

# ASPERSIONES FOLIARES DE ZINC EN OTOÑO EN NOGAL PECANERO (Carya illinoensis)

DOMINGO MARTINEZ CASTILLO

## TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN  
PRODUCCION AGRONÓMICA



**Universidad Autónoma Agraria**  
"Antonio Narro"  
Unidad Laguna  
Subdirección de Postgrado  
Torreón Coahuila, Octubre del 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**ASPERSIONES FOLIARES DE ZINC EN OTOÑO EN  
NOGAL PECANERO (Carya illinoensis)**

Tesis

Por

**Domingo Martínez Castillo**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y  
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

**Maestro en Ciencias en Producción Agronómica**

**Comité Particular**

Asesor principal:

Ph. D. Esteban Favela Chávez

Asesor:

Ph. D. Pedro Cano Ríos

Asesor:

Ph. D. Juan Francisco José Chávez González

Dr. Raúl Villegas Vizcaíno  
Jefe del Departamento de Postgrado de la UL

Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila. 5 de Octubre del 2001.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por su bondad infinita.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", U.L., por haberme aceptado en su seno y haber hecho de mí un hombre de provecho.

Al Dr. Esteban Favela Chávez, por brindarme la oportunidad de asesorarme en mi trabajo de investigación y durante la elaboración de esta tesis, así como por su valiosa amistad.

Al Dr. Pedro Cano Ríos, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, por su acertada conducción del estudio, y sobre todo, porque es una gran persona y por su valiosa amistad.

Al Dr. Juan Francisco José Chávez González, por su participación en la revisión de este trabajo, y por sus valiosas sugerencias que hicieron posible la finalización de esta tesis y por su valiosa amistad.

Al Ing. MC Armando Espinoza Banda, por su valiosa amistad, porque en cualquier momento se prestó para la colaboración en el análisis estadístico de este trabajo y por su tan desinteresado apoyo durante mi estancia en Postgrado.

Al Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, que con la experiencia que tiene en la investigación, colaboró en la realización de este trabajo, y por su valiosa amistad incondicional.

Al Dr. Angel Lagarda Murrieta, por la colaboración para la revisión de este trabajo, por su acertada conducción del estudio y por los consejos en el aspecto científico y como personal, y sobre todo por su amistad incondicional.

Al Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa, por su valiosa amistad y aportación de sus conocimientos en mi formación, Gracias.

Al Dr. Vicente de Paul Alvarez Reyna, por la revisión de este trabajo, y sobre todo porque es una gran persona como amigo.

Al Dr. Salvador Godoy Avila, por la aportación de sus conocimientos durante mi estancia en la universidad, al igual que por su valiosa amistad.

Al Ing. MC Ma. Teresa Valdés Pérezgasga, por su acertada conducción en el estudio, por el apoyo que siempre me brindó, y sobre todo por su valiosa amistad.

Al Ing. José Luis Flores Prado, por el apoyo para el análisis de suelo y planta y por su amistad.

Al Ing. Angel Bazaldúa Zurita, por su amistad y ayuda en génesis, morfología y clasificación de suelos, para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Francisca Sánchez Bernal, por su valiosa amistad y disponibilidad con sus conocimientos en el campo de la investigación.

Al Dr. Arturo Palomo Gil, por la aportación de sus conocimientos durante mi estancia en Postgrado y por su valiosa amistad.

Al Ing. Industrial Químico Elba Margarita Aguilar Medrano, por su valiosa ayuda en los análisis de suelo y planta, desde el inicio de este trabajo hasta su terminación, y por su amistad incondicional. Muchas gracias.

Al QFB. Ana María Mejía Fernández, por su amistad incondicional, por su valiosa colaboración en los análisis de suelo y planta de este trabajo. Muchas Gracias.

Al QFB Norma Lidya Rangel Carrillo, por su amistad y apoyo en los análisis de suelo para la realización de este trabajo. Muchas Gracias.

A todo el personal del Laboratorio de Fertilidad de Suelos, por el apoyo en los análisis de suelo y planta. Muchas Gracias.

A la Señora Ma. Esther Peña Revuelta, por su amistad incondicional en todo momento y apoyo desinteresado durante mi estancia en Postgrado. Gracias Esther.

Un agradecimiento muy especial para mis compañeros de la Maestría en Producción Agronómica, y por su amistad incondicional en todo momento, gracias, Alejandro Esparza, Alejandro Becerra y David Núñez que Dios los lleve por buen camino.

A mis maestros, quienes con su esfuerzo y dedicación, lograron hacer de mi en cada una de mis etapas como estudiante un gran profesional, dando lo mejor de sí mismos, llegando a ser más que maestros, sino amigos, gracias por su empeño no solo dentro del aula, sino también fuera de ella, para todos ellos, mi humilde admiración.

A la Señora Ma. Del Carmen Castro Juárez, por su gran amistad, por el cariño que siempre me ha brindado, por su ayuda moral y sobre todo, por la ayuda para la transcripción de esta tesis, gracias, y que Dios la bendiga.

A la Señora Rosalba Tejeda Correa, por el apoyo y ayuda que siempre me brindó en mi estancia en la Universidad, y sobre todo, de manera muy especial por su amistad incondicional. Gracias.

A la Lic. En Sociología, María Guadalupe Ramos Martínez, por su valiosa amistad, por su ayuda económica, moral y espiritual que en todo momento me brindó para alcanzar esta meta. Gracias Lupita.

A los Presbíteros Tobías de la Torre y Francisco Javier Gómez, por su ayuda económica, moral y espiritual que en todo momento me brindaron y sobre todo, por su valiosa amistad. Muchas Gracias.

A mis tíos maternos, por el cariño y comprensión que siempre me han manifestado desde niño hasta la fecha, sobre todo, por su apoyo y porque me aceptaron como un hermano en la que no hubo menosprecio alguno hacía mi. Muchas gracias y que Dios les reditúe todo lo que me han brindado.

A la Familia Leija Genera, por su valiosa amistad en todo momento, y por el afecto honesto que me han brindado en todo momento, en especial con mucho cariño y admiración a la Señora Lule.

Al señora Maribel Pérez Genera, por su eficiente trabajo en la mecanografía y corrección de esta tesis, así como por su gran calidad humana y sobre todo por su gran amistad. Gracias Maribel.

A la Familia Ramos Martínez, por su amistad incondicional en todo momento, por el afecto y cariño que me brindaron, en especial con mucho cariño y admiración a Doña Licha.

A mis Amigos los Presbíteros Jesús de la Torre y Guillermo Medina, por su apoyo moral, espiritual y sobre todo de manera muy especial por su valiosa amistad. Gracias.

A mi Amiga Verónica Ramos Martínez, por su amistad incondicional, esperando con ansiedad que siempre se encuentre bien de Salud. Gracias Vero.

A la Familia Medrano Castillo, por su gran amistad incondicional y por el apoyo moral que en todo momento he recibido de ellos. Gracias, Tía Magda.

A la Familia Castillo Medina, por su gran amistad incondicional y por el apoyo moral y económico que en todo momento he recibido de ellos. Muchas Gracias.

A la Familia Pérez Genera, por su valiosa amistad y por el apoyo moral y espiritual brindado en todo momento. Gracias Meche.

A la Familia Medrano de León, por su incondicional amistad, apoyo moral que en todo momento he recibido de ellos. Muchas Gracias.

Al Joven Daniel Cueto, por su colaboración en este trabajo y por su gran amistad incondicional.

Al Ing. José Luis Rodríguez González, por su valiosa colaboración en la impresión y corrección de este trabajo. Gracias.

## DEDICATORIAS

A Dios:

Por haberme permitido realizar este logro, señalándome el camino correcto para poder alcanzarlo.

A Mi Madre:

Lidia Castillo Velázquez, porque supo llevarme por el mejor camino de la vida, supiste ser la mejor madre y nunca te voy a poder pagar todo lo que hiciste por mí.

Gracias mamá.

A Mis Hermanos:

Jorge, Armando, Roberto Carlos, María Susana y Nancy, por haberme comprendido en los momentos que más los necesité, uniéndose a mi esfuerzo.

A Mis Sobrinos:

Jorge, Fernando, Miguel Armando, Omar, Edgar Alejandro, María Susana, Mariel, Ma. Madeleine, María Fernanda, Vianey Guadalupe y Lupita, para ellos(as) con todo mi amor.

A mis abuelitos Lina y Gumersindo, porque siempre confiaron en mí y me apoyaron en todos los momentos. Con cariño para ellos.

A los Presbíteros Tobías de la Torre y Francisco Javier Gómez, por su apoyo moral y espiritual, que en todo momento me brindaron, por el afecto lleno de humildad que me demostraron, con su trato y cariño y sobre todo de manera muy especial, por su amistad incondicional a la que no le pusieron barreras. Con humildad para ustedes.

Qué Dios los cuide, Muchas Gracias

A mi gran amiga la Señorita Lic. En Sociología, María Guadalupe Ramos Martínez, por su cariño demostrado en su honestidad y humildad en los momentos buenos y malos, sobre todo de manera muy especial por su incondicional amistad en todo momento, por el apoyo económico y sobre todo moral y espiritual que me ayudó a fortalecer más mi fe y sobre todo de manera muy especial, por ser mi mejor amiga, con mucho amor y admiración le dedico esta tesis.

Gracias Lupita.

A mi gran amiga la Señora Ma. De Lourdes Genera, por su cariño demostrado en su humildad y honestidad en todo momento, por su valiosa amistad incondicional, por el apoyo moral y espiritual que me ayudó a fortalecer más mi fe, y a su esposo Pedro e hijos Jonathan y Pedrito con mucho amor y admiración.

Gracias Lule.

A mi gran amiga la profesora, Teresa Yazmín Salazar Delgado e hijos(as) Hugo, Sonora. Y familia, por brindarme su valiosa amistad incondicional en todo momento, y sobre todo, por su ayuda moral y espiritual en los momentos buenos y malos. Gracias Tere.

Al Ing. David Alejandro Luna Durán, por su valiosa amistad incondicional, esperando con ansiedad su recuperación. Gracias David.

A mis tíos:

Héctor Hugo y José Francisco Castillo Velázquez, que considero como mis papás, por haberme demostrado siempre su honestidad y respeto y sobre todo, por su ayuda moral y económica, con cariño para ellos, Gracias.

A mis amigas, Araceli y Verónica Hernández Lira, por todos los momentos buenos y malos que hemos pasado juntos, por ese gran apoyo moral y espiritual, y sobre todo por su amistad incondicional. Gracias.

Una dedicatoria muy especial para mis compañeros de la XIV Generación de Ingenieros Agrónomos Fitotecnistas, ya que pasamos muy buenos momentos juntos. Nunca los voy a olvidar.

A todos mis amigos y compañeros:

A mis amigos, los cuales me impulsaron siempre a seguir adelante, y a todos mis compañeros de cada una de mis etapas como estudiante con los que pasé los mejores momentos de estudiante y de mi vida. Gracias.

A mi Amiga Alondra Esparza García, por haberme dado todo su apoyo moral y espiritual en los momentos buenos y malos. Sobre todo por su Amor en el tiempo que hemos compartido juntos nuestra amistad incondicional. Gracias.

A mis Amigas, Elba Margarita y Ana María, Laboratoristas de fertilidad de suelos, por su gran apoyo en los análisis de suelo y planta, sobre todo por su amistad incondicional. Muchas Gracias.

A mi amiga, la Señora Maribel Pérez Genera, por su colaboración en todo momento para la realización de esta tesis y por su valiosa amistad. Gracias.

## COMPENDIO

ASPERSIONES FOLIARES DE ZINC EN OTOÑO EN  
NOGAL PECANERO (Carya illinoensis).

POR

DOMINGO MARTINEZ CASTILLO

MAESTRIA EN CIENCIAS

PRODUCCION AGRONOMICA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

TORREON, COAHUILA, OCTUBRE 2001

Ph. D. Esteban Favela Chávez - Asesor Principal -

Palabras Claves : Carya illinoensis, aspersión foliar, análisis foliar, época, nutrición de planta.

En árboles de nogal pecanero (Carya illinoensis) de 10 años de edad, deficientes de zinc plantados en suelos de textura de migajón arcillosa limoso, con un pH de 8.0 y un contenido de CaCO<sub>3</sub> de 3.12%. Se estudió el efecto de la época de aspersión foliar de zinc, la aplicación de dosis con concentraciones en estos suelos con deficiencias del elemento sobre su condición nutrimental.



Para las aspersiones de zinc al follaje se tuvieron cinco tratamientos, cuatro con concentración de 0.17, 0.25, 0.34 y 0.42% de zinc más un testigo, sin concentración de este elemento en tres épocas diferentes de otoño de 1997 y el siguiente ciclo 1998, durante la estación de crecimiento, donde los niveles de zinc en este ciclo fueron estadísticamente iguales pero con tendencias de concentración arriba del mínimo para las tres épocas.

En las tres fechas con aplicación en otoño a inicios, mediados y finales, se hace mención de que la mejor fecha para incrementar zinc al árbol para que sea aprovechado para el siguiente ciclo de desarrollo del mismo para que cubra su necesidad es la fecha de inicios de otoño. Esto nos indica que con dos aplicaciones en otoño sería suficiente, ya que en la estación de crecimiento del ciclo 1998, hubo diferencias significativas, sólo con el testigo en cada una de estas tres fechas, pero con una buena concentración de zinc en el follaje arriba del mínimo ya que la fecha de inicios indicó la mejor respuesta con una media de 247.862 mg/kg, y una mejor estabilidad ya que las otras dos fechas de octubre y noviembre tuvieron valores menores pero estadísticamente iguales.

Las aspersiones de zinc en otoño dan un incremento en la concentración, en la fase de crecimiento e inicio de floración. En estos árboles con estas aspersiones de zinc al follaje, los niveles de correlación entre nutrientes nos indican que hay interacción entre ellos, ocurriendo esto en nogal, como en la mayoría de los cultivos.

ABSTRACT

ASPERSIONS FOLIARES OF ZINC IN AUTUMN IN PECAN NUT  
(Carya illinoensis)

BY

DOMINGO MARTINEZ CASTILLO

MASTER SCIENCE

AGRONOMICAL PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

TORREON, COAHUILA, OCTOBER 2001.

Ph. D. Esteban Favela Chávez - Asesor Principal -

Key Words : Carya illinoensis, foliage sprays, foliage analysis, epoch, plant nutrition.

In trees of pecan nut (Carya illinoensis) of 10 years of age, faulty of zinc planted in oozy soils of loamy crumb texture, with a pH if 8.0 and a content of CaCO<sub>3</sub> of 3.12%. The effect of the aspersion time was studied to foliate of zinc, the dose application with concentrations in these soils with deficiencies of the element on its condition nutrimental.

For the aspersions of zinc to the foliage, five dose was had, four with concentration of 0.17, 0.25, 0.34 and 0.42% of zinc more a witness, without concentration of this element in three times different from autumn of 1997 and the following cycle 1998, during the station of growth, where the levels of zinc in this cycle were statistically same but with concentration tendencies up of the minimum for the three times.

In the three dates with application in autumn to beginnings, half-filled and final, mention is made that the best date to increase zinc to the tree so that it is taken advantage of for the following cycle of development of the date of autumn beginnings. This indicates us that with two applications in autumn would be enough, since in the station of growth of the cycle 1998, there were significant differences, alone with the witness in each one of these three dates, but with a good concentration of zinc in the foliage up of the minimum the date of beginnings indicated the best answer since with a stocking of 247.862 mg/kg and a better stability the other two dates of october and november they had more small but statistically same values.

