009	B

[†] Medias (± error estándar) con letras distintas, son estadísticamente diferentes según la prueba Duncan P<0.05.

Relación K/P

Para el caso de la relación K/P el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas entre los valores correspondientes a cada una de las condiciones de la nuez (rajada y no rajada) (P<0.01) (Cuadro 12 del apéndice). Ambos valores de la relación K/P de folíolos de brotes con racimos de nueces sanas y el de los folíolos de brotes de racimos con nuez rajada (Cuadro 7) están muy bajos comparados con el valor reportado por Medina (2004) de 8.58. El menor valor se presentó en los folíolos de brotes con racimos de nueces de sanas. Los índices

observados sugieren que una baja concentración de P en relación al K es una condición que predispone el desarrollo de síntomas de rajado de frutos.

Cuadro 7.- Comparación del valor de la relación K/P en muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en Wichita.

Condición de la nuez	Relación K/P	Comparación de medias [†]
Rajado	3.92±0.2949	A
No Rajado	0.04±0.0013	B

[†] Medias (± error estándar) con letras distintas, son estadísticamente diferentes según la prueba Duncan P<0.05.

Relación P/Fe

Hubo una diferencia altamente significativa (Cuadro A 12 del apéndice) entre el valor de relación P/Fe calculada en las condiciones de la nuez (rajada y no rajada) en los racimos. Se encontró un valor de 10.07 en relación P/Fe en los folíolos de brotes de racimos con presencia de nueces rajadas, valor menor y estadísticamente diferente que 12.63 (Cuadro 8) encontrado en folíolos de brotes de racimos con nueces sanas. Los valores de las relaciones en este estudio, comparadas con el que valor de la relación P/Fe es de 16.66 que reportó Medina (2004), ambos valores están por abajo del valor de dicha norma, pero el valor de la relación P/Fe donde hubo nueces rajadas es menor que el valor calculado en hojas de brotes con nueces no rajadas.

Cuadro 8.- Comparación de medias del valor de la relación P/Fe en muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en Wichita

Condición de la nuez	Relación P/Fe	Comparación de medias [†]
No rajada	12.63±0.95	A
Rajada	10.06±0.81	B

[†] Medias (± error estándar) con letras distintas, son estadísticamente diferentes según la prueba Duncan P<0.05.

Cabe mencionar que los valores de las relaciones en este experimento fueron comparados con valores de relaciones nutrimentales reportados para el óptimo rendimiento para nogal pecanero en el estado de Coahuila (Medina, 2004). De acuerdo a esto para el caso del rajado de la nuez, sea el motivo del porque los valores de la relaciones de este experimento son diferentes a los usados como referencia.

Las relaciones entre el Fe y otros nutrimentos han sido utilizadas para generar una idea más acertada sobre la condición nutrimental de las plantas, debido a los problemas de clorosis férrica. Según Dekokc (1955) citado por Heras *et al.* (1976) la relación P/Fe es un índice del estado de hierro en la planta. Así Zavala (2009) encontró en hojas jóvenes de frijol con deficiencias de Fe visibles, que las relaciones P/Fe, Mn/Fe, Zn/Fe, Cu/Fe y K/Fe fueron significativamente mayores cuando no se aplicó un suministro de Fe a las plantas lo cual es un indicador de menor concentración de Fe respecto a los otros elementos. Heras *et al.* (1976) mencionan que el contenido de fierro en hojas cloróticas, en ocasiones es totalmente normal o en ocasiones es mayor que el contenido presente en hojas verdes, a pesar de lo cual las plantas presentan un síntoma visual anormal y característico que desaparece cuando se aplica Fe. Estas alteraciones generaran desequilibrio de los macro y micronutrimentos dentro de la planta. Entonces de acuerdo a lo expuesto anteriormente pudiera darse el caso que aplicaciones foliares a base de Fe en nogal pecanero logren reducir la severidad del rajado de la nuez, al incrementar la concentración foliar de Fe dentro de la planta. Nuevamente los resultados anteriormente descritos de las relaciones nutrimentales en las cuáles el análisis de varianza indicó efectos significativos que involucran nuevamente al nutrimento Fe con el rajado de la nuez, en la baja relación P/Fe presentada en análisis foliar realizado sobre hojas proveniente de brotes con racimos de nueces con el rajado. Probablemente el Fe puede ser una de las alternativas para la reducción de la incidencia del rajado de la nuez. Se sugiere hacer más estudios en cuestión al problema y dar seguimiento a los resultados obtenidos en este trabajo.

Correlación entre la concentración nutrimental y el rajado de la nuez en nogales del cultivar Wichita

Las concentraciones foliares de N, P, Ca, Mg, Cu y Zn en el cultivar Wichita estuvieron positivamente correlacionadas con el porcentaje de rajado de nuez (cuadro 9) y con el porcentaje de racimos considerando que hubo al menos una nuez rajada en este (cuadro 10). Estos análisis indican que a mayor concentración nutrimental en el follaje se presentaron mayor cantidad de nueces rajadas y racimos con nueces rajadas.

Cuadro 9.- Concentración foliar promedio de N, P, Ca, Mg, Cu y Zn en árboles Wichita y su correlación con el porcentaje de nueces rajadas.