The aspersions of zinc in autumn give an increment in the concentration, in the phase of growth and floración beginning. In these trees witch these aspersions of zinc to the foliage, the correlation levels among nutritious us that there is interaction among them happening this in pecan nut, like in most of the cultivations.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>01</b>
1.1. Generalidades.....	01
1.2. Antecedentes y definición de la problemática.....	01
1.3. Objetivo General.....	02
1.4. Objetivos específicos.....	03
1.5. Hipótesis.....	03
1.6. Metas.....	03
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>04</b>
2.1. Deficiencia de zinc en México.....	04
2.2. Disponibilidad de zinc para la planta.....	04
2.2.1. El zinc en los suelos.....	04
2.2.2. Efecto del pH sobre la disponibilidad de zinc.....	07
2.3. Esencialidad del zinc y efectos por deficiencia en la planta....	08
2.4. Clasificación de la deficiencia de zinc.....	10
2.5. Fertilización foliar en frutales.....	11
2.5.1. Antecedentes históricos.....	11
2.5.2. Importancia de la fertilización foliar.....	12
2.5.3. Sustancias que pueden ser aplicadas.....	13
2.5.4. Mecanismos de penetración.....	15
2.5.5. Factores que afectan la absorción foliar.....	15
2.5.5.1. Efecto de la concentración.....	16
2.5.5.2. Condiciones ambientales.....	16
2.6. Epoca de aspersión al follaje.....	17
2.6.1. Aspersiones con zinc durante la estación de crecimiento..	17
2.6.2. Aspersiones de zinc en otoño.....	18
2.7. Compactación en los suelos por el paso de maquinaria.....	20
2.8. Resumen de revisión de literatura.....	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera.....	22
3.2. Localización del experimento.....	23
3.3. Diseño experimental.....	24
3.4. Arboles experimentales.....	25
3.5. Tratamientos (Dosis).....	25

3.6. Producto de zinc utilizado.....	25
3.7. Aspersiones de zinc al follaje.....	25
3.8. Variables evaluadas en el experimento.....	26
3.8.1. Condición nutrimental.....	26
3.8.1.1. Composición mineral.....	26
3.8.1.2. Determinación analítica.....	28
3.9. Análisis de resultados.....	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1. Aspersión de zinc al follaje.....	29
4.1.1. Tres épocas de aplicación.....	29
4.1.2. Dosis de aplicación.....	31
4.1.3. Muestreo antes y después de aplicar zinc en otoño 1997....	31
4.1.4. Muestreos para tres épocas de otoño de 1997.....	33
4.1.5. Dosis por muestreo en otoño de 1997.....	36
4.1.6. Análisis de correlación entre los diferentes nutrientes en el muestreo en otoño de 1997.....	37
4.1.7. Aplicación de zinc a inicios de otoño (23 de sept. 1997).....	40
4.1.8. Muestreo de aplicación de zinc a inicios de otoño 23 de septiembre de 1997.....	40
4.1.9. Dosis de aplicación de zinc a inicios de otoño 23 de septiembre de 1997.....	41
4.1.10. Aplicación de zinc a mediados de otoño (15 de oct. 1997).	42
4.1.11. Muestreo de aplicación de zinc a mediados de otoño 15 de octubre de 1997.....	43
4.1.12. Dosis de aplicación de zinc a mediados de otoño 15 de octubre de 1997.....	44
4.1.13. Aplicación de zinc a finales de otoño (8 de noviembre de 1997).....	45
4.1.14. Muestreo de aplicación de zinc a finales de otoño 8 de noviembre de 1997.....	46
4.1.15. Dosis de aplicación de zinc a finales de otoño 8 de noviembre de 1997.....	47
4.1.16. Concentración por efecto de las dosis de zinc al follaje.....	48
4.1.17. Concentración de zinc en diferentes fechas.....	50
4.1.18. Análisis de correlación entre los diferentes nutrientes en el muestreo en primavera de 1998.....	52
4.1.19. La mejor dosis en las tres diferentes épocas muestreadas en la estación de crecimiento en 1998.....	54
4.1.20. Concentración de zinc en las diferentes épocas en otoño de 1997, y la estación de crecimiento en 1998, para determinar la retranslocación de zinc.....	55

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones.....	57
VI. LITERATURA CITADA.....	58
VII. APÉNDICE.....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Características físicas y químicas del suelo en el huerto de la UAAAN-U.L. donde se llevó a cabo este trabajo otoño 1997.....	24
2. Distribución de los tratamientos (dosis) con sus concentraciones de zinc en nogal pecanero cv Western en otoño 1997 UAAAN-U.L.....	24
3. Tratamientos y fechas de aspersión foliar de zinc con su concentración en el ciclo de otoño de 1997. UAAAN-U.L. ....	26
4. Fechas de muestreo foliar en el experimento sin aplicación y con aplicación de zinc en nogal pecanero cv Western otoño 1997. UAAAN-U.L.....	27
5. Análisis estadístico general de todos los datos muestreados en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	29
6. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en tres épocas de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	30
7. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en las diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	31
8. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el muestreo previo a aplicar y con aspersión de zinc en otoño de 1997 UAAAN.U.L.	32
9. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en los muestreos para las tres diferentes épocas sin aspersión y con aspersión de zinc en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	34
10. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el muestreo antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	37
11. Coeficiente de correlación y significancia entre los diferentes nutrientes en el muestreo de 1997. UAAAN-U.L.....	39
12. Análisis estadístico para la época de inicios de otoño de 1997. UAAAN-U.L.	39
13. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en la primera aspersión a las diferentes dosis y testigo a inicios de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	40

Cuadro No.	Página
14. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el primer muestreo de antes de aplicar y después de aplicar a inicios de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	41
15. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo a inicios de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	42
16. Análisis estadístico para la época de mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	42
17. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en la segunda aspersión a las diferentes dosis y testigo a mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	43
18. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el segundo muestreo de antes de aplicar y después de aplicar a mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	44
19. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo a mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	45
20. Análisis estadístico para la época de finales de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	45
21. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en la tercera aspersión a las diferentes dosis y testigo a finales de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	46
22. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el tercer muestreo, de antes de aplicar y después de aplicar a finales de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	47
23. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo a finales de otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	48
24. Análisis estadístico general para la época de crecimiento vegetativo de 1998. UAAAN-U.L.....	48
25. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el muestreo de la estación de crecimiento para las tres diferentes épocas, Junio 1998. UAAAN-U.L.....	49
26. Análisis estadístico general pero sin testigo para la época de crecimiento vegetativo 1998. UAAAN-U.L.....	50



Cuadro No.	Página
27. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en las tres épocas muestreadas en junio de 1998. UAAAN-U.L.....	51
28. Coeficiente de correlación y significancia entre los diferentes nutrientes en el muestreo de 1998. UAAAN-U.L.....	53
29. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en tres fechas diferentes en respuesta a las aspersiones de zinc al follaje en otoño de 1997, y durante la estación de crecimiento en 1998. UAAAN-U.L....	54
30. Concentración retranslocada para las diferentes épocas en nogal pecanero cv Western en dos años diferentes 1997 y 1998 UAAAN-U.L.....	55

### ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

A1. Características físicas y químicas del suelo en el huerto de la UAAAN-U.L. donde se llevó a cabo este trabajo otoño 1997.....	63
A5-11. Cuadrado medio y significancia para los diferentes muestreos con sus dosis en las diferentes épocas de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L..	64
A12-15. Cuadrado medio y significancia para la primera época de aplicación en el primer muestreo con sus diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	65
A16-19. Cuadrado medio y significancia para la segunda época de aplicación en el segundo muestreo con sus diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	66
A20-23. Cuadrado medio y significancia para la tercera época de aplicación en el tercer muestreo con sus diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.....	67
A24-25. Cuadrado medio y significancia para el muestreo del estado de crecimiento vegetativo con las dosis aplicadas junto con el testigo, junio de 1998. UAAAN-U.L.....	68
A26-28. Cuadrado medio y significancia para el muestreo del estado de crecimiento vegetativo con la diferente época de aplicación sin testigo, junio de 1998. UAAAN-U.L.....	69

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Generalidades.

El nogal pecanero (Carya illinoensis) fue llamado por los colonizadores españoles "nogal" al árbol y "pecana" a la nuez, producto del árbol.

Los principales productores de nuez pecanera son: Estados Unidos de América, que ocupa el primer lugar con una producción de 160 mil toneladas, esto es el 78.6% de la cosecha mundial; México ocupa el segundo lugar con 45 mil toneladas, las cuales equivalen al 19.6%, Australia, Israel y Sudáfrica producen el 1.8% restante.

Los principales estados productores de nuez pecanera en México, con el 95% de la superficie total plantada que es de (60,000 has) son: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Durango. Los estados de menor importancia que ocupan el 5% restante de la superficie plantada son: Hidalgo, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, Baja California Norte, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas y Zacatecas (Medina, 1997).

### 1.2. Antecedentes y definición de la problemática.

En las regiones nogaleras, en general ocurren problemas de deficiencia de elementos menores como zinc, manganeso y hierro. Como referencia, en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, el nogal ocupa una superficie de 6,000 has de las cuales 4,500 se encuentran en producción y el resto en desarrollo. En esta zona se han detectado problemas de deficiencia de zinc hasta en un 60% de los huertos en desarrollo y 77% de los huertos de producción (Medina, 1994).

Los problemas de deficiencia de zinc son comunes en los suelos alcalinos con un pH en el intervalo de 7.0 a 8.6. El alto contenido de calcio en estos suelos limita la disponibilidad de los elementos menores, incluyendo al zinc. En este tipo de suelos el zinc tiene una movilidad limitada debido a que reacciona fácilmente y forma compuestos como  $Zn(OH)_2$ ,  $ZnCO_3$  y  $Zn(PO)_4$  los cuales son difíciles de absorber por la raíz de los cultivos que crecen en estas condiciones (Kabata y Pendis, 1984).

En la actualidad, la práctica de corrección de la deficiencia de zinc en el nogal pecanero cultivado en suelos alcalinos, consiste en aplicar de dos a seis aspersiones con este microelemento al follaje, en el período de primavera y verano, requiriéndose para ello, equipo especializado que incrementó el costo de producción del huerto. Así mismo, el paso frecuente de maquinaria pesada para la aspersión de los árboles, ocasiona problemas de compactación al suelo (Medina, 1988).

Ante tal situación, se considera necesario realizar estudios encaminados a encontrar nuevas opciones para resolver el problema ocasionado por la deficiencia de zinc en el nogal pecanero cultivado en suelos con pH alcalino, mediante prácticas sencillas y de fácil ejecución. Dichas opciones podrían ser: 1) acidificación del suelo en sitios localizados del sistema radical para incrementar de manera significativa la disponibilidad y absorción de zinc aplicado en diferentes dosis; 2) aspersiones foliares con zinc en el otoño y durante la estación de crecimiento con la finalidad de incrementar la concentración de zinc en las hojas y reducir al mínimo el número de aspersiones recomendadas en el ciclo del cultivo, bajo el principio que el zinc aplicado en el otoño se almacena en los tejidos de reserva para ser utilizado en el crecimiento y desarrollo del árbol en el siguiente ciclo de producción.

### **1.3. Objetivo General.**

Con base en lo planteado anteriormente, el objetivo general del presente trabajo, fue estudiar las aspersiones en otoño para corregir la deficiencia de zinc del

nogal pecanero considerando la condición nutrimental.

#### **1.4. Objetivos específicos.**

- a) Evaluar los efectos de la aspersión de zinc al follaje en el período de otoño, sobre la condición nutrimental.
  
- b) Evaluar las diferentes concentraciones de zinc en diferentes fechas.

#### **1.5. Hipótesis.**

Las aplicaciones de zinc en otoño corrigen la deficiencia de zinc en el cultivo del nogal pecanero para el siguiente ciclo productivo.

- a) Existe una época óptima para la aplicación de zinc en nogal durante el otoño.
  
- b) El nogal responde en forma diferente a las concentraciones de zinc.
  
- c) Existe interacción entre la época de aplicación de zinc y la concentración de zinc en nogal pecanero.

#### **1.6. Metas.**

- a) Disponer de la concentración óptima de zinc y fecha óptima de aplicación que permita un incremento de zinc en el árbol para el siguiente ciclo.
  
- b) Disminuir pasos de maquinaria pesada al suelo de los nogales, producto de las aspersiones foliares con zinc.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Deficiencia de Zinc en México.

Garza (1973) considera que la deficiencia de Zinc, se presenta con mayor grado de intensidad en los estados siguientes: Nuevo León, Coahuila, Jalisco, Hidalgo, San Luis Potosí y Sonora, agravándose en aquellos suelos donde el pH mayor de 7.0 como ocurre en las zonas áridas y semiáridas del país.

Medina (1980) y (1990) considera que el zinc es el nutrimento comúnmente deficiente en nogal pecanero, sobre todo en suelos calcáreos como los del norte del país, donde se cultiva el nogal. Por lo tanto, se tienen que realizar aspersiones foliares para evitar deficiencias de este nutrimento. En todas las regiones nogaleras de México, se realizan aplicaciones foliares de zinc cada año. Sin embargo, a través de encuestas y muestreos en la región lagunera, se han detectado elementos negativos con respecto a la recomendación actual de aplicaciones de Zinc que conducen frecuentemente a deficiencias en árboles en las huertas regionales.

### 2.2. Disponibilidad de Zinc para la planta.

#### 2.2.1. El Zinc en los suelos.

Mengel y Kirby (1987) mencionan que el Zinc total en los suelos varía de 10 a 300 mg/kg, conociéndose que una porción apreciable del zinc en el suelo se encuentra en la fracción de arcilla, siendo común en los suelos arcillosos tengan contenidos más altos de zinc. Este micronutrimento puede estar dentro de la estructura de las arcillas, sustituyendo isomórficamente al aluminio o al magnesio, debido a su tamaño similar. Se considera que la absorción de micronutrientes por los cultivos desde el suelo es relativamente bajo. Las estimaciones son ; menos de 0.2 kg ha<sup>-1</sup> de B y Cu menos de 0.5 kg ha<sup>-1</sup> de Mn y Zn y menos de 2 kg ha<sup>-1</sup> de Fe.

Aunque las cantidades son fracciones pequeñas de las cantidades totales del suelo, las deficiencias ocurren debido a su baja disponibilidad, de tal manera, que la absorción de los mencionados micronutrientes para los cultivos es a través de los minerales del suelo de aplicaciones de diferentes fuentes de fertilización, y por los residuos de cosecha incorporados al suelo.

Herrera (1992) indicó que el Zinc es ampliamente discutido pero a menudo mal manejado. La deficiencia de Zn en nogal pecanero, ha sido discutida en conferencias y publicaciones, probablemente más que en cualquier otro tema relacionado al manejo de huertos, permaneciendo aún el problema en algunos huertos y continúa siendo un problema no muy bien atendido como muchos otros.

La disponibilidad de Zn en nogal pecanero, se reduce a suelos con un pH alto debido a que precipita y el suelo lo sostiene como un compuesto poco soluble, el suelo con un pH alto prevalece a través del sureste de Estados Unidos y el noroeste de México, por lo tanto, un análisis de suelo no se requiere para decidir si la aplicación de Zn se necesita. El hecho es que el Zinc necesita ser aplicado foliarmente en árboles regularmente para prevenir los síntomas de la deficiencia, las aplicaciones deberían ser hechas foliarmente debido a que el elemento es fijado al suelo. Una excepción a esta situación es el uso de quelatos de Zinc para las aplicaciones en suelos que están en una forma que liberan el Zinc tan lentamente que las raíces lo pueden absorber. Los quelatos de Zn son caros, pero su uso es valioso en nogales que muestran deficiencias severas.

Las aplicaciones foliares de Zn deberían ser parte de cualquier programa de fertilización en una huerta de nogales bien manejada y es más importante para los árboles jóvenes que en los productores. La primera aplicación de Zn debería ser hecha cuando las primeras hojas estén de un tercio a completamente expandidas. Algunas recomendaciones requieren la primera aplicación de Zn al primer brote, pero no hay aún suficiente follaje que absorba el Zinc. La segunda deberá ser hecha siete

días después. Estas dos aplicaciones son las más importantes y la irrigación del huerto debería ser calendarizada alrededor de éstas.

Se requieren tres aplicaciones más de Zn con diferencia de tres semanas para la mayoría de los huertos nogaleros. Los productores a menudo aplican una o dos veces más en los huertos jóvenes especialmente en los árboles Wichita los cuales son más deficientes en Zn. El Zinc se requiere para el crecimiento de las hojas, por lo tanto, lo aplican al principio siendo importante debido a que las hojas en árboles maduros deberían estar completamente desarrollado a través de julio y parte de agosto.

Hay varias sustancias químicas disponibles para la aplicación de Zn, si el nitrógeno no es parte del material, se recomienda mezclar urán (urea formulada foliarmente) para obtener mejores resultados. El nitrógeno actúa como un ion acarreador para abastecer el Zn en las hojas. El Zn quelatado también tiene una buena penetración en las hojas sin el nitrógeno, sin embargo, es más caro que los otros materiales.

Más importante que el material usado, es la técnica de aplicación, una buena cobertura es recomendable así como el tiempo y la hora del día que se hace es importante. La aspersión en las regiones áridas y cálidas del oeste de California, deberían ser hechas en la mañana, se asegura más absorción de zinc debido a que la evaporación del agua es mínima y la solución permanece por más tiempo en las hojas, un surfactante con un agente buffer para bajar el pH de la solución, aumentará la absorción de Zn en el follaje.

Los árboles deficientes en Zn son caracterizados por hojas pequeñas, angostas y quebradizas, sobre un brote con entrenudos cortos. A veces los entrenudos están prácticamente ausentes, dando como resultado un roseteado de hojas cerca de la punta de los brotes. En deficiencias severas, la clorosis intervenal

ocurre en hojas donde al agudizarse pueden tornarse hasta color blanco. Eventualmente, éstas se hacen café, conforme al tejido muere. Los síntomas sobre árboles deficientes de Zn son visibles a distancia.

Los árboles jóvenes, especialmente Wichita, a menudo sufren de deficiencias de zinc. Los árboles adultos con crecimiento adecuado pueden no sufrir tanto debido a que el sistema de enraizado masivo que han desarrollado, esto no es totalmente verdadero, especialmente en suelos arenosos. Una programación de aplicación con zinc debería ser siempre parte de las prácticas anuales de manejo sobre la huerta. En árboles viejos, que no muestran signos, la reducción de la producción a menudo se experimenta antes que se noten los síntomas.

Los productores deberían tomar muestras de hojas para su análisis cada año, para aprender acerca de los problemas potenciales con Zinc. Julio es el mejor tiempo para tomar muestras rutinariamente cada año. Un programa de aplicaciones puede ser planeado para el siguiente año. Actualmente, el análisis de las hojas también reflejará la eficiencia de un programa de fertilización total por lo que le da al productor información exacta acerca de la ingestión de nutrientes actual de árboles nogaleros. Todo lo anterior ha sido estudiado por (Herrera, 1992).

### **2.2.2. Efecto del pH sobre la disponibilidad de Zinc.**

El pH es definido como un logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. Sin embargo, debido a que los métodos potenciométricos determinan actividades y no concentraciones es más correcto definirlo como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno en la solución (Fassbender y Bornemisza, 1987).



Algunas características del suelo limitan la disponibilidad de zinc. El crecimiento de las plantas es afectado tanto por las reacciones de acidez como por las de alcalinidad del suelo, donde las reacciones de solubilidad de los nutrientes presentes en la solución del suelo, juegan un papel importante (Tan, 1993).

Al aumentar la acidez del suelo, se incrementa su aprovechamiento. En general, los suelos ácidos suministran cantidades importantes de zinc, a diferencia de los suelos alcalinos, ubicados donde las lluvias son escasas y la presencia de carbonatos, particularmente  $\text{CaCO}_3$  es alto, debido a que la evapotranspiración excede a la precipitación anual (Bohn et. al., 1993).

### **2.3. Esencialidad del Zinc y efectos por deficiencia en la planta.**

La deficiencia de Zinc en la planta, tiene varios efectos. En el nogal pecanero, la actividad de la anhidrasa carbónica, la síntesis de RNA y de proteínas disminuyen. Así mismo, el Zinc es el precursor de triptófano, indispensable para la síntesis de ácido indolacético en las hojas, el cual participa en la elongación de los tejidos. Es por ello que una deficiencia de Zinc limita el crecimiento vegetativo (McEachern, 1990).

Hu y Sparks (1991) indican que la deficiencia de Zn inhibe la síntesis de clorofila y el intercambio de gas en el nogalero pecanero.

Las hojas del nogalero stuart con varios niveles de deficiencia de Zn se analizaron para indicadores fisiológicos de vigor de la hoja, el contenido de la clorofila en la hoja, la conductancia estomatal y la fotosíntesis fueron adversamente afectados por la deficiencia de Zn. En hojas con deficiencia de Zinc severa, cada uno de estos indicadores aumentó de 3 a 5 veces con un doble de concentración de Zn en hoja, pero estabilizado como Zinc en hoja alcanzó el rango de suficiencia. El  $\text{CO}_2$  intercelular, asociado con una fotosíntesis neta baja indica que la apertura estomatal

no fue la causa de la reducción de fotosíntesis neta baja, sino la deficiencia de calcio (Hu y Sparks, 1991).

Los niveles inadecuados del elemento limitan severamente la productividad de la cosecha en nogales. La deficiencia de Zinc permanece como un problema recurrente en huertos nogaleros a pesar de la investigación extensiva que documenta los valores críticos de la hoja, también como los métodos de prevención y corrección para el crecimiento apropiado de los nogales. Las anomalías morfológicas que ocurren en ambos crecimientos vegetativos y reproductivos de árboles deficientes de Zn han sido descritos. Sin embargo, el impacto de la deficiencia de Zinc en la fisiología del nogal no ha sido examinada, la fotosíntesis se esperaría que se viera afectada debido a la clorosis y el crecimiento distorsionado de la hoja son síntomas prominentes de deficiencia de Zinc (Hu y Sparks, 1991).

El efecto de la deficiencia de Zn sobre el crecimiento reproductivo del nogalero stuart fue estudiado en el nivel más severo de deficiencia, los brotes estuvieron roseteados y no produjeron ni estambre ni inflorescencias pistiladas. En niveles de deficiencia menos severa, la longitud de los amentos y el peso disminuyeron conforme la concentración de Zn en la hoja disminuía. El número de frutos producidos por brote fueron reducidos por la deficiencia de Zinc. Aunque el aborto de la fruta no fue afectada por el status del Zn del brote, la muerte de la fruta y el secado se incrementó con la deficiencia de Zn. La deficiencia de Zinc dramáticamente suprimió el desarrollo de la fruta y resultaron en dehiscencia (Hu y Sparks, 1990).

La producción de nuez obviamente depende de la eficiencia del desarrollo productivo, sin embargo, el efecto de la deficiencia del Zn en el desarrollo y maduración de las estructuras fisiológicas del nogalero, no han sido reportadas, por tal razón, Hu y Sparks (1990) analizaron el efecto de la deficiencia de Zinc sobre el desarrollo de los amentos, implantación del fruto y características frutales del nogal. El estudio fue conducido en un huerto nogalero localizado en el Servicio

Agrícola de Investigación del Sureste de USDA, en el laboratorio de investigación agrícola, Byron GA.

#### **2.4. Clasificación de la deficiencia de Zinc.**

O'Barr y Hanson (1978) al relacionar la sintomatología de deficiencia con la concentración de Zinc en las hojas de nogal pecanero que crecen en suelos alcalinos, encontraron que valores entre 60 a 100 ppm de Zn en los árboles eran normales; 20 a 40 ppm de Zn los árboles eran considerados como deficientes (hambre oculta) y valores de 20 ppm de Zn en los árboles, manifestaban deficiencia con síntomas visibles.

Spark y Payne (1982) al realizar una clasificación aún más detallada establecieron los siguientes grados de deficiencia, Grado 1, no deficiente, grado 2, menos del 1% del follaje con deficiencia, grado 3 menos del 25% del follaje con deficiencia, grado 4, más del 25% pero menos del 50% del follaje con deficiencia y grado 5, más del 50% del follaje con deficiencia. No obstante, Pimentel (1978) en un trabajo realizado en nogal pecanero, bajo condiciones de campo, no encontró diferencias significativas entre estos grados de deficiencia y la concentración de zinc en las hojas.

Además de los síntomas visuales, el diagnóstico de las deficiencias de micronutrientes puede llevarse a cabo a través de los análisis de suelos y planta, que son métodos más precisos para determinar el problema. Sin embargo, ellos requieren de más tiempo, son costosos, y demandan de cierta experiencia en la interpretación de los resultados de laboratorio (Jones Jr. 1985).

Respecto a los niveles óptimos de los principales nutrimentos en el nogal pecanero, cultivado en suelos alcalinos de la región norte de México, y bajo

condiciones de riego, Medina (1995), estableció que estos varían de 2.2 a 2.3% para N, 0.12 a 0.14% para P, 57 a 73 ppm para Zn, 115 a 135 ppm para Fe, 74 a 122 ppm para Mn y de 7 a 9 ppm para Cu en hojas de pleno crecimiento del mes de julio.

## **2.5. Fertilización foliar en frutales.**

### **2.5.1. Antecedentes históricos.**

La aplicación de sustancias nutritivas a las hojas de las plantas es una técnica relativamente reciente respecto a la aplicación de bases científicas, como resultado del avance en el conocimiento de la "fisiología vegetal" y el suministro de nutrientes a las plantas. Se afirma que en épocas babilónicas, ya se practicaba el rociado de las hojas de los árboles con suspensiones de excrementos, mezclados con cenizas vegetales, lo que pudiera considerarse como una primera tentativa de fertilización foliar. Definitivamente, que este tipo de prácticas sólo tenían un fundamento empírico ya que la ciencia en aquella época no había llegado a intuir los procesos de la absorción foliar. El descubrimiento de los fundamentos científicos de la nutrición mineral a través de las hojas, se sitúa a mediados del siglo pasado, cuando el fitofisiólogo francés E. Gris realizó estudios que pusieron de manifiesto la evidencia de la absorción de nutrientes por los tejidos de las hojas. (De La Vega, 1969).

En los EE. UU. y en muchos otros países, se ha usado con frecuencia esta forma de aplicación de nutrientes desde 1933, sobre todo en frutales, para corregir algunas deficiencias de elementos menores. No obstante, también se pueden corregir deficiencias de elementos mayores como nitrógeno, fósforo y potasio (Jones y Roberts, 1949). Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes foliares en solución puede ser un método efectivo para satisfacer las necesidades de nutrientes, aún cuando los rendimientos no son incrementados consistentemente, ya que las cantidades de fertilizantes aplicados son limitadas. Entre los diferentes métodos de aplicación de

elementos menores en los frutales, la aspersión al follaje es un método de suministro más rápido y efectivo que el de la aplicación al suelo (Rodríguez, 1989).

Las aplicaciones foliares han sido principalmente para el suministro de elementos menores que son requeridos en cantidades pequeñas. Por lo tanto, la fertilización foliar puede ser empleada como un suplemento de la fertilización al suelo, siendo útil para: 1) una corrección rápida de deficiencias en las plantas; 2) para evitar problemas tales como fijación, o lixiviación, lo cual ocurre en algunos suelos; 3) para suministrar nutrientes a las plantas en tiempos cuando la absorción de los nutrientes por la raíz es limitada debido a una disminución de su actividad y/o estrés hídrico; 4) para evitar la contaminación del suelo por lavado y escurrimiento; 5) para mejorar el estado nutrimental en sistemas de producción forzada en cultivos frutícolas (Marschner, 1986).

### **2.5.2. Importancia de la fertilización foliar.**

Marschner (1986) considera que la fertilización foliar es muy efectiva para árboles frutales, los cuales con frecuencia presentan deficiencias nutrimentales, así mismo, cuando las heladas pudieran retrasar el crecimiento radical y por consiguiente, la absorción o en especies vegetales que crecen en suelos que debido a sus características químicas presentan problemas de baja disponibilidad de ciertos elementos esenciales. Así mismo, los fertilizantes foliares pueden aplicarse mezclados con insecticidas y fungicidas logrando con esto un menor costo de aplicación cuando se tienen programas de aspersión para combatir plagas y enfermedades.

Por otro lado, Chávez y Medina (1992) evaluando el cv Western al realizar 0, 1, 2, 3 y 5 aplicaciones foliares de zinc, se obtuvo respuesta en la concentración foliar y durante tres años se logró obtener con solo dos aplicaciones una concentración arriba de 60 ppm (límite de deficiencia) no se observó diferencia en rendimiento de

nuez por árbol durante tres años. En el cv Wichita con solo 3 aplicaciones, se logró una concentración arriba de 60 ppm no se observó diferencia en rendimiento en los tres años.

Así mismo, Favela (1990) en la evaluación de material vegetal de nogal pecanero que consistió en dos cultivares "Wichita y Mahan" obtenidos a partir de semilla en condiciones de invernadero y bajo condiciones hidropónicas, donde la solución nutritiva no contenía zinc, probó varios tratamientos foliares a base de zinc (0.03, 0.04 y 0.05) con adición de 0.1% de urea en cada tratamiento aplicado. Los tratamientos se repitieron 3 veces, y las aspersiones foliares fueron realizadas solamente en hojas basales en 3 ocasiones. Observó en variables fisiológicas como resistencia a la difusión y transpiración un efecto importante por aplicación foliar en zinc y donde además, concluyó que concentraciones de 0.03% de zinc son suficientes para este cultivo y bajo estas condiciones donde fue llevado a cabo el experimento.

En la época de escasez de agua cuando los fertilizantes no se pueden aplicar, el uso de fertilizantes al follaje pueden ayudar temporalmente a resolver el posible problema nutrimental. Además, por medio de la fertilización foliar los nutrimentos penetran con rapidez y pueden ser aplicados en los momentos en que las plantas los requieren con mayor necesidad. Así mismo, estos fertilizantes no están sujetos a pérdidas por fijación en algunos suelos.