Nutrimento		Concentración media	Coefficiente Pearson (<i>p</i>)
N	%	3.1	+0.73 (0.0013)
P	(ppm)	1053	+0.80 (0.0002)
Ca		25866	+0.80 (0.0002)
Mg		4836	+0.70 (0.0023)
Cu		12	+0.70 (0.0025)
Zn		75	+0.61 (0.0127)

Cuadro 10.- Concentración foliar promedio de N, P, Ca, Mg, Cu y Zn en árboles Wichita y su correlación con el porcentaje de racimos con al menos una nuez rajada.

Nutrimento		Concentración media	Coefficiente Pearson (<i>p</i>)
N	%	3.1	+0.74 (0.0009)
P	(ppm)	1053	+0.81 (0.0002)
Ca		25866	+0.82 (0.0001)
Mg		4836	+0.73 (0.0015)
Cu		12	+0.71 (0.0020)
Zn		75	+0.60 (0.0132)

Los análisis foliares practicados a los nogales del cultivar Wichita para monitorear la concentración de nutrimentos es un óptimo indicador del estatus nutrimental del follaje pero no un indicador exacto del estatus de los frutos debido a que algunos elementos presentan diferente movilidad dentro de la planta. Un nutrimento de movilidad intermedia o baja en el floema (e.g. Ca, Fe, Cu, Zn, B y Mo) resulta en una concentración baja de este nutrimento en los tejidos jóvenes. Estos nutrimentos no son fácilmente removilizados de los tejidos viejos. Las plantas pueden mostrar niveles normales de estos elementos en los tejidos adultos, sin embargo, las hojas jóvenes, yemas o frutos pueden tener un desarrollo anormal (Salazar, 2002). Tal es el caso típico de la pudrición apical causada por la deficiencia de Ca en frutos.

Otro caso, es que el Ca y Fe se acumulan a medida que los tejidos maduran (Correndo y Garcia, 2012), Además el crecimiento vegetativo excesivo incrementa la cantidad de calcio que va hacia las hojas, en comparación a la que va al fruto (Salazar, 2002). A pesar de que el B no se correlacionó con el rajado de la nuez en este trabajo, es otro caso particular ya que resultados reportados Brown y Hu (1998) sugieren que el B es inmóvil en nogal. Esto pudiera llegar a ocasionar deficiencia o bajos contenidos de este elemento en el fruto del nogal. Tal como lo mencionan Brown y Hu (1998) que en condiciones de campo el pistacho y el nogal contienen la mayor concentración de B en las hojas maduras y menor concentración en el fruto. Esto repercutiría en mayor número de nueces rajadas.

Lo expuesto anteriormente pudiera ser la razón de ocasionar deficiencias o bajos contenidos de dichos elemento en el fruto de la nuez en este trabajo, lo cual pudiera generar en un mayor número de nueces rajadas.

Por último, otra posible explicación a este fenómeno es que el rajado esté ligado a un desbalance nutrimental tal y como se mostró en la sección anterior (Relaciones nutrimentales y el rajado de la nuez).

En cualquier caso, es recomendable implantar estrategias de muestreo y análisis de los tejidos del fruto en las fases de desarrollo en las que se presenta el rajado para tener mayor certidumbre en el papel que están jugando los nutrientes y sus concentraciones en la formación e integridad de la nuez..

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtuvieron después de realizar los análisis correspondientes son los siguientes.

Rajado de la nuez

Los porcentajes de incidencia de rajado fueron menores al 3% y se presentó únicamente en el cv. Wichita dejando claro que el cultivar Wichita es más susceptible que el cv. Western. Las aspersiones foliares no tuvieron efectos significativos en la reducción de la incidencia del rajado de la nuez en este cultivar. Los nutrimentos que presentaron una correlación positiva con el rajado de la nuez fueron: N, P, Ca, Mg, Cu y Zn. Por otro lado la concentración foliar de Fe, fue menor en los folíolos de brotes de racimos con presencia de nuez rajada, que en los folíolos de brotes de racimos con nueces no rajadas. El valor de la baja relación P/Fe sugiere que el Fe está relacionado con el rajado de la nuez, al presentarse un valor menor en la relación P/Fe en las hojas de brotes con racimos de nueces rajadas, que de hojas de brotes con racimos de nueces no rajadas. Estos resultados sugieren que este nutrimento puede estar implicado con el rajado de la nuez y se suma a la lista de nutrimentos que ya han sido implicados con este desorden.

Análisis nutrimental.

Macronutrimentos

Las aspersiones al follaje incrementaron la concentración foliar de N y Ca colocándolos por encima valor adecuado para nogales de alto rendimiento. La concentración foliar de P se logró incrementar con las aspersiones foliares, pero no se alcanzaron los niveles adecuados. En cuanto a la concentración foliar de K no se logró incrementar por efecto de las aspersiones foliares. Para Mg las aspersiones

foliares si incrementaron la concentración en los nogales tratados, aunque no de forma significativa.

Micronutrientos

Las aspersiones foliares lograron incrementar la concentración foliar de Fe, Cu y B y se logró tener las concentraciones en los valores adecuados. Mientras tanto la concentración foliar de Zn no se incrementó con ninguna de las aspersiones al follaje, pero aun así se mantuvo por encima del valor de la norma. Con respecto al Mn, las dosis de Mn aplicadas en las aspersiones foliares en este trabajo fue muy baja, motivo por el cual no se logró incrementar la concentración y colocarlo en un nivel adecuado. Para el caso de la concentración de Ni, se incrementó con las aspersiones pero no hay un valor de la concentración que se use como referencia en México. En cuanto a la concentración foliar de Mo no se incrementó significativamente con las aspersiones foliares, y tampoco existe un valor de referencia en México para este micronutriente con el cual compararlo.