### **2.5.3. Substancias que pueden ser aplicadas.**

Las cantidades relativamente elevadas de los nutrimentos como N, P y K, que la planta necesita no es costeable que sean suministrados totalmente por aspersiones foliares (Bear, 1969), ya que se necesita de varias aplicaciones a intervalos de dos a tres días para poder cubrir dosis de 20 o 25 kg ha<sup>-1</sup> de nutrimento

por ciclo, partiendo de la suposición de que todo el elemento que se aplica se absorbe por la planta, lo cual no ocurre en la práctica.

En el caso de los micronutrientes, que se requieren en pequeñas cantidades en las plantas (0.1 g a 10 g por cada 100 kg de materia seca), es totalmente viable poder suministrarse en las cantidades adecuadas por medio de aspersiones foliares, y cubrir satisfactoriamente los requerimientos.

Cooke (1992) menciona que cualquier sustancia que se adicione al suelo para aportar uno o más nutrientes a la planta, con el propósito de incrementar su crecimiento, es un fertilizante. Los fertilizantes orgánicos son compuestos químicos simples, que aportan nutrientes a las plantas. Las sales orgánicas también conocidas como fertilizantes para el caso de fertilización foliar deben de tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución al momento de ser aplicados para que así no ocasionen problemas al momento de la absorción por los mecanismos de penetración de las plantas. Si no fuera el caso, es necesario tener controles que permitan una buena solubilidad de los fertilizantes por aplicar, desde ajustes en el pH hasta la adición de ácidos para que la solubilidad sea favorecida.

Worley (1972) estudió los efectos de las fuentes de Zinc y métodos de aplicación sobre la producción y la concentración de este microelemento en la hoja del nogal. Los resultados encontrados indicaron que el Zn de las hojas tratados con óxido de zinc presentó igual o mayor sino que el de los árboles tratados con sulfato de Zinc, cuando ambos fueron aplicados cada año. Sobre los árboles jóvenes deficientes de Zinc, el EDTA de Zinc entró al árbol antes que otras fuentes. Los síntomas de la deficiencia de Zn aparecieron cuando el Zn en la hoja era de 40 ppm o menos. Las aspersiones foliares de sulfato de Zn causaron aumentos erráticos y temporales de este elemento en la hoja.

#### **2.5.4. Mecanismos de penetración.**

Marschner (1986) confirma como los principales sitios de penetración a las células guardas y la cutícula, ya que en ésta última parte de la hoja se encuentran sustancias tanto hidrofílicas como lipófilas, las cuales favorecen la penetración, debido a su capacidad de hidratarse e imbibirse. En tanto que en las células guardas existen especies intra - moleculares no cutinizadas, conteniendo además cloroplastos capaces de realizar absorción activo en el simplasma. Para el caso de los frutales caducifolios se ha demostrado que existe absorción también por tallos y ramas, la cual es llevada a cabo a través de cicatrices de las ramas, heridas, lenticelas y fisuras longitudinales de la corteza. Una vez que la solución de zinc ha sido absorbida vía foliar, ésta puede moverse a través de toda la planta, siempre y cuando el cubrimiento de las hojas durante la aspersión foliar sea total.

#### **2.5.5. Factores que afectan la absorción foliar.**

Mengel y Kirkby (1987) consideran que las células en los folíolos al igual que las células radicales, absorben elementos minerales del apoplasto. La absorción foliar es entonces afectada por una serie de factores que pueden interferir en un buen resultado al momento de realizar la fertilización foliar. Estos factores sirven como un punto de apoyo para decidir, cuándo, cómo, dónde, a qué hora y qué debe aplicarse, existiendo los siguientes: 1. Los que se refieren a las características de la solución (tipo de ion, pH, ion acarreador, adición de surfactantes, adición de adherentes y concentración). 2. Condiciones ambientales (temperatura ambiental, luz, humedad y hora del día). 3. Las interacciones que existen con la planta en sí y sus características (estado de desarrollo, tipo de planta, presencia de humedad superficial, sitio de aplicación y estomas).



### **2.5.5.1. Efecto de la concentración.**

El efecto de la concentración del ion en la solución de los diferentes cultivos es muy variable, y depende del estado fenológico específico, y el tipo de planta, que define el nivel de tolerancia. Esto da una idea de la cantidad de un nutrimento que se puede aplicar en un cultivo y el nivel de deficiencia de la fertilización foliar para resolver este tipo de problemas; es decir, el número de aspersiones necesarias para cubrir un mínimo determinado de kilos por hectárea de acuerdo al grado de tolerancia.

La concentración del material aplicado es importante para la absorción, pues una concentración alta de cualquier ion en la solución externa aplicada foliarmente puede afectar la absorción de otros iones. Los daños foliares por altas concentraciones de nutrimentos en un problema práctico y muy serio, siendo el resultado de un desbalance de local de nutrimentos en el tejido foliar, más que efectos osmóticos (Swietlik y Faust, 1984).

### **2.5.5.2. Condiciones ambientales.**

La temperatura, humedad relativa y luz, son factores que están muy relacionados, así como la hora del día de la aplicación. Al aumentar la luminosidad, aumenta la absorción foliar. Una alta humedad relativa disminuye la tasa de evaporación de la solución asperjada al follaje, además favorece la permeabilidad de la cutícula, reduciendo el daño por quemaduras. Así mismo, cuando la temperatura es elevada, la respiración aumenta, disminuyendo la absorción. A bajas temperaturas se inhibe la incorporación de sustancias (Currier y Dybing, 1959; Alcalde, 1986; citados por Ovidio, 1988).

## **2.6. Época de aspersión al follaje.**

En general, se reconocen tres épocas de aspersión vía foliar. En primer término está la de primavera; estas aspersiones foliares se hacen cuando la planta inicia el período de crecimiento vegetativo, o sea al momento de formar nuevas hojas. Enseguida se tiene la de verano; son aspersiones que se realizan al momento de pleno crecimiento hasta antes de la cosecha. En algunos casos, esta aspersión es realizada para aumentar el tamaño, coloración y resistencia del fruto al transporte. Finalmente, están las aplicaciones de otoño y de reposo, las cuales se practican principalmente en frutales de clima templado. Esta época de aplicación, comúnmente es conocida como de postcosecha, por ser realizada posterior a la cosecha, siendo el momento en el cual las hojas almacenan las reservas de elementos requeridos para el inicio de el siguiente ciclo de crecimiento (Randall et. al., 1985).

### **2.6.1. Aspersiones con Zinc durante la estación de crecimiento.**

Storey et. al., (1973) en la búsqueda de opciones para corregir la deficiencia de zinc en suelos calcáreos, iniciaron pruebas con diferentes productos de Zinc asperjados al follaje en combinación con productos a base de nitrógeno como uran (32% N) para estimular o mejorar la absorción. Los resultados indicaron que el uran duplica la absorción de zinc por las hojas de nogal pecanero.

Crowey et. al., (1996) consideran que si al menos un 5% de zinc aplicado se translocara hacia los órganos internos de la planta, éste sería suficiente para un adecuado crecimiento vegetativo y un buen suministro a las yemas. Esta estimación está basada en el área foliar, el zinc total translocado y la producción de materia seca en un año, para manifestar todo su potencial de eficiencia en el cultivo del aguacate.

Aguilar et. al., (1993) indican que en el cultivo del aguacate, al inyectar soluciones de sulfato de Zinc al 3 y 6% con un equipo de venoclisis en troncos de árboles deficientes, observaron un respuesta más rápida con la dosis más alta; sin embargo, tiempo después el efecto fue similar al de los tratamientos al suelo y al follaje. No se observaron efectos significativos en la longitud de brotes pero si en la apariencia visual del follaje.

### **2.6.2. Aspersiones de Zinc en otoño.**

Las aspersiones en otoño y de reposo varían en función del cultivo. Se pueden aplicar después de la cosecha, dos semanas antes de la caída de las hojas, cuando el 50% de las hojas senescentes se han caído y cuando ha ocurrido la caída total de las hojas (período de dormancia del frutal). En general, se procura siempre que las hojas se encuentran todavía en buen estado para aprovechar al máximo su gran capacidad de absorción y el proceso de retranslocación hacia los órganos de reserva (Swietlik y Faust, 1984). En gran parte de frutales caducifolios varios investigadores han demostrado que los nutrimentos asperjados, no solamente son absorbidos por las hojas, sino también por tallos y ramas, donde la penetración es por las cicatrices de las ramas rotas, lenticelos y fisuras longitudinales de la corteza de los árboles en defoliación o en período de reposo, como se ha observado en almendro, duraznero, ciruelo y nectarino (Uriu, 1978).

Johnson y Uriu (1989) recomiendan asperjar en otoño y durante el período de dormancia a frutales como el duraznero, ciruelo y nectarino desde mediados de octubre cuando el 50% de las hojas ha caído, con productos como  $ZnSO_4$  al 36% de Zinc con dosis de  $11-17 \text{ kg ha}^{-1}$  con los riesgos de causar quemaduras de hojas si se presentan lluvias poco tiempo después de realizar las aspersiones. Dicho producto se puede aplicar en dormancia para prevenir una posible deficiencia leve de zinc, ya que puede ser aprovechado para la siguiente estación de crecimiento. Un producto

comercial recomendado por estos mismos autores es el Zn-EDTA aplicado en primavera sin mencionar la dosis.

Así mismo, Ryugo (1993) dice que las aspersiones en otoño deben realizarse antes de la caída de las hojas en frutales caducifolios, con dosis elevadas para lograr una absorción suficiente de zinc, que se almacena en ramas y espolones (estructuras de fructificación), junto con los productos desdoblados de la clorofila y otros compuestos celulares y nutrimentos de las hojas en su etapa de senescencia. El mismo autor considera que el mecanismo de retroalimentación permite que las plantas conserven nutrimentos de las ramas para la siguiente estación de crecimiento. Se debe poner atención de no causar daños al follaje por concentraciones elevadas de zinc debido a que se provoca una interrupción en el movimiento de retranslocación de los elementos, lo cual limitaría el propósito de las aspersiones en otoño.

De estos trabajos, resulta claro que los factores claves al realizar aspersiones foliares de nutrimentos, es la concentración de la solución cuyo efecto es variable entre especies, y depende de un estado fenológico en que se encuentren los cultivos, teniendo diferentes grados de tolerancia. Las concentraciones bajas de micronutrimentos (menor del 1%) no causan daños, sin embargo, concentraciones mayores del 1.5% pueden causar quemaduras e inclusive defoliación completa, como ha ocurrido en el duraznero cultivado bajo el sistema de producción forzada (Ortíz, 1986). Al respecto es de gran importancia tener presente las dosis por aplicar, ya que de acuerdo a un trabajo presentado por Worley (1995), las defoliaciones tempranas (agosto, septiembre y octubre), ocasionan problemas serios de producción, concluyendo que a medida que permanezcan por mayor tiempo las hojas en el árbol se incrementará la producción al año siguiente, atribuyéndole este efecto a la capacidad del árbol a almacenar mayores reservas. De aquí la importancia que tiene el hecho de no defoliar los árboles por efecto de altas concentraciones aplicadas en el período de otoño.

### **2.7. Compactación en los suelos por el paso de maquinaria.**

Con gran frecuencia el uso de maquinaria pesada en los huertos de nogal para la realización de diferentes prácticas de manejo no se han considerado los posibles daños que se pudieran ocasionar en los cambios de las condiciones físicas y químicas de los suelos. Al respecto Wood y White Jr (1986), realizaron un estudio en un huerto de nogal pecanero de 70 años de edad para evaluar el efecto del paso de maquinaria y otras prácticas culturales sobre la compactación, el posible cambio de pH del suelo y la consecuente absorción de nutrientes. Sus resultados mostraron lo siguiente: el pH del suelo fue incrementado en 0.2 a 0.3 unidades en el primer año de evaluación, y en más de 0.4 unidades en los cuatro años que duró el estudio. Esta respuesta es atribuida a una mejor reacción entre el limo y el suelo, en respuesta a la incorporación de cal dolomítica sobre la superficie del suelo, lo cual es sustentado por el incremento de los niveles de Ca en el suelo en los tratamientos con cultivos agrícolas. Los tratamientos con cultivos agrícolas no tuvieron efecto en los niveles de N, P, K, Mg, Fe y Cu en las hojas de nogal pecanero. Por otro lado, los niveles de Al, Mn y Zn en las hojas decrecieron considerablemente, debido probablemente al incremento de pH.

### **2.8. Resumen de Revisión de Literatura.**

El nogal pecanero es una de las especies frutales caducifolias de mayor importancia en el norte de México, donde los suelos en una gran parte de esta región del país se caracterizan por ser calcáreos, con pH y contenido de carbonatos de calcio elevado, condiciones que favorecen a una reducida disponibilidad de zinc, limitando fuertemente la producción de los árboles.

El zinc es considerado como el precursor del triptófano, indispensable en la síntesis del ácido indolacético en las hojas, el cual participa en la elongación de los

tejidos, y al estar deficiente en las plantas provoca crecimiento reducido en brotes y hojas dando lugar al efecto llamado "roseteado".

La corrección de la deficiencia de zinc en el nogal pecanero en la actualidad, es a través de dos a seis aspersiones foliares con productos como NZN, sulfato de zinc o nitrato de zinc durante su ciclo vegetativo requiriendo para ello equipo especializado de aspersión que al ser utilizado esto incrementa los costos de producción para los productores y ocasiona problema de compactación en el suelo alterando las características físicas.

Las aspersiones de zinc en otoño, constituye hoy en día una alternativa de solución al problema de deficiencia para especies caducifolias como: duraznero, ciruelo, nectarino y almendro por mencionar algunos, lo que hace suponer que debido a la similitud tanto anatómica como la condición climática donde es cultivado el nogal pecanero, se puedan tener resultados similares en la práctica.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera.

La Región Lagunera, está situada al norte y centro de territorio nacional en donde las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, en sus prolongadas laderas occidentales, van formando enormes llanuras, grandes bolsones y desérticos valles. Ahí donde colindan los estados de Coahuila, Durango y Chihuahua, configurando la extensa planicie denominada Región Lagunera.

La extensión territorial es de 40,523 km<sup>2</sup> y se compone de diez municipios, cinco de Durango y cinco de Coahuila.

Geográficamente se localiza entre los 26°45' y los 24°10' de latitud norte y entre los 104° y los 102° de longitud oeste. La altura sobre el nivel del mar en sus planicies más bajas es de 1,100 metros de Mapimí, Durango, y 2,300 en la sierra de Jimulco. La ciudad de Torreón, se encuentra a 1,137 m.s.n.m.

La Región, es poseedora de una gran homogeneidad en sus suelos y su clima. Cuenta con dos importantes cuencas hidrológicas que han sido y son vitales para la vida y su desarrollo integral, que pertenecen a los ríos El Nazas y El Aguanaval.

Climatológicamente, la Comarca Lagunera está localizada dentro de la zona subtropical de alta presión. Su clima de verano va desde semi-cálido a cálido-seco y en invierno desde semi-frío a frío. Los meses de lluvia son de mediados de junio a mediados de octubre. El resto del año, se considera seco, con temperatura media anual de 21°C y precipitación media anual de 224.6 mm. (Santibáñez, 1992).

### 3.2. Localización del experimento.

El presente trabajo, se llevó a cabo durante el otoño 1997 y primavera de 1998, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna, localizada en el kilómetro 1.5 de la carretera periférico a Santa Fe, Municipio de Torreón, Coahuila.

Para conocer las características del sitio experimental se hizo un pozo agrológico. Se obtuvieron muestras de suelo de cada horizonte encontrado, para su caracterización y análisis cuantitativo en el laboratorio. Estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de la UAAAN-U.L, una vez recabada la información tanto de campo y laboratorio, se procedió a la clasificación del suelo, de los horizontes de 0, 30, 60 y 90 para obtener las características físicas y químicas donde se realizó el experimento.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos y en los cuales se obtuvo una densidad aparente de 1.16 a 1.18 g/cm<sup>3</sup>, un pH de 7.78 a 8.0 ligeramente alcalino, una textura de migajón arcilloso limoso a migajón limoso, los CaCO<sub>3</sub> de 3.12 a 0.8 muy baja, una CE de 1.76 a 0.78 con efectos de salinidad nulos, una CIC de 1.05 a 5.5 muy bajos, para los micronutrientes en ppm, como Zn fue adecuado, Cu fue marginal, Fe fue marginal y Mn fue adecuado, para los macronutrientes como P en ppm fue de rico a medianamente rico, para N en % fue de medianamente pobre a pobre, para Ca, Mg y Na encontramos concentraciones bajas en el suelo por lo que no hay problemas de sodicidad en meq/l y el K tiene concentraciones altas en meq/100 g en estos suelos (IRENAT, 2000).



Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo en el huerto de la UAAAN-U.L. donde se llevó a cabo este trabajo otoño 1997.

Prof. (cm)	D.A. g/cm <sup>3</sup>	P.H. (%)	Textura (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CE mS/cm	CIC meg/100g	MICRONUTRIENTES				MACRONUTRIENTES					
							Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	P (ppm)	N (%)	Ca (meg/l)	Mg (meg/l)	Na (meg/100g)	K (meg/100g)
0-30	1.16	7.78	Migajón arcilloso limoso	3.12	1.76	10.5	2.25	0.86	3.0	10.8	24.9	0.07	4.47	0.55	0.17	0.61
30-60	1.18	8.0	Migajón limoso	1.25	1.37	9.5	3.15	0.48	2.86	1.24	28.3	0.05	4.54	0.48	0.16	0.50
60-90	1.18	7.97	Migajón limoso	0.8	0.78	5.5	7.50	0.36	3.72	5.32	14.0	0.03	3.98	0.39	0.17	0.45

### 3.3. Diseño experimental.

El diseño que se utilizó fue en bloques al azar con un total de 5 tratamientos (dosis) con el testigo, los cuales tuvieron 3 repeticiones. La unidad experimental constituirá 1 (uno) árbol. El factor A en este diseño fue la época de aplicación y el factor B fueron las dosis. En el Cuadro 2, se muestra la distribución de los tratamientos que se utilizaron en este trabajo.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos (dosis) con sus concentraciones de zinc en nogal pecanero cv Western en otoño 1997. UAAAN-U.L.

INICIO DE OTOÑO														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.17	0.25	0.34	0.42	test.	0.17	0.25	0.34	0.42	test.	0.17	0.25	0.34	0.42	test.
MEDIADOS DE OTOÑO														
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
test.	0.42	0.34	0.25	0.17	test.	0.42	0.34	0.25	0.17	test.	0.42	0.34	0.25	0.17
FINALES DE OTOÑO														
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
0.17	0.25	0.34	0.42	test.	0.17	0.25	0.34	0.42	test.	0.17	0.25	0.34	0.42	test.

### **3.4. Árboles experimentales.**

Los árboles de nogal pecanero que se utilizaron fueron de 10 años de edad del cultivar Western los cuales están plantados a una distancia de 10 X 10 en marco real, la totalidad del experimento fue de 45 árboles los cuales fueron seleccionados en función de su vigor y concentración de zinc en la hoja.

### **3.5. Tratamientos (Dosis).**

Los tratamientos que se aplicaron son las combinaciones de época de aplicación con dosis del producto. Las concentraciones fueron 0.17, 0.25, 0.34 y 0.42% con 3 épocas inicio, mediados y finales del ciclo de otoño, dio un total de 5 tratamientos con el testigo. Las épocas de aplicación fueron: 23 septiembre, 15 octubre, y 8 de noviembre del año de 1997; las dosis del producto fueron las siguientes: 36.6 gr., 53.4 gr., 71.2 gr. y 88.8 gr.

### **3.6. Producto de Zinc utilizado.**

Las fuentes de Zinc asperjadas fueron preparadas en el laboratorio, usando sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) con 36% de Zn, agregando nitrógeno en forma de urea como ion transportador. Respecto a las dosis aplicadas se determinó con base en la recomendación general y a la edad de los árboles.

### **3.7. Aspersiones de Zinc al follaje.**

Las aspersiones foliares fueron realizadas con un equipo de aspersión de alta presión de tracción mecánica. En cada aspersión se saturó completamente la superficie foliar. En el Cuadro 3, se presentan las aspersiones foliares de acuerdo a los tratamientos y fechas con su concentración estudiadas.

Cuadro 3. Tratamientos y fechas de aspersión foliar de zinc, con su concentración en el ciclo de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Tratamiento (época de aplicación)	Concentración de zinc %	Fechas de aspersión foliar		
		23 Sept. 97	15 octubre 97	8 noviembre 97
1 Inicio	0.17	+	-	-
2 Inicio	0.25	+	-	-
3 Inicio	0.34	+	-	-
4 Inicio	0.42	+	-	-
5 Inicio	test.	-	-	-
1 Mediados	0.17	-	+	-
2 Mediados	0.25	-	+	-
3 Mediados	0.34	-	+	-
4 Mediados	0.42	-	+	-
5 Mediados	test	-	-	-
1 Finales	0.17	-	-	+
2 Finales	0.25	-	-	+
3 Finales	0.34	-	-	+
4 Finales	0.42	-	-	+
5 Finales	test.	-	-	-

- sin aspersión  
+ con aspersión

### 3.8. Variables evaluadas en el experimento.

#### 3.8.1. Condición nutrimental.

##### 3.8.1.1. Composición mineral.

Los muestreos de las hojas de nogal pecanero en el experimento se realizaron en las fechas indicadas en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Fechas de muestreo foliar en el experimento sin aplicación y con aplicación de zinc en nogal pecanero cv Western otoño 1997.UAAAN-U.L.

Experimento	Fechas de muestreo foliar				
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Sin Zinc al follaje	23 Sept. 97	15 Oct. 97	8 Nov. 97		
Con Zinc al follaje	23 Sept. 97	15 Oct. 97	8 Nov. 97	30 nov. 97	1 jun.98

En cada fecha de muestreo, se cortaron hojas de la parte media del brote a una altura de 1.50 m alrededor del árbol hasta completar las hojas recolectadas, las cuales fueron lavadas en primer lugar con agua de la llave, en seguida, agua más HCL al 3% enjuagándose con agua destilada y desionizada; se secaron a 70°C por 24 horas y se molieron en un molino de acero inoxidable con una malla 40. Para el caso de la defoliación para las tres fechas de la época de otoño 1997 asperjadas con zinc y muestreadas en la estación de crecimiento vegetativo de 1998. En la fecha uno las hojas duraron 25 días en el árbol, en la fecha dos las hojas duraron 18 días y en la fecha tres duraron 16 días antes de la defoliación completa ya que el proceso de defoliación se inicio a mediados de noviembre y por consiguiente al momento de la aspersión en esta época las hojas asperjadas se encontraban en la última etapa así la senescencia. Sin embargo el análisis foliar de las muestras obtenidas en las tres fechas subsecuentes, mostraron que en la fecha uno, los principios fisiológicos de las hojas en maduración, tales como la incorporación del carbono y cambios en la actividad de las enzimas asociadas con el metabolismo de los carbohidratos en las hojas lograron aprovechar al máximo su capacidad de absorción y proceso de retranslocación hacia los órganos de reserva, ya que en las fechas dos y tres su nivel de concentración se contrarresto con la menor capacidad de hojas asperjadas ya que la defoliación duro menos días en cada una de estas fechas y se encontraban en la última etapa así la senescencia, una vez que la cutícula de la hoja se ha suberizado,

el nivel de absorción de zinc es menor, por lo tanto mostraron estas dos fechas retranslocar menor concentración de zinc en el árbol.

### **3.8.1.2. Determinación analítica.**

Se determinaron los microelementos y macroelementos como zinc, cobre, fierro, manganeso, calcio, magnesio, sodio y potasio en planta. Para la destrucción de la matriz orgánica, se utilizó la digestión con ácido nítrico y ácido perclórico, cuantificándose cada uno de ellos por medio de espectrofotometría de absorción atómica a excepción del fósforo que su cuantificación fue por el método Meta Vanadato, leído en un fotolorímetro (IRENAT, 2000).

### **3.9. Análisis de resultados.**

El análisis de resultados, se realizaron en SAS (V.6.12) con el procedimiento GLM, se corrieron pruebas de comparación de medias ajustadas a un nivel de probabilidad de 0.01 a 0.05.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Aspersión de zinc al follaje.

En el Cuadro 5, se presenta el análisis estadístico general de todos los datos muestreados en otoño de 1997. En donde se pueden observar las combinaciones que se hicieron en este modelo, además, se encontró alta significancia para las diferentes fuentes de variación lo que hace que se discuta más plenamente cada una de las combinaciones en este trabajo.

Cuadro 5. Análisis estadístico general de todos los datos muestreados en otoño de 1997.

Fuente de variación	G.L.	Valores F	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	5.45	0.0009**
Epoca	2	0.63	0.5379NS
Dosis	4	69.86	0.0001**
Muestreo	1	1214.11	0.0001**
Epoca * dosis	8	0.37	0.9305NS
Epoca * muestreo	2	3.40	0.0402*
Dosis * muestreo	4	61.80	0.0001**
Epoca * dosis * muestreo	8	0.31	0.9605NS

#### 4.1.1. Tres épocas de aplicación.

En las aspersiones realizadas en otoño de 1997, para tres diferentes épocas como son: inicio, mediados y finales, no se encontró diferencia significativas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en tres épocas de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor (época de aplicación)	Zinc (mg/kg) 1997
23 Septiembre – inicio de otoño	101.462 a+
15 octubre – mediados de otoño	107.064 a
8 noviembre – finales de otoño	106.404 a

+ Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

En las tres fechas de aplicación elevaron la concentración de zinc en el follaje de manera similar. La aplicación del 15 de octubre mostró, la concentración de Zn de 107.064 mg/kg, en las fechas uno y tres fue estadísticamente igual entre sí y significativamente igual que la fecha dos. Esto nos indica que en una fase temprana de otoño es posible incrementar el nivel de concentración de zinc para satisfacer su nivel mínimo en el follaje ( Cuadro 6).

Al respecto, Worley (1995) menciona que este nivel de concentración, debe contrarrestar la menor capacidad de hojas próximas a senescencia para observar nutrimentos y de esta forma lograr una absorción de zinc que satisfaga los requerimientos del árbol. Las hojas al final de estación de crecimiento se consideran como una fuente de minerales y fotosintatos disponibles para ser retranslocados a los sitios de reserva del árbol y de ser utilizados al inicio de la siguiente estación de crecimiento.

#### 4.1.2. Dosis de aplicación.

La primera dosis de aplicación en otoño de 1997, se encontró diferencias altamente significativas ya que la dosis 0.42% presentó la mayor concentración con 131.884 mg/kg, las dosis 0.17% y 0.25% eran muy similares a diferencia de la dosis 0.34% donde tendió a bajar la concentración a 107.333 mg/kg donde se presentó la diferencia significativa, pero estas concentraciones estuvieron por arriba del mínimo en las hojas a excepción del testigo que presentó una amplia diferencia de zinc con el resto abajo del mínimo de concentración en las hojas, esto nos indicó que los árboles se encontraban en un umbral de hambre oculta y con las dosis aumenta la concentración, esto se refleja en el testigo con una concentración de 32.304 mg/kg de concentración en las hojas, ver Cuadro 7 (O'Barr y Hanson, 1978).

Cuadro 7. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en las diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc
Dosis de aplicación de zinc (%)	(mg/kg)
	1997
1 0.17	124.325 a+
2 0.25	129.037 a
3 0.34	107.333 b
4 0.42	131.884 a
5 Testigo sin aplicación	32.304 c

+ Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.1.3. Muestreo antes y después de aplicar zinc en otoño 1997.

Para el caso de zinc, el análisis general de todos los valores mostró que por muestreo para dos fechas, antes y después de aplicar hubo un efecto altamente significativo, esto se refleja en la fecha dos donde se había realizado la aspersion



foliar con este micronutriente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el muestreo previo a aplicar y con aspersión de zinc en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor (muestreo)	Zinc (mg/kg) 1997
Antes de aplicar zinc	27.185 b + II
Después de aplicar zinc	182.768 a §

II Sin aspersión

§ con aspersión

+ Medias con diferente letras son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

En este muestreo general de todos los valores, antes de asperjar la concentración de Zn en el follaje presentó un incremento de 27.185 mg/kg muy por abajo del mínimo de suficiencia esta significancia se refleja después de aplicar zinc al follaje ya que mostró una amplia concentración de 182.768 mg/kg, que fue altamente significativo este incremento se debe a que el tejido se encuentra trabajando. Esto nos indicó que las aspersiones de zinc en otoño incrementan el nivel de concentración en las hojas para el siguiente ciclo para mantener un umbral de suficiencia de zinc para el estado de crecimiento vegetativo (Cuadro 8).

La respuesta a este muestreo general de otoño de 1997, está relacionado con lo que hicieron Storey et. al., (1979) quienes mencionan que la absorción de zinc por las hojas en el cultivo de nogal pecanero, es de orden de 1% de lo asperjado en hojas jóvenes, debido a que la cutícula de la hoja aún no se encuentra suberizada, facilitando la penetración y absorción de nutrimentos. Una vez que la cutícula de la hoja se ha suberizado, el nivel de absorción del zinc asperjado es solamente del 0.1%.

Aún cuando las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción de zinc, se reconoce también que en las aspersiones en el período de crecimiento activo, no es posible elevar la concentración de zinc en la solución arriba de 0.05%, pues de lo contrario, se causarían daños severos al follaje. Sin embargo, Switelik y Faust (1984) y Alexander (1986) consideran que la concentración de las aspersiones con zinc en el período de otoño en especies caducifolias puede ser hasta del orden de 1%, siempre y cuando no cause defoliación inmediata, ya que la caída temprana de las hojas ocasiona serios problemas de producción para el año siguiente (Worley 1995). Este nivel de concentración, debe contrarrestar la menor capacidad de las hojas próximas a senescencia para observar nutrientes y de esta forma lograr una absorción de zinc que satisfaga los requerimientos del árbol en el siguiente año. Las hojas al final de la estación de crecimiento se consideran como una fuente de minerales y fotosintatos, disponibles para ser retranslocados a los sitios de reserva del árbol y ser utilizados al inicio de la siguiente estación de crecimiento (Rogers y Batjer, 1953; Batjer y Westwood, 1958; Marschner, 1986).

#### **4.1.4. Muestreos para tres épocas de otoño de 1997.**

Considerando los muestreos antes y después de aplicar zinc al follaje en tres épocas diferentes (inicio, mediados y finales) los resultados mostraron que se tuvo diferencias significativas por efecto de épocas por muestreos ya que se tuvieron concentraciones mucho muy arriba del mínimo en las épocas con aspersión al follaje de zinc (Cuadro 9).