Cultivar

Los análisis foliares mostraron que la concentración de N y Cu fue mayor en el cultivar Western. En cambio Wichita presentó mayor concentración Ca y B que Western. Esto sugiere que ambas variedades asimilan de forma distinta los nutrientes a través del follaje.

Rendimiento.

Los resultados indican que no existe diferencia si se aplica cualquiera de las tres mezclas de nutrientes en el nivel de rendimiento. Pero se sugiere aplicar estas mezclas durante varios años para evitar información errónea debida al fenómeno de alternancia que presenta el nogal.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel, M., A:M.R.; M. El. B.; A. Ghoname y S.D. Abou. H. 2011. Foliar application of amino acids and micronutrients enhance performance of green bean crop under newly reclaimed land conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5(6): 51-55.
- Agustí, M. 2004. *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 101, 102, 103, 221.
- Alcántar, G., G. y M. Sandoval, V. 1999. *Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación*. Publicación Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 155 p.
- Baeyens, J. 1970. *Nutrición de las plantas de cultivo*. Ed. EDITORIAL LEMOS 1ª Ed. Madrid, España. P 245.
- Beverly, R., B. and R.B. Worley. 1992. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. *Hort Science*. 27(3):271.
- Bidwell, R., G.S. 1979. *Fisiología vegetal*. Ed. A.G.T. Editor, S. A. 1ª Ed. Pp 283, 284, 286, 784.
- Bonilla, I. 2008. *Introducción a la nutrición de las plantas. Los elementos minerales*. En Azcón, B.J. y Talón, M. 2008. *Fundamentos de la fisiología vegetal*. Ed. McGRAW-HILL. 2ª edición. España. Pp 106, 108, 110, 113, 114, 116 y 117.
- Brison, R., F. 1992. *Cultivo del nogal pecanero*. Edit. CONAFRUT. 2ª Ed. Pp 33, 34, 43, 48, 49.
- Brown, P., and H. Hu. 1998. Manejo del boro de acuerdo a su movilidad en la planta. *Informaciones agronómicas* N° 36. Tomado de: Brown, P., and H. Hu. 1998. Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops* 82(2): 28-31.
- Casierra, P., F.; L.M. Lizarro y A. Filho. G. 2004. Estado nutricional de árboles de manzano 'Anna' durante la estación de crecimiento en los altiplanos Colombianos: II. Relaciones e interacciones entre nutrimentos. *Agronomía Colombiana*. 22(2):160-169.

- Castellanos, J., Z.; J. Uvalle X. y A. Aguilar. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2a edición, INCAPA, Guanajuato, México. 226 p.
- Chapman H., D. y P. Pratt F. 1973. Manual de Análisis para Suelos, Aguas y Plantas. Ed. Trillas, México. Pp.195.
- Chávez, J., F.; C. Medina. M. y U. Figueroa. 2002. Fertilización del nogal. En Tecnología de producción en nogal pecanero. Libro técnico núm. 3, INIFAP-SAGARPA. CELALA, Matamoros, Coahuila. Pp 101 y 102.
- Comman, A.; C. Torres. Y G. Fischer. 2005. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana*) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. Agronomía colombiana, 23(1):74-82.
- Correndo, A., A. y Fernando O. García. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. IPNI. Archivo agronómico # 14. Pp 1-8.
- Cuellar, V., E. J. 2010. Nueva variedad de nogal pecanero "norteña". INIFIPAP. http://www.inifap.gob.mx/noticias/nota_nogal.html 19 de julio de 2012.
- Dardo, A., R. E. 2007. Control de la viviparidad de la nuez pecanera mediante el uso de reguladores de crecimiento. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Pp 38 y 39.
- Díaz, M., D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. Ed. AGT Editor, S. A. 1ª Ed. México. Pp 225, 226, 342,343, 325-329 y 351
- Favela, E.; J. I. Cortés. F.; G. Alcántar. G.; J.B. Etchevers. B.; G. Baca. S. y J. Rodríguez. 2000. Aspersiones foliares de zinc en nogal pecanero en suelos alcalinos. Terra latinoamericana, 18(3):239-245.
- Franklin, N., C. 1982. Fruticultura moderna. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. P 50.
- Gárate, A. y I. Bonilla. 2008. Nutrición mineral y producción vegetal. En Azcón, B.J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de la fisiología vegetal. Ed. McGRAW-HILL. 2ª edición. España. P 147.
- García, T., N.E. 2003. Contenido de Fe, Mn y Zn en nogal (*carya illinoensis, l. koch*) en huertas comerciales de Bustamante, Nuevo León. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. 84p.

- González. A., M.; S. M Salcedo. M.; V.R Vargas. L.; J.N Pérez. Q.; M.N Bonilla. y Fernández. 2010. Cultivo del nogal *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch en Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1ª Ed. Nuevo León. México. Pp 5-10, 100-102, 110.
- Grageda, G., J. 1999. La fertilización en hortalizas. Folleto técnico No. 19. INIFAP-CIRNOCECH. 62 p.
- Heras, L.; M. Sanz y L. Montañes. 1976. Corrección de la clorosis Férrica en melocotonero y sus repercusiones sobre el contenido mineral, relaciones nutritivas y rendimientos. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), 13 (3/4): 261-289.
- Herrera, P., T. Y J. A. Samaniego G. 2002. Enfermedades del nogal. En tecnología de producción en nogal pecanero. INIFAP. Libro técnico N° 3. Primera edición 2002. Campo experimenta La laguna. I SBN 968-800-542-8. Pp. 177-202.
- <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/climas/temper.cfm>
http://solgeo.inegi.org.mx/mapoteca/frames.html?layer=100&map=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fmapoteca%2Fmap_dig_cuentame2.map&program=%2Fcgi-bin%2Fmapserv&root=%2Fmapoteca&map_web_imagepath=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fms_tmp%2F&map_web_imageurl=%2Fms_tmp%2F&box=false&drag=true
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2012. Mapa de temperatura media anual. Mapoteca digital, mapa de precipitación media anual.
- Instituto Nacional para el federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaría de Gobernacion (2005). Enciclopedia de los municipios de México. Consultado el 2009.
- Kirkby, E., A. And Römheld, V. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Poceeding 543, The International Fertilizer Society, P.O. Box. York, YO32 5YS, United Kingdom.
- Lagarda, M., A. 2006. Avances actuales sobre el manejo de la producción de nuez. En memorias del 10° día del nogalero, Asociación agrícola local, productores de nogal y nuez. Delicias Chihuahua, México.

- Lagarda, M., A. 2007. Alternancia de producción en nogal pecanero. En Memoria seminario de nogal pecanero. Ed. INIFAP Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo experimental de la costa de Hermosillo. Pp. 5-8.
- Lagarda, M., A. 2007. Germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad) En Memoria seminario de nogal pecanero 2007. Ed. INIFAP Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo experimental de la costa de Hermosillo. Pp. 9-17.
- López, C., G.M. 2006. Biomecánica de la epidermis y la cutícula del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su relación con el agrietado. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. Facultad de ciencias, Departamento de Biología Molecular y Bioquímica. P 10.
- Martínez, P., D.; O.A. Martínez. R. y A. Curiel. R. 1993. Influencia de la aspersión de boro en duraznero (*Prunus persica* L. Batsch). Resumen. En V Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C.
- Medina, M., M.C. 2004. Normas DRIS preliminares para nogal pecanero. TERRA Latinoamericana, 22(4):445-450.
- Medina, M., M.C. y R. Cano. P. 2002. Tecnología de producción en nogal pecanero. Libro Técnico Núm. 3, INIFAP-SAGARPA. CELALA, Matamoros, Coahuila. Pp. 1, 5.
- Medina, M., M.C. y U. Figueroa V. (s/a) Análisis foliar y utilización del DRIS en pecán. 26 p.
- Medina, M., M.D.C. 2002. Desbalance nutrimental y respuesta en experimentos de fertilización en nogal pecanero. TERRA Latinoamericana, 20(4):497-504..
- Medina, M., M.D.C. y J.F. Chávez. G. 1999. Efecto del abastecimiento foliar de zinc sobre el balance nutrimental en nogal pecanero. Terra Latinoamericana, 17(4):293-298.
- Medina, M., M.D.C.; E.J. Medina. M.; J.H. Aguilar. P. y S. J. García, G. 1999. Aspersiones foliares de manganeso y cobre en nogal pecanero. TERRA latinoamericana. 17(4):317-323.
- Navarro, B., S. y G. Navarro. G. 2003. Química agrícola. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp 10, 218, 221, 233, 237, 240 y 385.

- Novo, U., E. 2008. Lignificación en cultivos celulares de gimnospermas basales. Tesis. Universidad Da Coruña. Da Coruña 2008.
- Núñez, M., J. H.; B. Valdez. G.; G. Martínez. D. y E. Valenzuela. C. 2001. El Nogal pecanero en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 3. ISSN-1405-597X. México. Pp15,39, 40, 41, 65, 67,68 y 81.
- Núñez, M., M.; J.A. Marquez C. y G. Martinez D. 2006. En memorias del 10° día del nogalero. Asociación agrícola local, productores de nogal y nuez. Delicias Chihuahua, México.
- Ojeda, B., D. L.; A. Reyes, H. Ramírez, A. Largada, F. J. Chávez, J. X. Uvalle, R. M. Rivero y L. Romero. 2003. Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecanero. *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. TECNOCENCIA Chihuahua, 3(3):115-120.
- Ojeda, B., D. L.; A.M. Vota. A.; O.A. Hernández. R.; J.C. López. D.; A. Aguilar. V.; F. G. Denogean B. 2010. Análisis FODA y Perspectivas del cultivo del nogal pecanero en Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios, 14(27):348-359.
- Ojeda, B., D. L.; V. Fernández. F.; E. Sánchez. C. y H. Ramírez, R. 2009. Manejo de la nutrición y fertilización en el cultivo del nogal pecanero en Benavides M. A., 2009 Temas modernos de nutrición vegetal. Sociedad Mexicana de Ciencias del Suelo. A.C Saltillo, Coahuila. 176-200 p.
- Ojeda, B., D.; O. F. A. Hernández. R.; G. R. López. O. y J.J. Martínez. T. 2009. Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. TECNOCENCIA Chihuahua, 3(3):155-120.
- Ojeda, D., L.; A. Núñez B.; T. Manríquez, A.; L. Ibave J.; E. Sánchez Ch. 2005 Fertilización Tardía: Manejo de nitrógeno en árboles en desarrollo y producción de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch). XI Congreso Nacional SOMECH 2005. Chihuahua, Chih. Mexico.
- Pond, P. A.; J.L. Walworth.; M.W. Kilby.; R.E. Call; H. Nuñez. 2006. Leaf nutrients Levels for pecans. HortScience. 41(5):1339-1341.
- Ramírez, R., R. y A. Benavides. M. 2003. Cultivo de nogal pecanero en Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P 42.