Cuadro 9. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en los muestreos para las tres diferentes épocas sin aspersion y con aspersion de zinc en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc (mg/kg)		
	Epoca de aplicación		
	Muestreos	Inicio (23 sept. 97)	Mediados (15 oct. 97)
Antes de aplicar	21.34 b+II	37.28 b+II	22.93 b+II
Después de aplicar	181.58a §	176.84a §	189.87a §

II Sin aspersion

§ Con aspersion

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

En las tres épocas de muestreo mostraron diferencias significativas en concentración ya que antes de las aspersiones el follaje se encontraba por abajo del mínimo.

En el primer muestreo de inicios antes de aplicar había una concentración de 21.34 mg/kg muy por abajo del mínimo de zinc para el follaje y después de aplicar aumentó la concentración, ya que el tejido se encontraba en un estado joven y aumentó considerablemente a 181.58 mg/kg.

En el segundo muestreo de mediados hubo un efecto significativo de concentración ya que antes de aplicar la concentración era de 37.28 mg/kg, abajo del mínimo y después de aplicar aumentó la concentración a 176.84 mg/kg.

En la tercera muestra de finales, encontramos significancia en la concentración ya que sin aplicación había 22.93 mg/kg de zinc en el follaje y después de la

aspersión encontramos en el follaje 189.87 mg/kg de concentración, estas tendencias en las tres épocas de muestreo fueron muy similares en concentración y nos indicó que había insuficiencia de zinc en el árbol y se contrarrestó con estas aspersiones para el siguiente ciclo (Cuadro 9).

Respecto al momento de aplicación, esta debería haberse realizado al menos un mes de anticipación a la fecha que se realiza en este trabajo, ya que el proceso de defoliación se inició a mediados de noviembre y por lo tanto al momento de la aspersión en esta época las hojas asperjadas se encontraban en la última etapa de la senescencia. Por tal motivo se considera importante explorar al menos hasta antes de la defoliación completa que en este caso ocurre a inicios de diciembre tal como lo plantea Ryugo (1993) para especies caducifolias. El adelanto de las especies en otoño, estaría de acuerdo con lo recomendado para chabacano, ciruelo y peral, en las regiones de California, USA (Swietlik y Faust 1984), donde se asperjan soluciones con una concentración de zinc de 0.5% a 1.0% a base de  $ZnSO_4$  al 36% Zn. Por otro lado, también es recomendable estudiar la efectividad de las aspersiones en el período donde se tiene el 25% de la apertura del ruzno y finalización de la cosecha. Los trabajos de Uriu (1978) y Johnson y Uriu (1989) en frutales caducifolios, han demostrado una gran efectividad. Estas especies tienen hábitos de adaptación en climas del nogal pecanero.

La importancia de la efectividad de las especies de otoño está relacionada como ya se mencionó, con la concentración de la solución y el momento de aplicación. Otro aspecto por considerar en las aplicaciones de otoño es la disponibilidad de mano de obra y equipo en esta época del año, ya que la demanda operativa de equipo en el huerto se reduce al mínimo, pues la única actividad principal es la cosecha, la cual se realiza en un período aproximado de tres meses.

#### 4.1.5. Dosis por muestreo en otoño de 1997.

Para el caso del zinc, el análisis de los datos mostró que por dosis por muestreo solamente hubo efectos altamente significativos en el muestreo después de la aspersión en la cual todas las dosis con excepción del testigo ya habían recibido la aspersión en este otoño y encontramos que las dosis y testigo antes de realizar la aspersión se encontraban abajo del mínimo de concentración en el follaje a diferencia del muestreo con aspersión con zinc con las diferentes dosis, donde las tendencias fueron muy similares en concentración, ya que la mayor concentración fue para la dosis 0.42% con 234.786 mg/kg estadísticamente igual que las otras dosis a excepción del testigo que estuvo por abajo del mínimo de concentración en el follaje. Al relacionar estos resultados con la concentración de zinc en estos dos muestreos para cada una de las dosis y testigo encontramos diferencias de concentración de este micronutriente en el follaje y encontramos significancia de un muestreo con otro, esto indica que en la primera observación presentaba síntomas de deficiencia de zinc en el follaje debajo de sus intervalos y por lo tanto, esta aplicación con estas dosis en el segundo muestreo aumentó la concentración de zinc para el siguiente ciclo vegetativo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el muestreo antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor		Zinc (mg/kg)	
		Muestreo 1997	
(Dosis de aplicación)		Antes de la aplicación	Después de la aplicación
1	0.17	28.232 b+	220.417a+
2	0.25	28.917 b	229.155a
3	0.34	26.807 b	187.858a
4	0.42	28.982 b	234.786a
5	Testigo sin aplicación	22.986 b	41.622 b

+ Media con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

Al respecto, Spark y Payne (1982), al relacionar la sintomatología de deficiencia con la concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero, encontramos que en los árboles con niveles menores de 4% mg/kg de zinc, el grado de deficiencia era mayor, lo cual coincide con lo encontrado en este trabajo en el primer muestreo.

#### 4.1.6. Análisis de correlación entre los diferentes nutrientes en el muestreo en otoño de 1997.

Correlación de zinc con los diferentes nutrientes.

Zinc: Se correlacionó significativamente en forma positiva con fierro, manganeso, calcio, magnesio y sodio y en forma negativa con fósforo.

**Cobre:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con fósforo y en forma negativa con fierro y calcio, donde estos nutrientes tienden a reducirse y el cobre se incrementa con los años.

**Fierro:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con manganeso, calcio, magnesio, sodio y no hubo significación con potasio y fósforo, coincide con deficiencias de fósforo en la mayoría de los huertos ya que se aplica en forma irregular en los huertos.

**Manganeso:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con calcio, magnesio, sodio y no hubo significancia con potasio y fósforo.

**Calcio:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con magnesio, sodio, y en forma negativa con fósforo.

**Magnesio:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con sodio y en forma negativa con potasio.

**Sodio:** Su correlación fue no significativa con potasio y fósforo.

**Potasio:** Su correlación fue no significativa con fósforo esto coincide en que el potasio y fósforo están deficientes en la mayoría de las huertas.

Estas correlaciones entre nutrientes está indicando que la interacción entre ellos ocurre en nogal, como en la mayoría de los cultivos y que la deficiencia de algunos nutrientes como: fósforo o zinc, ocasionan un aumento de otros nutrientes como el cobre, ya que en forma regular no se aplica en las huertas de la región y esto ocasiona desbalance nutrimental de algunos elementos en el árbol (Cuadro 11).

Cuadro 11. Coeficiente de correlación y significancia entre los diferentes nutrientes en el muestreo de 1997. UAAAN-U.L.

	Zinc	Cobre	Fierro	Manganeso	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Fósforo
Zinc	1.000	-0.024	0.309	0.193	0.277	0.196	0.198	-0.017	-0.174
	0.001	0.820	0.003	0.067	0.008	0.063	0.069	0.413	0.099
Cobre		1.000	-0.331	-0.123	-0.277	-0.131	-0.146	-0.013	0.264
		0.001	0.001	0.246	0.008	0.217	0.169	0.900	0.011
Fierro			1.000	0.435	0.548	0.383	0.247	-0.149	-0.319
			0.001	0.001	0.001	0.001	0.022	0.725	0.795
Manganeso				1.000	0.756	0.405	0.241	-0.037	0.027
				0.001	0.001	0.001	0.022	0.725	0.795
Calcio					1.000	0.602	0.344	0.018	-0.200
					0.001	0.001	0.001	0.860	0.058
Magnesio						1.000	0.300	-0.185	-0.118
						0.001	0.004	0.079	0.265
Sodio							1.000	0.049	-0.051
							0.001	0.646	0.627
Potasio								1.000	0.123
								0.001	0.247
Fósforo									1.000
									0.001

Cuadro 12. Análisis estadístico para la época de inicios de otoño de 1997.

Fuente de variación	G.L.	Valores F	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	3.23	0.0400*
Dosis	4	24.37	0.0001**
Muestreo	1	429.61	0.0001**
Dosis * muestreo	4	21.77	0.0001**



#### 4.1.7. Aplicación de zinc a inicios de otoño (23 de septiembre de 1997).

En la aplicación a inicios para dosis y testigo fue altamente significativo ya que en esta época la dosis con mayor concentración fue la 0.42% con 131.35 mg/kg, le siguieron estadísticamente iguales la dosis 0.25% con 128.00 mg/kg, la 0.17% con 113.40 mg/kg y luego la dosis 0.34% con 107.30 mg/kg con tendencias similares ya que en esta época el tejido se encontraba en una etapa muy joven y pudo asimilar la concentración de zinc a excepción del testigo que presenta una concentración de cuatro partes abajo del resto de las dosis y por lo tanto, muy por abajo del intervalo mínimo de significancia, esto nos refleja la concentración de zinc que se incorpora al árbol con aplicación en una fase temprana de esta época para que pueda satisfacer la necesidad de este elemento al follaje (Cuadro 13).

Cuadro 13. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en la primera aspersión a las diferentes dosis y testigo a inicios de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc (mg/kg)
(Primera dosis de aplicación)	23 de septiembre de 1997
1 0.17%	113.40aII+
2 0.25%	128.00a
3 0.34%	107.30a
4 0.42%	131.35a
5 testigo sin aplicación	27.25 b

II Promedio de 6 repeticiones

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.1.8. Muestreo de aplicación de zinc a inicios de otoño 23 de septiembre 1997.

En la época de otoño de 1997, en el primer muestreo a inicios de antes de aplicar zinc y después de aplicar, presentó una diferencia en este muestreo altamente significativo en concentración para estos dos tipos de muestras, ya que antes de aplicar encontramos una concentración abajo del mínimo de 21.343 mg/kg, a

diferencia de la muestra con zinc aplicado al follaje ya que con los resultados de varianza presentó 181.581 mg/kg, esto nos indica que el zinc que se incorpora al follaje es de un beneficio y que estas concentraciones altas sirven para el siguiente ciclo vegetativo del árbol con un umbral de suficiencia de zinc (Cuadro 14).

Cuadro 14. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el primer muestreo de antes de aplicar y después de aplicar a inicios de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc (mg/kg)	
	Fechas	
(Primer muestreo)	23 septiembre 1997	15 octubre 1997
Antes de aplicar	21.343 b+ II	
Después de aplicar	181.581a + §	

II sin aspersión

§ con aspersión

+ Media de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.1.9. Dosis de aplicación de zinc a inicios de otoño 23 de septiembre de 1997.

En las dosis de aplicación antes y después, presentaron diferencias altamente significativas, ya que en el muestreo antes de aplicar encontramos a cada uno de las dosis por abajo del mínimo de suficiencia, pero la necesidad de este elemento a diferencia del muestreo para las dosis con aplicación de zinc donde la dosis 0.42% tuvo una concentración de 238.283 mg/kg estadísticamente no hubo diferencia en el resto de las dosis, ya que las tendencias fueron muy similares en este muestreo a excepción del testigo que estuvo por debajo del mínimo de concentración en el follaje. Al relacionar la primera muestra sin aplicación con la segunda muestra con concentración aplicada encontramos diferencias muy altas de concentración de zinc en el follaje en cada una de las dosis, no así con el testigo que presentó una amplia diferencia con el resto, esto quiere decir que en esta primera muestra de observación a inicios antes de aplicar presentaba síntomas de deficiencia a las concentraciones

eran muy bajas y se encontraban abajo del mínimo de sus intervalos de suficiencia y por lo tanto, aumentó la concentración con estas aplicaciones de zinc en el follaje (Cuadro 15).

Cuadro 15. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo a inicios de otoño de 1997. UAAAN-UL

Factor (dosis de aplicación)	Zinc (mg/kg)	
	Muestreo Antes (23 septiembre 1997)	Después (15 octubre 1997)
1 0.17%	20.766 b+	206.036 a+
2 0.25%	23.846 b	232.156 a
3 0.34%	19.846 b	194.756 a
4 0.42%	24.423 b	238.283 a
5 testigo sin aplicación	17.833 b	36.670 b

+ Medias de concentración con diferentes letras son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 16. Análisis estadístico para la época de mediados de otoño de 1997.

Fuente de variación	G.L.	Valores F	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	0.89	0.4921 NS
Dosis	4	18.50	0.0001**
Muestreo	1	240.03	0.0001**
Dosis * muestreo	4	14.43	0.0001**

#### 4.1.10. Aplicación de zinc a mediados de otoño (15 de octubre de 1997).

En la aplicación a mediados para dosis y testigo, fue altamente significativo ya que en esta época la dosis con mayor concentración fue la 0.42% con 136.05 mg/kg, le siguieron estadísticamente iguales la dosis 0.25% con 132.41 mg/kg, la 0.17% con 126.07 mg/kg y luego la dosis 0.34% con 108.96 mg/kg con tendencias similares a diferencia del testigo que presentó una concentración de cuatro partes debajo de las demás dosis y por lo tanto, abajo del mínimo de suficiencia, esto nos refleja la

concentración que se incorpora al árbol con las aplicaciones para la necesidad de este elemento al follaje (Cuadro 17).

Cuadro 17. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en la segunda aspersión a las diferentes dosis y testigo a mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor		Zinc (mg/kg)
(Segunda dosis de aplicación)		15 de octubre de 1997
1	0.17%	126.07 a II +
2	0.25%	132.41 a
3	0.34%	108.96 a
4	0.42%	136.05 a
5	Testigo sin aplicación	31.84 b

II Promedio de 6 repeticiones.

+ Medias de concentración con diferentes letras son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.1.11. Muestreo de aplicación de zinc a mediados de otoño 15 de octubre 1997.

En la época de otoño de 1997, en el segundo muestreo a mediados de antes de aplicar zinc y después de aplicar presentó una diferencia en este muestreo altamente significativo en concentración para estos dos tipos de muestras, ya que antes de aplicar encontramos una concentración abajo del mínimo de 37.281 mg/kg, a diferencia de la muestra con zinc aplicado al follaje ya que con los resultados de varianza presentó 176.848 mg/kg. Esto nos indica que el zinc que se incorpora al follaje es de un beneficio y que estas concentraciones altas sirve para el siguiente ciclo vegetativo del árbol con un umbral de suficiencia de zinc (Cuadro 18).

Cuadro 18. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el segundo muestreo de antes de aplicar y después de aplicar a mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc (mg/kg)	
	Fechas	
(Segundo muestreo)	15 de octubre 1997	8 de noviembre 1997
Antes de aplicar	37.281b+II	
Después de aplicar	176.848 a+§	

II sin aspersion

§ con aspersion

+ Media de concentración con diferente letra, son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.1.12. Dosis de aplicación de zinc a mediados de otoño 15 de octubre 1997.