- Retamales, J., B. 2009. Enfoque integral de nutrición de frutales. En Temas modernos de nutrición vegetal. Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Ed. Saltillo, Coahuila, México. 148-175 p.
- Rodríguez, A., J. 1993. Fruticultura ciencia y arte. A.G.T. Editor, S.A. 1ª Ed. México. P 261,265.
- Ruiz, S., R. 2005. Segunda parte: fertilización del nogal. Diagnóstico y corrección. Tierra Adentro. Pp. 30-34.
- SAGARPA. 2012. La Nuez Pecanera Mexicana "La reina de las frutas secas". Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo rural, Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/productodetemporada/Paginas/Nuez.aspx>. 7 de julio de 2012.
- Salazar, G., S. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INPOFOS, INFAP. Querétaro, México.
- Storey, B., J. 1973. Producción del nogal. En Primer ciclo de conferencias de productores de nuez de la república mexicana. Comisión Nacional de Fruticultura. MÉXICO, DF. Folleto número 10.
- Tarango, H. 2004. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Centro de Investigación Norte-Centro. Campo Experimental Delicias. Folleto Técnico No. 17. México, 35 p.
- Trocme, S. y R. Cras. 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. Ed. EDICIONES MUNDI-PRENSA 2ª edición. Madrid, España. Pp 265, 266 y 268.
- Wells, M., L. and B.W. Wood. 2008. Foliar boron and nickel applications reduce water-stage fruit-split of pecan. HortScience, 43(5):1437-1440.
- Wood, W., B. and C.C. Raily. 1999. Factors influencing water split of pecan fruit. HortScience, 34(2):215-217.
- Zavala, E., F. 2009. Respuesta fisiológica de líneas de frijol tolerantes y susceptibilidad a clorosis férrica. Tesis de Maestría en Ciencias en Colegio de postgraduados. 71 p.

VII. APÉNDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza para el porcentaje de nuez rajada bajo cuatro tratamientos en el cultivar Wichita.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	3	0.0011	0.0004	1.3472	0.3055 ns
Error	12	0.0033	0.0003		
Total corregido	15	0.0044			

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A2. Análisis de varianza para el porcentaje de racimos, con presencia de nuez rajada, bajo cuatro tratamientos en el cultivar Wichita.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	3	0.0118	0.0039	1.3561	0.3029 ns
Error	12	0.0347	0.0029		
Total corregido	15	0.0465			

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Pr > F: Probabilidad

GDL: Grados de libertad

F: Valor de F calculada

Cuadro A3. Análisis de varianza para la concentración foliar de macronutrientos (N, P; K; Ca y Mg) en los cultivares Western y Wichita.

	N	P	K	Ca	Mg
R ²	0.8388	0.4682	0.2664	0.6990	0.5117
F	17.8461	3.0181	1.2447	7.9635	3.5932
Pr > F	< 0.0001	0.0201	0.3182	< 0.0001	0.0087
Variedad	21.6478	0.0089	0.4952	17.4722	2.6076
	0.0001**	0.9255ns	0.4884ns	0.0003**	0.1194ns
Tratamiento	14.2388	6.4942	1.5305	7.2952	2.0803
	< 0.0001**	0.0023**	0.2322ns	0.0012**	0.1294ns
Variedad*Tratamiento	20.1861	0.5452	1.2089	5.4624	5.4347
	< 0.0001	0.6561	0.3279	0.0052	0.0054

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A4. Análisis de varianza para la concentración foliar de micronutrientos (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Ni y Mo) en los cultivares Wichita y Western

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Ni	Mo
R ²	0.6605	0.7329	0.5157	0.2850	0.6391	0.7302	0.3807
F	6.6706	9.4070	3.6506	1.3668	5.0603	9.2811	2.1078
Pr > F	0.0002	< 0.0001	0.0080	0.2641	0.002	< 0.0001	0.0820
Variedad	0.0106	15.9717	4.0080	1.2621	12.9719	0.7062	0.9265
	0.9188ns	0.0005**	0.0567ns	0.2724ns	0.0018**	.4090ns	.3454ns
Tratamiento	14.5810	13.3465	6.4614	1.4308	3.4241	17.5039	1.7115
	< .0001**	< .0001**	.0023**	.2584ns	0.0370ns	< 0.0001**	.1913ns
Variedad*Tra- tamiento	0.9801	3.2792	0.7207	1.3376	4.8804	3.9165	2.8980
	0.4186	0.0383	0.5494	0.2856	0.0105	0.0208	0.0559

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A5. Análisis de varianza para la concentración foliar de macronutrientos (N, P; K, Ca y Mg) de muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en el cultivar Wichita.

	N	P	K	Ca	Mg
R ²	0.8291	0.7278	0.3613	0.6501	0.4040
F	14.5498	6.4944	1.6972	5.5730	2.0339
Pr > F	< 0.0001	0.0008	0.1640	0.0010	0.0984
Condición	24.0158 < 0.0001**	1.6683 0.2138ns	0.0282 0.8682ns	3.0890 0.0934ns	0.1829 0.6733ns
Tratamiento	4.9033 0.0098**	13.8165 0.0001**	2.8374 0.0627ns	9.1796 0.0004**	2.8766 0.0604ns
Condición*Tratamiento	14.6765 < 0.0001**	0.8810 0.4705ns	0.9928 0.4154ns	2.5425 0.0838ns	1.8666 0.1662ns

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A6. Análisis de varianza para la concentración foliar de micronutrientos (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Ni, Mo.) de muestras foliares provenientes de brotes con racimos con presencia de nuez en condición rajada y sin presencia de nuez rajada, en el cultivar Wichita.