En las dosis de aplicación antes y después, presentaron diferencias altamente significativas, ya que en el muestreo antes de aplicar encontramos a cada una de las dosis por abajo del mínimo de suficiencia para la necesidad de este elemento, a diferencia del muestreo para las dosis con aplicación de zinc desde la dosis 0.42% tuvo una concentración de 230.963 mg/kg, estadísticamente no hubo diferencia con el resto de las dosis ya que las tendencias fueron muy similares en este muestreo a excepción del testigo que estuvo por abajo del mínimo de concentración en el follaje. Al relacionar la primera muestra sin aplicación con la segunda muestra con concentración aplicada encontramos diferencias muy altas de concentración de zinc en el follaje en cada una de las dosis no así con el testigo que presentó una amplia diferencia con el resto, esto quiere decir que en esta primera muestra de observación a mediados antes de aplicar, presentaban síntomas de deficiencia o las concentraciones eran muy bajas y se encontraban abajo del mínimo de sus intervalos de suficiencia, y por lo tanto, aumentó la concentración con estas aplicaciones de zinc en el follaje (Cuadro 19).

Cuadro 19. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo a mediados de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor  (dosis de aplicación)	Zinc (mg/kg)		
	Muestreo		
		Antes (15 octubre 1997)	Después (8 noviembre 1997)
1 0.17%	40.836 b+	211.296 a+	
2 0.25%	39.016 b	225.803 a	
3 0.34%	36.873 b	181.053 a	
4 0.42%	41.130 b	230.963 a	
5 testigo sin aplicación	28.546 b	35.123 b	

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 20. Análisis estadístico para la época de finales de otoño de 1997.

Fuente de variación	G.L.	Valores F	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	2.82	0.0604 *
Dosis	4	25.80	0.0001 **
Muestreo	1	568.33	0.0001 **
Dosis * muestreo	4	25.71	0.0001 **

#### 4.1.13. Aplicación de zinc a finales de otoño (8 de noviembre de 1997).

En la aplicación a finales para dosis y testigo fue altamente significativo ya que en esta época la dosis con mayor concentración fue la 0.17% con 133.51 mg/kg, le siguieron estadísticamente iguales, la dosis 0.42% con 128.25 mg/kg, la 0.25% con 126.70 mg/kg, y luego la dosis 0.34% presentó diferencia estadística con las dosis ya mencionadas, junto con el testigo que presentó una concentración de cuatro partes debajo de las demás dosis y por lo tanto abajo del mínimo de suficiencia, esto refleja la concentración que se incorpora al árbol con las aplicaciones para la necesidad de este elemento al follaje (Cuadro 21).

Cuadro 21. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en la tercera aspersión a las diferentes dosis y testigo a finales de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc (mg/kg)
(Tercera dosis de aplicación)	8 de noviembre de 1997
1 0.17%	133.51 a $\Pi$ +
2 0.25%	126.70 a
3 0.34%	105.74 b
4 0.42%	128.25 a
5 testigo sin aplicación	37.83 c

$\Pi$  Promedio de 6 repeticiones.

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.3.14. Muestreo de aplicación de zinc a finales de otoño 8 de noviembre 1997.

En la época de otoño de 1997, en el tercer muestreo a finales, de antes de aplicar zinc y después de aplicar, presentó una diferencia en este muestreo altamente significativo en concentración para estos dos tipos de muestras, ya que antes de aplicar encontramos una concentración abajo del mínimo de 22.932 mg/kg, a diferencia de la muestra con zinc aplicado al follaje ya que con los resultados de varianza presentó 189.876 mg/kg. Esto nos indica que el zinc que se incorpora al follaje es de un beneficio y que esta concentración alta sirve para el siguiente ciclo vegetativo del árbol con un umbral de suficiencia de zinc (Cuadro 22).

Cuadro 22. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el tercer muestreo de antes de aplicar y después de aplicar a finales de otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc	
	(mg/kg)	
	Fechas	
(Tercer muestreo)	8 de noviembre 1997	30 de noviembre 1997
Antes de aplicar	22.932 b + $\Pi$	
Después de aplicar		189.876 a+§

$\Pi$  Sin aspersión

§ con aspersión

+ Media de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

#### 4.1.15. Dosis de aplicación de zinc a finales de otoño 8 noviembre de 1997.

En las dosis de aplicación antes y después presentaron diferencias altamente significativas, ya que en el muestreo antes de aplicar encontramos a cada una de las dosis muy por abajo del mínimo de suficiencia para la necesidad de este elemento a diferencia del muestreo para las dosis con aplicación de zinc donde la dosis 0.17% tuvo una concentración de 243.920 mg/kg, estadísticamente no hubo diferencia con el resto de las dosis ya que las tendencias fueron muy similares en este muestreo a excepción del testigo que por abajo del mínimo de concentración pero con una gran diferencia estadística del resto. Al relacionar la primera muestra sin aplicación con la segunda muestra con concentración aplicada encontramos diferencias muy altas de concentración de zinc en el follaje en cada una de las dosis y testigo, ya que presentaron una amplia diferencia con la segunda muestra, esto quiere decir que en esta primera muestra de observación a finales antes de aplicar presentaba síntomas de deficiencia o las concentraciones eran muy bajas y se encontraban abajo del mínimo de sus intervalos de suficiencia y por lo tanto, aumentó la concentración con estas aplicaciones de zinc en el follaje (Cuadro 23).



Cuadro 23. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western antes de aplicar y después de aplicar a las diferentes dosis y testigo a finales de otoño de 1997. UAAAN-UL

Factor  (dosis de aplicación)	Zinc (mg/kg)		
	Muestreo		
	Antes (8 noviembre 1997)		Después (30 de noviembre 1997)
1 0.17%	23.093 b+	243.920 a+	
2 0.25%	23.890 b	229.506 a	
3 0.34%	23.703 b	187.766 a	
4 0.42%	21.393 b	235.113 a	
5 testigo sin aplicación	22.580 b	53.073 b	

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 24. Análisis estadístico general para la época de crecimiento vegetativo de 1998.

Fuente de variación	G.L.	Valores F	Pr > F
Repetición	2	2.04	0.1527 NS
Dosis	12	4.21	0.0015 **

#### 4.1.16. Concentración por efecto de las dosis de zinc al follaje.

En el muestreo realizado en la estación de crecimiento en 1998, para las tres diferentes épocas aplicadas en otoño del año anterior a las dosis y testigo donde se observó cuál fue la mejor época y dosis en esta estación de crecimiento vegetativo donde se pudo observar incrementos de zinc y tendencias similares entre dosis a excepción del testigo donde hubo diferencias altamente significativas (Cuadro 25).

Cuadro 25. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en el muestreo de la estación de crecimiento para las tres diferentes épocas, junio 1998. UAAAN-U.L.

Factor (muestreo)		Zinc (mg/kg)		
		Epoca de aplicación		
		inicio (23 sept. 1997)	mediados (15 oct. 1997)	finales (8 nov. 1997)
1	0.17%	271.312 a+	195.166a+	144.333 a+
2	0.25%	229.333 a	193.333a	167.333 a
3	0.34%	315.666 a	224.500a	151.500 a
4	0.42%	333.333 a	184.300a	153.500 a
5	testigo sin aplicación	89.666 b	89.666 b	89.666 b

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

En la primera época de aplicación las dosis fueron muy similares entre ellas a excepción del testigo, donde se presentó la significancia y con tendencias mayores de concentración que las otras dos épocas, donde en esta primera fecha de muestreo la dosis 0.42% presentó la mayor concentración con 333.333 mg/kg, y con tendencias similares de concentración con el resto de las dosis ya que la 0.34% presentó 315.666 mg/kg, la 0.17% tuvo 271.312 mg/kg, y la dosis 0.25% asimió 229.333 mg/kg, ya que fueron concentraciones muy altas sobre el testigo donde se presento la significancia pero su concentración en esta época fue considerable, arriba del mínimo de zinc en el follaje con una media de 89.666 mg/kg.

En la segunda época encontramos valores también significativos con el testigo, pero no tan altas las concentraciones como los de la época primera, ya que en la segunda fecha de muestreo la dosis más alta fue la 0.34% con 224.500 mg/kg, y las demás dosis tuvieron tendencias similares y estadísticamente iguales, a excepción del testigo donde se presentó la significancia pero donde su concentración en esta estación fue considerable arriba del mínimo con 89.666 mg/kg, de concentración de zinc.

En la tercera época, encontramos unos valores más inconsistentes en concentración en cada una de las dosis, pero con tendencias similares a excepción del testigo donde se presentó la significancia, ya que aquí la concentración más alta fue para la dosis 0.25% con 167.333 mg/kg, pero estadísticamente igual que las demás dosis, ya que el testigo presentó una concentración por debajo de estas dosis, pero arriba del mínimo de sus intervalos de suficiencia en concentración.

Al relacionar el efecto de las tres épocas se puede decir que la primera época fue la mejor por concentrar en cada una de sus dosis mayor concentración de zinc, ya que el tejido se encontraba en un estado joven y por ser en una etapa de aplicación muy temprana y por sus valores de concentración menos variables, la explicación a esto es que ninguna de las dosis (en la segunda y tercera época de muestreo de otoño de 1997) hayan logrado incrementar la concentración de zinc en el follaje de una manera consistente, para satisfacer los requerimientos del nogal pecanero, con una mejor estabilidad, posiblemente por no haber podido absorber bien el producto o la concentración de la solución usada al momento de la aplicación en este otoño, tal vez por haberse realizado en una fase cercana a senescencia, pero si presentó en las dosis en cada época con el testigo diferencias altamente significativas y concentraciones por arriba de los umbrales de suficiencia de este elemento para el árbol (Cuadro 25).

Cuadro 26. Análisis estadístico general pero sin testigo para la época de crecimiento vegetativo 1998.

Fuente de variación	G.L.	Valores F	Pr > F
Repetición (época)	6	0.65	0.6867 NS
Epoca	2	11.81	0.0006 **
Dosis	3	0.49	0.6918 NS
Epoca * dosis	6	0.61	0.7198 NS

#### 4.1.17. Concentración de zinc en diferentes fechas.

Para el caso de zinc en tres fechas diferentes de aplicación en otoño de 1997,

y muestreada en la estación de crecimiento vegetativo de 1998, donde el análisis de varianza en esta variable fue altamente significativa por las concentraciones de zinc, ya que cada una de las épocas estadísticamente fueron iguales pero con tendencias de concentración diferentes ya que se mantuvieron por encima de los niveles mínimos (Cuadro 27).

Cuadro 27. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en las tres épocas muestreadas en junio de 1998. UAAAN-U.L.

Factor	Zinc (mg/kg)
(Épocas de aplicación)	1998
23 de septiembre 97, inicio de otoño	289.236 a+
15 octubre 97, mediados de otoño	199.333 a
8 noviembre 97, finales de otoño	154.166 a

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

La aplicación de inicios de otoño, mostró en este muestreo en la estación de crecimiento de 1998, una concentración de zinc en el follaje de 289.236 mg/kg muy diferente en tendencias de acumulación con la aplicación a mediados con 199.333 mg/kg y con mucho más diferencia con la época de finales con 154.166 mg/kg pero estadísticamente iguales. Entonces estos resultados indican que con una sola aplicación en otoño en una fase temprana es posible incrementar el nivel de concentración de zinc para satisfacer los niveles óptimos de suficiencia para el ciclo de primavera-verano, con altas concentraciones de zinc en el follaje, por haberse aplicado en una fase temprana en otoño para un buen desarrollo vegetativo (Cuadro 27).

Al respecto Chávez y Medina (1992), concluyeron que dos aspersiones foliares de zinc al 0.04% (la primera una semana después de la brotación, y la segunda tres semanas después de la primera aplicación) en árboles de nogal pecanero sin síntomas visuales de deficiencia de zinc son suficientes para mantener el nivel del

zinc por arriba de lo óptimo. Por lo tanto, estos resultados en la actualidad constituyen la recomendación para los nogaleros de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango (Chávez y Medina, 1994).

#### **4.1.18. Análisis de correlación entre los diferentes nutrientes en el muestreo en Primavera de 1998.**

##### **Correlación de zinc con los diferentes nutrientes.**

**Zinc:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con sodio en forma negativa con manganeso y calcio, donde el zinc tiende a bajar con los años y el cobre se incrementa esporádicamente por alguna interacción con algún otro nutriente.

**Cobre:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con fierro, sodio, y fósforo y no hubo significancia con los demás nutrientes donde estos nutrientes tienden a reducirse y el cobre se incrementa con los años.

**Fierro:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con manganeso, calcio, magnesio, potasio y fósforo.

**Manganeso:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con calcio, magnesio, y fósforo .

**Calcio:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con magnesio y en forma negativa con sodio.

**Magnesio:** Se correlacionó significativamente en forma positiva con fósforo y con sodio.



#### 4.1.19. La mejor dosis en las tres diferentes épocas muestreadas en la estación de crecimiento en 1998.

En las concentraciones utilizadas, considerando cada una de las tres fechas de aspersión foliar en las diferentes épocas donde pudimos detectar cuál fue la mejor dosis y fecha de aplicación ya que en estas tres épocas solo hubo significancia con el testigo y las dosis fueron estadísticamente iguales y con tendencias en las diferentes épocas. (Cuadro 29).

Cuadro 29. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero cv Western en tres fechas diferentes en respuesta a las aspersiones de zinc al follaje en otoño de 1997, y durante la estación de crecimiento en 1998. UAAAN-U.L.

Dosis (época de aplicación)		Fechas de muestreo/concentración de zinc (mg/kg)				Total	$\bar{X}$
		1998					
		Inicio 23 sept.97	Mediados 15 oct. 97	Finales 8 nov. 97			
1	0.17%	271.312 a+	195.166 a+	144.333 a+	610.81	203.603	
2	0.25%	229.333 a	193.333 a	167.333 a	589.99	196.663	
3	0.34%	315.666 a	224.500 a	151.500 a	691.66	230.553	
4	0.42%	333.333 a	184.300 a	153.500 a	671.13	223.710	
5	testigo sin aplicación	89.666 b	89.666 b	89.666 b	89.666	89.666	
Total		1239.310	886.965	552.832			
$\bar{X}$		247.862	177.393	110.566			

+ Medias de concentración con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.

En la primera fecha las dosis indujeron mejor respuesta con una media de ( 247.862 mg/kg) además mejor estabilidad en concentración ya que los valores no son tan inconsistentes como las fechas de octubre y noviembre, que tuvieron valores menores con una media de (177.393 mg/kg y 110.566 mg/kg) respectivamente esta estabilidad de concentración tuvo un valor muy significativamente mayor estadísticamente en la fecha uno en la dosis 0.42% con 333.333 ya que el testigo sin aplicación tuvo una concentración de 89.666 mg/kg con mucha diferencia estadística

y con una concentración de zinc con el resto de las dosis, se puede mencionar que la fecha dos y tres los resultados fueron más inconsistentes posiblemente por no poder absorber bien el producto, en cuanto a la mejor dosis en las tres fechas se sacó una media para saber cuál dosis es la mejor y el resultado fue que la dosis 0.34% fue la mejor con una media de 230.553 mg/kg, de concentración de zinc en el follaje en la estación de crecimiento vegetativo (Cuadro 29).

#### 4.1.20. concentración de zinc en las diferentes épocas en otoño de 1997, y la estación de crecimiento en 1998 para determinar la retranslocación de zinc.

No se observa efectos significativos en las épocas en esta sintomatología visual registrada en estas dos fechas solo tendencias en concentración aumentativa de un año a otro, ya que en otoño de 1997, acumuló el follaje muestreado tendencias de concentración satisfactorias para satisfacer la necesidad del follaje y arriba del mínimo de suficiencia para el nogal pecanero, pero se logró concentrar en los tejidos del árbol en la senescencia una buena cantidad de zinc que se puede observar en el muestreo de la estación de crecimiento vegetativo de 1998, donde a inicio tenemos la mejor media con 289.236 mg/kg, estadísticamente igual para los dos años ver (Cuadro 30).