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Ni	Mo
R ²	0.6273	0.7469	0.3837	0.2894	0.3622	0.7659	0.3771
F	5.0498	8.0111	1.8678	1.2219	1.7036	9.8165	1.8162
Pr > F	0.0018**	0.0001**	0.1266ns	0.3346ns	0.1624ns	< 0.0001**	0.1369ns
Condición	5.5946 0.0277*	0.1219 0.7308ns	0.7627 0.3924ns	2.0912 0.1629ns	0.2362 0.6320ns	0.0576 0.8126ns	1.5768 0.2230ns
Tratamiento	7.2633 0.0016**	17.5859 <0.0001**	3.7095 0.0276*	1.0289 0.4000ns	3.6434 0.0293*	22.0556 < 0.0001**	0.7220 0.5500ns
Condición*Tratamiento	1.3951 0.2720ns	1.2092 0.3334ns	0.4498 0.7201ns	0.7962 0.5097ns	0.3106 0.8174ns	0.1273 0.9428ns	3.1319 0.0472*

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A7. Concentración media foliar de macronutrientos, en los distintos tratamientos, en los cultivares Western y Wichita.

Tratamiento	Cultivar	%	ppm			
		N	P	K	Ca	Mg
Macronutrientos	Western	3.37	1086	3100	20096	5217
	Wichita	2.58	1147	3219	30905	4822
Micronutrientos	Western	3.08	993	3964	23634	3954
	Wichita	3.25	981	3298	23731	4941
M + m	Western	2.79	1037	3062	22823	5854
	Wichita	2.72	974	4107	23704	4361
Testigo	Western	2.96	876	3899	16052	4876
	Wichita	2.82	890	4175	21776	4350

M + m: Mezcla de macronutrientos más micronutrientos

Cuadro A8. Concentración media foliar de micronutrientos, en los distintos tratamientos, en los cultivares Western y Wichita.

Tratamiento	Variedad	ppm						
		Fe	Cu	Zn	Mn	B	Ni	Mo
Macronutrientos	Western	94	12	68	26	118	9	2
	Wichita	118	11	70	41	112	4	4
Micronutrientos	Western	144	17	91	42	118	5	1
	Wichita	122	14	73	34	135	13	3
M + m	Western	193	23	73	39	117	21	1
	Wichita	187	14	56	122	129	13	2
Testigo	Western	93	11	103	45	110	1	2
	Wichita	93	9	90	41	129	1	1

M + m= Mezcla de macronutrientos más micronutrientos.

Cuadro A9. Concentración media de macronutrientos en hojas de brotes con racimos con y sin presencia de nuez rajadas, en los distintos tratamientos, en el cultivar Wichita.

Tratamiento	Condición	%	ppm			
		N	P	K	Ca	Mg
Macronutrientos	No rajado	2.58	1147	3219	30905	4822
	Rajado	3.3	1015	3170	24761	4233
Micronutrientos	No rajado	3.245	981	3298	23731	4941
	Rajado	3	998	4067	22798	5352
M + m	No rajado	2.715	974	4107	23704	4361
	Rajado	2.96	1041	3435	26139	5120
Testigo	No rajado	2.8225	890	4175	21776	4350
	Rajado	3.07	823	4269	17975	3405

M + m= Mezcla de macronutrientos más micronutrientos.

Cuadro A10. Concentración media de micronutrientos en hojas de brotes con racimos con y sin presencia de nuez rajadas, en los distintos tratamientos, en el cultivar Wichita.

Tratamiento	Condición	ppm						
		Fe	Cu	Zn	Mn	B	Ni	Mo
Macronutrientos	No rajado	118	11	70	41	112	4	4
	Rajado	88	10	64	28	113	3	2
Micronutrientos	No rajado	122	14	73	34	135	13	3
	Rajado	129	16	57	29	137	13	4
M + m	No rajado	187	14	56	122	129	13	2
	Rajado	118	13	63	34	140	12	3
Testigo	No rajado	93	9	90	41	129	1	1
	Rajado	76	9	84	40	127	1	4

M + m= Mezcla de macronutrientos más micronutrientos.

Cuadro A11. Análisis de Varianza para la variable rendimiento en el cultivar Western y Wichita.

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Variedad	1	465.1250	465.1250	2.4836	0.1281ns
Tratamiento	3	1102.9375	367.6458	1.9631	0.1465ns
Variedad*Tratamiento	3	33.6875	11.2292	0.0600	0.9803ns

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A12. Análisis de Varianza de las relaciones P/Fe, K/P y Mg/Ca calculadas para las muestras foliares provenientes de brotes con de racimos presentado nuez en condición rajada y sin presencia, en el cultivar Wichita.

	P.Fe	K/P	Mg/Ca
R ²	0.8010	0.9734	0.8958
F	12.0726	109.8134	25.7775
Pr > F	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Condición	12.2072	663.2328	154.7624
	0.0022**	< 0.0001**	< 0.0001**
Tratamiento	18.5665	11.1176	2.5681
	< 0.0001**	0.0001**	0.0817ns
Condición*Tratamiento	3.0098	11.1295	2.9490
	0.0531ns	0.0001**	0.0563ns

* = Significativo; **= Altamente significativo; ns= No significativo

Cuadro A13. Condiciones climáticas que se presentaron en el mes de julio del año 2012. (Datos de la estación meteorológica del municipio de Allende, Cohauila.).

Fecha	Prec.	T. Max.	T. Min.	T. Med.	VV max.	DVV max.	VV	DV	Rad. G
01/07/2012	0	33	20	27	21.4	36.20 (NE)	8.6	186.00 (S)	449
02/07/2012	0.4	35	24.4	29	23.3	34.80 (NE)	15.57	120.94 (SE)	537
03/07/2012	0	36	23.3	30	23.2	34.20 (NE)	12.66	164.35 (S)	499
04/07/2012	0	36	24	29	17.9	40.40 (NE)	7.93	192.39 (S)	415
05/07/2012	0.4	37	23.1	29	14.7	40.20 (NE)	5.26	129.37 (SE)	540
06/07/2012	0	37	21.2	30	13.9	33.10 (NE)	6.27	257.84 (O)	589
07/07/2012	0	37	23.3	31	15.6	20.80 (N)	6.25	140.45 (SE)	594
08/07/2012	0	38	22.3	31	11.9	33.70 (NE)	4.61	291.81 (O)	546
09/07/2012	0	38	26.3	31	27.4	14.20 (N)	4.84	128.73 (SE)	566
10/07/2012	0	35	24.1	27	29.1	18.80 (N)	5.49	229.42 (SO)	423
11/07/2012	11.6	33	21.5	25	31.8	24.20 (NE)	3.37	226.67 (SO)	297
12/07/2012	0	34	21.7	27	13.4	15.90 (N)	3.69	241.33 (SO)	554
13/07/2012	0	36	20.8	29	10.2	24.60 (NE)	2.49	358.31 (N)	574
14/07/2012	0	37	22.2	29	24.2	31.60 (NE)	5.59	225.24 (SO)	517
15/07/2012	0	35	21.3	28	23.7	10.20 (N)	5.42	252.30 (O)	542
16/07/2012	0	36	19.8	28	18.6	35.60 (NE)	7.89	221.03 (SO)	599
17/07/2012	0	35	23.6	29	19.6	31.20 (NE)	6.93	141.91 (SE)	547
18/07/2012	3	33	21.4	27	31.1	20.10 (N)	8.78	133.01 (SE)	412
19/07/2012	0	34	21.3	27	18	31.50 (NE)	4.94	188.82 (S)	413
20/07/2012	0	36	21.7	29	12.7	27.10 (NE)	3.43	272.66 (O)	559
21/07/2012	0	38	19.7	30	13.3	23.00 (NE)	3.14	43.79 (NE)	619
22/07/2012	0	38	19.2	30	17.6	27.50 (NE)	3.9	151.29 (SE)	590
23/07/2012	0	36	23.3	30	19.3	26.50 (NE)	7.72	248.72 (O)	571
24/07/2012	0	37	23.5	31	17.3	39.60 (NE)	8.62	265.68 (O)	617
25/07/2012	0	38	23.7	31	21.2	30.60 (NE)	7.58	354.30 (N)	586
26/07/2012	0	38	24.4	31	21.4	53.30 (NE)	8.05	50.37 (NE)	560
27/07/2012	0.4	34	25	29	18.6	32.70 (NE)	7.41	10.08 (N)	458
28/07/2012	0	36	21.3	29	16.6	25.80 (NE)	5.09	42.04 (NE)	478
29/07/2012	0	38	23	31	12.1	30.60 (NE)	4.87	162.79 (S)	598
30/07/2012	0	38	20.8	31	10.4	40.40 (NE)	3.41	150.74 (SE)	603
31/07/2012	0	39	21.9	32	11.1	29.90 (NE)	3.71	9.77 (N)	608
TOTALES	15.80+	36.11*	22.36*	29.28*	18.73*	--	6.24*	196.39(S)*	531.07*

Continúa tabla.

+ Acumulado

* Promedios

HR	ET	EP
57	5.9	5.67
56	7.6	ND
53	7.3	ND
56	5.4	5.65
54	6.5	6.05
43	7.6	ND
46	7.8	ND
44	6.8	6.45
43	7	6.7
64	ND	4.69
79	ND	2.92
72	ND	5.07
62	ND	5.55
57	ND	5.93
61	6.7	5.7
56	7.8	6.8
49	6.8	6.65
66	4.7	5.08
72	4.7	4.24
56	6.4	5.79
44	7	6.7
43	7	6.69
48	7.3	ND
50	8.2	ND
47	7.4	ND
52	7.2	6.9
64	4.9	5.12
59	6.1	5.34
46	7.4	6.75
41	6.9	6.66
39	7.4	6.91
54.12+	175.80+	140

Fuente: Red nacional de estaciones agriclimaticas.

Prec.:	Precipitación total (mm)
T. Max.:	Temperatura máxima (°C)
T. Min.:	Temperatura mínima (°C)
T. Med.:	Temperatura media (°C)
VV max.:	Velocidad del viento máxima (km/hr)
DVV max.:	Dirección de la velocidad máxima del viento (grados azimut)
VV:	Velocidad promedio del viento (km/hr)
DV:	Dirección promedio del viento (grados azimut)
Rad. G.:	Radiación Global (w/m ²)
HR:	Humedad relativa (%)
ET:	Evapotranspiración de referencia (mm)
EP:	Evaporación potencial (mm)

Cuadro A14. Condiciones climáticas que se presentaron en el mes de agosto del año 2012. (Datos de la estación meteorológica del municipio de Zaragoza, Coahuila).