Cuadro 30. Concentración retranslocada para las diferentes épocas en nogal pecanero cv Western en dos años diferentes 1997 y 1998 UAAAN-U.L.

Factor (época de aplicación)	Zinc (mg/kg)	
	1997	1998
23 de septiembre 97 inicio otoño	101.462 a+	289.236 a+
15 octubre 97 mediados otoño	107.064 a	199.333 a
8 noviembre 97 finales otoño	106.404 a	154.166 a

+ Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo con DMS al 0.05 de probabilidad.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

- a) En Dosis aplicadas en otoño la 0.42% fue la que mostró mejor efecto de concentración de Zinc en las hojas, con una media de 131.884 mg/kg..
- b) En lo que respecta al muestreo general antes de aplicar y después de asperjar Zinc, hubo efecto importante con una tendencia de concentración amplia en el follaje.
- c) En cuanto al muestreo para las tres épocas de este otoño, hubo efecto de aplicación antes de aplicar y después de aplicar, ya que en estas tres fechas, las tres épocas con aplicación tuvieron tendencias de concentración mucho muy arriba.
- d) Para el caso de composición mineral del elemento Zinc en el follaje en el otoño de 1997, para el caso de muestreo se tuvieron buenos resultados con la dosis antes y después de aplicar, obteniéndose concentraciones abajo del mínimo de suficiencia en las dosis sin Zinc y con aplicación, tuvieron concentraciones buenas para el siguiente ciclo vegetativo.
- e) En cuanto al muestreo con las épocas de aplicación en otoño de 1997, la respuesta al muestreo realizado en la estación de crecimiento vegetativo de 1998, hubo efecto solo con el testigo en cada una de estas tres fechas, pero con buena concentración de Zinc en el follaje arriba del mínimo de suficiencia de concentración, ya que en la primera fecha de inicios de otoño indica mejor respuesta con una media de 247.862 mg/kg y mejor estabilidad ya que las fechas de octubre y noviembre tuvieron valores menores.

- f) Lo anterior nos indica que con dos aplicaciones en otoño sería suficiente ya que incrementan de manera significativa la concentración de este micronutriente en la primera fase de la estación de crecimiento correspondiente al inicio de la floración del siguiente ciclo ya que con una tercera aplicación baja la concentración ya que el árbol se encuentra en pleno descanso y defoliado por la caída de las hojas, pero retrasando al menos un mes antes las aplicaciones cuando el tejido se encuentra en pleno trabajo para una buena retranslocación.
- g) En cuanto a las correlaciones entre nutrientes se observa que hay interacción entre ellos, como en la mayoría de los cultivos, ya que la deficiencia de Zinc, fósforo o fierro ocasionan un aumento de otros nutrientes como por ejemplo cobre, ya que no se aplica muy seguido en los huertos de la región y ocasiona desbalance nutrimental de algunos elementos como por ejemplo del Zinc en el árbol, ya que también el cobre se incrementa con los años.

## **5.2. Recomendaciones.**

- a) Para las aspersiones foliares en el período de otoño, es conveniente reconsiderar tanto la concentración de la solución con el momento de aplicación.
- b) Se debe de considerar que los efectos en estos trabajos, requieren tiempo, por lo que un estudio debe planearse para 3 años mínimo.
- c) Finalmente se sugiere que cuando se realicen estos trabajos, o estudios hacer un buen diagnóstico previo, no solo en nutrimento en estudio, sino de los nutrimentos que de alguna forma estén relacionados con éste, e intentar realizar correcciones de posibles deficiencias, para que así, los efectos no sean interferidos y estar más seguros de efectos encontrados para que sean del elemento de interés.

## VI. LITERATURA CITADA

- Alexander, A. 1986. Optimum timing of foliar nutrient sprays. In: Special fertilizer. A. Alexander (Ed). Martinus nijhoff publishers, Berlín. pp : 44-59.
- Aguilar, M. J.J., A. López J., J.I. Cortés F. y E. Castillejos A. 1993. Evaluación preliminar del efecto de la aplicación de zinc al suelo, tronco y follaje en árboles de aguacate (Persea americana) cv Fuerte. CICTAMEX, Memorias, pp : 19-27.
- Batjer, L.G. and M.N. Westwood 1958. Seasonal trend of several nutrients in leaves and fruit of Elberta peach. Procc. Amer. Soc. Hort. Sci. 17:116-127.
- Bear, F.E. 1969. The micronutrient manual. Department of Agriculture and food. Parliament building publication 325. Toronto, Canadá. p. 56.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal and G.A. O'Connor 1993. Suelos ácidos. In: Química de suelos. Grupo Noriega (Eds). México, D.F. pp : 233-258.
- Cooke, G.W. 1992. Fertilización para rendimientos máximos. Quinta reimpresión, Compañía Editorial Continental, México.
- Crowley, D.E., W. Smith ; B. Faber and J.A. Manthey. 1996. Fertilization of avocado trees. HortScience 31 (2) : 224-229.
- Chávez, G.J.F.J. and M.D.C. Medina M. 1992. Aplicaciones foliares de zinc en nogal pecanero. Resúmenes 6º. día del nogalero. INIFAP-CAELALA. Publicación especial No. 45. pp:27-32.
- Chávez, G.J.F.J. and M.D.C. Medina M. 1994. Suelos y fertilidad. In: El nogal pecanero. INIFAP-CAELALA. Libro Técnico No. 1 pp:69-93.

- De la Vega, J.I. 1969. Manera eficaz de realizar un buen abonamiento foliar. El campo 928. pp:34-36.
- Fassbender, H.W. and E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, San José Costa Rica.
- Favela, Ch. E. 1990. Efecto de la aplicación foliar localizada de zinc sobre el crecimiento y la fisiología de plantas de nogal pecanero (Carya illinoensis W. Koch). Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Centro de Fruticultura, Montecillos, México. p. 84.
- Garza, F.G. 1973. Primer ciclo de conferencias de productores de nuez de la República Mexicana. CONAFRUT/SAG/México. pp : 13-21.
- Herrera, E. 1992. Zinc is widely discussed but often mismanaged. Pecan South 25(4):20-21.
- Hu, H. and D. Sparks. 1990. Zinc deficiency inhibits reproductive development in "stuart" pecan 25 (11):1392-1396.
- Hu, H. and D. Sparks. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in "stuart" pecan. HortScience 26(3):267-268.
- IRENAT, 2000. Manual de Procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas de laboratorio de fertilidad de suelos. pp : 1-38
- Johnson, R.S. and K. Uriu. 1989. Mineral Nutrition. In : Peach, Plums and Nectarine, growing and handling for fresh market. J.H. La Rue and R.S. Johnson (Eds). University of California, California USA. p. 68.

- Jones, J.R., and T.H. Rogerts 1949. New fertilize and fertilizer practices. *Advances in Agronomy* 1:67-69.
- Jones, J.R. 1985. Soil testing and plant análisis : guides to the fertilization of horticultural crops. *Hort. Rev.* 7:1-67.
- Kabata, A. and H. Pendis. 1984. Trace elements in soils and plants. C.R.C. Press. Inc. Boca Ratón, Florida.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich, Publisher, Fla. U.S.A.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute 4a. edition.
- Medina, M.M.D.C. 1980 y 1990. Muestreo técnico agronómico del cultivo del nogal pecanero en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación CIAN-INIFAP.
- Médina, M.M.D.C. 1988. CIFAP- Región Lagunera- INIFAP 1988.
- McEachern, G.R. 1990. Zinc deficiency: the silent killer. *Pecan South* 24(6):20-21.
- Medina, M.M.D.C. 1994. XIII Conferencias Internacionales sobre el cultivo del nogal. Cd. Delicias, Chihuahua.
- Medina, M.M.D.C. 1995. Deficiencia y toxicidad de nutrientes en el nogal. Memorias del 3er. Simposium Internacional Nogalero, celebrado en Torreón, Coahuila. pp:11-21.

- Medina, M.M.D.C. 1997. Informe de investigación, Programa de fruticultura. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC-INIFAP.
- O'Barr, R.D. and K. Hanson. 1978. Hidden hunger finding and correcting it. Pecan South 5(1):20-24.
- Ortiz, L.M. 1986. Producción forzada en durazno (Prunus persica, L. Batsch), bajo condiciones subtropicales. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 93.
- Ovidio, P.I. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un andosol de la sierra de tarasca, Michoacán. Tesis de Maestría Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp:26-35.
- Pimentel, G.J.O., 1978. Estudio de la deficiencia de zinc en nogal pecanero (Carya illinoensis Koch), en el municipio de Tasquillo, Hidalgo. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 109.
- Randall, G.W., K.L. Wells and J.J. Hanway. 1985. Modern techniques in fertilizer application In: Fertilizer technology and use. 3a. Edition O.P. Engelstad (Ed). Soil Science Society of American Inc. pp : 521-560.
- Rogers, B. L. and L.P. Batjer. 1953. Seasonal trend of several nutrient elements in Delicious apple leaves expressed on a percent and unit area basis. Procc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61:1-5.
- Rodríguez, S.F. 1989. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT(Ed) S.A. México.
- Ryugo, K. 1993. Fruticultura, ciencia y arte. Traducción J. Rodríguez Alcazar. A.G.T. (Ed). México, D.F.

- Santibáñez, G.E. 1992. Ensayo monográfico de la Comarca Lagunera. p. 14.
- Spark, D. and J.A. Payne. 1982. Zinc concentration in pecan leaflets associated with zinc deficiency symptoms. HortScience 17(4):670-671.
- Storey, J.B., M.W. Smith, P.N. Westfall, J.D. Hanna, W. Gass and W.C. Anderson. 1973. A new method to increase zinc absorption by pecan leaves. Pecan Quarterly 17(2):10-11.
- Storey, J.B., P.N. Westfall and M.W. Smith 1979. Why do pecans need zinc. Pecan Quarterly. 13(2):3-9.
- Swietlik, D. and M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. Horticultural Reviews 6:287-375.
- Tan, K.H. 1993. Soil reaction In: Principles of soil chemistry. Marcel Rekker, Inc. Second Edition. Department of Agronomy the University of Georgia, Athens, Georgia. Marcel Dekker, Inc. New York, pp: 255-278.
- Uriu, K. 1978. Soil and plant analysis and symptomology for diagnosis of mineral deficiencies and toxicities. In: Almond orchard management. División of Agricultural Science. University of California. Pub. 4092. p. 95.
- Worley, R.E., S.A. Harman and R.L. Carter. 1972. Effect of sources and methods of application on yield and leaf mineral concentration of pecan (*Carya illinoensis*, Koch). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(39):364-369.
- Worley, R.E. 1995. Keep those leaves on the tress until frost. Pecan South 28(6):4-5.
- Wood, B.W. and A.W. White Jr. 1986. Influence of disk cultivation and subsoiling on productivity of a mature pecan orchard. HortScience 2 (1):66-68.

## VII. APENDICE

Cuadro A1. Características físicas y químicas del suelo en el huerto de la UAAAN-U.L. donde se llevó a cabo este trabajo otoño 1997.

Prof. (cm)	D.A. g/cm <sup>3</sup>	pH	Textura %	CaCO <sub>3</sub> %	CE mS/cm	CIC meg/100 g	MICRONUTRIENTES				MACRONUTRIENTES					
							Zn ( ppm )	Cu ( ppm )	Fe ( ppm )	Mn ( ppm )	P ( ppm )	N %	Ca ( Meg/l )	Mg ( Meg/l )	Na ( Meg/l )	K ( meg/100g )
0-30	1.16	7.78	Migajón arcilloso limoso	3.12	1.76	10.5	2.25	0.86	3.0	10.8	24.9	0.07	4.47	0.55	0.17	0.61
30-60	1.18	8.0	Migajón limoso	1.25	1.37	9.5	3.15	0.48	2.86	1.24	28.3	0.05	4.54	0.48	0.16	0.50
60-90	1.18	7.97	Migajón limoso	0.8	0.78	5.5	7.50	0.36	3.72	5.32	14.0	0.03	3.98	0.39	0.17	0.45



Cuadro A5-11. Cuadrado medio y significancia para los diferentes muestreos con sus dosis en las diferentes épocas de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	9786.937	0.0009* *
Epoca	2	562.455	0.5379NS
Dosis	4	125353.365	0.0001* *
Muestreo	1	544635.794	0.0001* *
Epoca*dosis	8	1338.486	0.9305NS
Epoca*muestreo	2	3054.275	0.0402*
Dosis*muestreo	4	110882.216	0.0001* *
Epoca*dosis*muestreo	8	1100.167	0.9605NS
Error	56	25120.952	
C.V.		20.175	

NS = No significancia

\* = Significancia al 0.05%

\* \* = Significancia al 0.01%

Cuadro A12-15. Cuadrado medio y significancia para la primera época de aplicación en el primer muestreo con sus diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	5800.011	0.0400*
Dosis	4	43690.059	0.0001**
Muestreo	1	192570.022	0.0001**
Dosis*muestreo	4	39033.662	0.0001**
Error	16	7171.592	
C.V.		20.866	

NS = No significancia

\* = Significancia al 0.05%

\*\* = Significancia al 0.01%

Cuadro A16-19. Cuadrado medio y significancia para la segunda época de aplicación en el segundo muestreo con sus diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-U.L.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	2167.487	0.4921NS
Dosis	4	45039.155	0.0001**
Muestreo	1	146092.804	0.0001**
Dosis*muestreo	4	35127.730	0.0001**
Error	16	9738.144	
C.V.		23.042	

NS = No significancia

\* = Significancia al 0.05%

\*\* = Significancia al 0.01%

Cuadro A24-25. Cuadrado medio y significancia para el muestreo del estado de crecimiento vegetativo con las dosis aplicadas junto con el testigo, junio de 1998. UAAAN-U.L.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	Pr > F
Repeticiones	2	13831.810	0.1527NS
Dosis	12	171059.680	0.0015**
Error	23	77923.689	
C.V.		28.852	

NS = No significancia

\* = Significancia al 0.05%

\*\* = Significancia al 0.01%

Cuadro A20-23. Cuadrado medio y significancia para la tercera época de aplicación en el tercer muestreo con sus diferentes dosis de aplicación en otoño de 1997. UAAAN-UL

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	Pr > F
Repetición (muestreo)	4	4145.715	0.0604*
Dosis	4	37962.636	0.0001**
Muestreo	1	209027.243	0.0001**
Dosis * muestreo	4	37820.990	0.0001**
Error	16	5884.694	
C.V.		18.023	

NS=No significancia

\* = Significancia al 0.05%

\*\* = Significancia al 0.01

Cuadro A26-28. Cuadrado medio y significancia para el muestreo del estado de crecimiento vegetativo con la diferente época de aplicación sin testigo, junio de 1998. UAAAN-U.L.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	Fr > F
Repetición (época)	6	17185.180	0.6867NS
Epoca	2	103342.668	0.0006**
Dosis	3	6474.480	0.6918NS
Epoca*dosis	6	16002.373	0.7198NS
Error	17	74410.152	
C.V.		31.304	

NS = No significancia

\* = Significancia al 0.05%

\*\* = Significancia al 0.01%