Fecha	Prec.	T. Max.	T. Min.	T. Med.	VV max.	DVV max.	VV	DV	Rad. G
01/08/2012	0	39.4	20.2	31.34	12	27.50 (NE)	3.52	266.55 (O)	617.31
02/08/2012	0	39.2	21.5	31.68	14	28.20 (NE)	4.45	336.34 (NO)	608.98
03/08/2012	0	38.7	24	31.83	15.3	28.00 (NE)	6.68	25.97 (NE)	604.77
04/08/2012	0	36.6	24.4	30.27	18.1	27.20 (NE)	7.47	257.03 (O)	457.27
05/08/2012	2	35.6	24.3	29.41	18	35.60 (NE)	7.82	335.64 (NO)	416.67
06/08/2012	0	36.8	22.7	29.81	13.3	21.60 (N)	3.44	153.57 (SE)	579.37
07/08/2012	0	38.1	21.5	31.09	12.6	20.10 (N)	4.17	331.08 (NO)	566.32
08/08/2012	0	38.1	22.6	31.23	13.7	18.90 (N)	4.46	63.00 (NE)	594.24
09/08/2012	0	38	23.6	31.3	16.8	9.50 (N)	4.75	326.59 (NO)	556.57
10/08/2012	0	39.1	22.2	31.46	12.1	36.70 (NE)	3.39	191.01 (S)	596.6
11/08/2012	0	39.7	21.7	31.88	12.6	30.50 (NE)	3.01	220.13 (SO)	564.66
12/08/2012	0	38.9	21.9	31.37	15.6	21.30 (N)	4.85	46.44 (NE)	576.15
13/08/2012	0	37.9	23.7	30.99	16.3	25.70 (NE)	5.07	156.70 (SE)	558.58
14/08/2012	0	36.9	23.9	30.81	12.7	37.60 (NE)	5.31	79.76 (E)	486.21
15/08/2012	0	37.5	21.2	30.41	12.9	26.80 (NE)	5.53	50.33 (NE)	578.9
16/08/2012	0	38.1	24.8	31.67	18.7	33.10 (NE)	9.04	296.92 (NO)	584.19
17/08/2012	0	37.5	24.6	31.5	17.8	29.60 (NE)	7.2	217.66 (SO)	583.59
18/08/2012	0	36.9	25.5	31.14	12	24.60 (NE)	3.96	102.42 (E)	400.52
19/08/2012	1	33.4	22.1	27.98	25.4	12.30 (N)	8.94	154.00 (SE)	487.59
20/08/2012	0	36.2	20	28.56	10.8	25.20 (NE)	2.75	247.36 (SO)	555.71
21/08/2012	0	37.8	19.8	30.06	14.6	25.60 (NE)	5.09	145.48 (SE)	598.85
22/08/2012	0	35.2	21.3	29.25	15.3	31.80 (NE)	6.38	120.80 (SE)	569.51
23/08/2012	0	36.4	23.1	30.21	16.1	23.00 (NE)	5.8	30.18 (NE)	591.8
24/08/2012	0	37.9	23.8	30.96	17	25.40 (NE)	6.52	350.84 (N)	584.39
25/08/2012	0	37.1	24.6	30.76	16.1	24.60 (NE)	8.91	164.82 (S)	565.03
26/08/2012	0	35.8	23.6	30.28	18	37.40 (NE)	8.14	98.26 (E)	521.68
27/08/2012	0	36.8	23.7	30.26	24.3	7.10 (N)	6.91	183.41 (S)	592.93
28/08/2012	0	34.8	25	29.46	12.7	73.00 (E)	5.43	138.63 (SE)	329.13
29/08/2012	0.4	35.7	24.7	29.8	12.8	56.90 (NE)	4.43	218.53 (SO)	406.44
30/08/2012	0	37.7	21.8	29.72	14.7	19.60 (N)	4.15	92.90 (E)	592.28
31/08/2012	0	39.2	19.1	29.99	17.4	25.10 (NE)	5.08	187.07 (S)	589.98
TOTALES	3.40+	37.32*	22.80*	30.53*	15.47*	--	5.57*	122.25(SE)*	545.68*

Continúa tabla siguiente página

HR	ET	EP
36.99	7.5	6.95
38.33	7.8	ND
43.31	7.7	ND
51.15	5.8	6.03
54.04	5.7	5.63
53.6	6.4	5.88
44.43	6.9	6.48
43.92	7.1	6.73
47.08	6.8	6.38
41.68	7.1	6.56
36.48	6.5	6.51
37.53	7.2	7
42.16	6.9	6.66
45.73	6	6.04
45.39	7.1	6.74
43.14	8.1	ND
44.55	7.3	ND
43.96	4.6	5.28
62.29	5.5	5.6
54.77	5.8	5.53
39.55	7.5	ND
47.77	6.7	6.75
48.91	7.1	6.74
49.45	7.4	6.89
43.94	7.3	ND
49.24	6.8	6.69
49.91	7	6.88
49.96	4	4.8
47.49	4.7	5.26
31.69	7.1	ND
29.07	7.3	ND
45.08+	206.70+	144

Fuente: Red nacional de estaciones agriclimaticas.