

**REQUERIMIENTOS DE AGUA EN EL NOGAL PECANERO
(*Carya illinoensis* K.) A DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS Y
TAMAÑO DE ÁRBOL CON PROPÓSITOS DE PROGRAMACIÓN
DE RIEGOS**

JUVENTINO MORALES VÁSQUEZ

T E S I S

**Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en
Producción Agronómica**

**Universidad Autónoma Agraria
“Antonio Narro”
Unidad Laguna
Subdirección de Postgrado
Torreón, Coah. Diciembre de 1997.**



Tesis 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:

Claudio Godoy A.
M.S. Claudio Godoy Ávila

Asesor:

M.C. Almando Espinoza Banda

Asesor:

M.C. José Jaime Lozano García

Jesús Vielma S.

M.C. Jesús Vielma Sifuentes
Encargado de Postgrado Unidad Laguna

Dr. Jesús Fuentes Rodríguez

Subdirector de Asuntos de Postgrado

Torreón, Coahuila. Diciembre de 1997

DEDICATORIA

A mi esposa **Lucero Yadira** y a mis Hijos **Adrián, Roxana y Juventino**: Por ser ellos la motivación en mi superación personal y profesional.

A la memoria y recuerdo de mi madre **María Vázquez (D. E. P.)**.

A mi padre **Manuel Morales**: Por sus consejos siempre ejemplares.

A mis hermanos: Por el respeto que nos tenemos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (D. G. E. T. A.) por brindarme la oportunidad de superarme profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (C O N A C y T) por aceptarme como becario desde el primero de enero de 1996 al 31 de diciembre de 1997.

A mi asesor M.S. Claudio Godoy Ávila por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo en la línea de investigación Uso y Manejo de Agua, pero más por su amistad, orientación y consejos recibidos.

A mis asesores M.C. Armando Espinoza Banda y J. Jaime Lozano García por su apoyo en la revisión del libro de texto.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma participaron desinteresadamente en la realización del presente estudio.

COMPENDIO

Requerimientos de Agua en el Nogal Pecanero (*Carya illinoensis* K.) a Diferentes Etapas Fenológicas y a través de años con Propósitos de Programación de Riegos

POR

JUVENTINO MORALES VÁSQUEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS

PRODUCCIÓN AGRONÓMICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA DICIEMBRE 1997

M.S. Claudio Godoy Ávila - Asesor -

Palabras Claves: *Carya illinoensis*, irrigación, programación, ruezno pegado, germinación, llenado de la nuez

Este trabajo se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano-otoño en 1997., en terrenos del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera, en el municipio de Matamoros, Coahuila.

El objetivo principal fue el de obtener un modelo, que relacione el tamaño del árbol de nogal por hectárea con su uso de agua en cm/día y cm/etapa fenológica, durante todo su ciclo y a través de años, y determinar dentro del área equivalente del árbol las zonas de mayor, menor e igual consumo de agua para los diferentes tamaños de árbol, con la finalidad de hacer una programación más efectiva del riego en este cultivo y así poder disminuir significativamente la presencia del ruezno pegado, germinación y falta de llenado del fruto que disminuyen notablemente la calidad del fruto.

El cultivar para la realización del presente estudio fue el Western. El espaciamiento entre hileras fue de 12 m y 12 m entre plantas (70 árboles/ha) lo cuál representó un área equivalente de 144 m². Los tratamientos estudiados fueron tres huertas de árboles con edades de 16, 8, y 6 años de edad. Estos árboles fueron seleccionados por estar bien manejados, sanos y con tamaño uniforme en su porte de copa. De los árboles que cumplieron con las anteriores características; se consideró como una unidad experimental los cuales se les denominó árbol uno, árbol dos y árbol tres respectivamente, posteriormente se instaló alrededor de los árboles 48, 24, y 8 tubos de aluminio a una distancia de 1 metro de separación entre ellos. La longitud de los tubos fue de 1.5 m de largo y 6 cm de diámetro. Para conocer el abatimiento de humedad del suelo, se realizaron muestreos de humedad con la sonda del dispersor de neutrones a las cuatro profundidades, 00-30, 30-60, 60-90 y 90-120, los cuales fueron una vez por semana. El primer muestreo de humedad en el suelo del árbol uno, se realizó el 28 de marzo y el último el 13 de octubre de 1997. Las fechas de medición en días julianos son los siguientes: 88, 92, 106, 113, 128, 136, 143, 149, 156, 158, 162, 169, 176, 183, 190,

192, 193, 205, 211, 219, 224, 225, 229, 233, 238, 239, 245, 251, 253, 266, 267, 273, 277, 287. Para los árboles dos y tres se realizó la medición un día después al árbol uno.

La orientación para el árbol uno fue de la posición 48 al 42 de poniente a oriente, en el norte, las posiciones del 7 al 1, están en el sur, y al centro el árbol. Para el árbol dos., la posición 24 al 20 de poniente a oriente en el norte, para el 5 al 1 en el sur y el árbol en el centro de ellos, para el árbol tres del 8 al 6 de poniente a oriente, en el norte, del 3 al 1 en el sur y el árbol en el centro.

Los resultados encontrados fueron los siguientes: El consumo de agua para los árboles de nogal de 16, 8 y 6 años de edad del inicio de la brotación a la cosecha fue de 95.39, 63.83 y 51.44 cm y el estrato de mayor consumo fue 60-90, 60-90 y 30-60 respectivamente.

La zona de mayor consumo para los tres árboles en estudio fue de 1.0 a 1.41 m de diámetro de distancia del árbol. En el suelo de los árboles uno y dos se determinaron dos zonas de consumo de agua, la menor se encontró en el poniente y la mayor en el oriente; dentro de ellas el abatimiento es significativamente igual en cualquier punto, considerando el diferencial de 29.8 y 20.7 cm que las separa. Para el árbol tres ese diferencial fue de 4.3 cm valor bajo por lo que se considera que el abatimiento de humedad es igual en cualquier sentido del área de muestreo.

En los árboles uno dos y tres el mayor uso de agua se presentó desde el inicio del llenado de la nuez a la apertura del ruezno (57 días), con 0.64, 0.47 y 0.33 cm/día. El uso de agua en la etapa representó el 50.86, 28.46, 22.82 cm que representa el 53.32, 44.58 y 44.36 porciento en los árboles uno, dos, y tres respectivamente.

Se recomienda en próximas investigaciones que requieran la medición del agua en el suelo que incluya el nogal, colocar un máximo de 8 posiciones de medición a una distancia de 1.5 m del centro del árbol, pero hacia la parte oriente.

SUMMARY

Water Requirements in Pecan (*Carya illinoensis* K.) at different Growth Stages and through years with Purposes of Scheduling irrigations

BY

JUVENTINO MORALES VASQUEZ

MASTER OF SCIENCE
AGRONOMIC PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA DECEMBER 1997

M.S. Claudio Godoy Ávila - Advisor -

Index Words: *Carya illinoensis*, irrigation, programming, sticktight, vivipary, filled of nut

This work was carried during spring-summer-autumn agricultural cycle in 1997; at the Centro of Investigaciones Forestales and Agropecuarias (CIFAP) of the Lagunera Comarca valley, in the municipality of Matamoros, Coahuila.

The main objective was to obtain a model that relates the tree with their water use in cm day^{-1} and $\text{cm stage growth}^{-1}$, during his cycle and through years, and determine the zones within the equivalent area of the tree, minor and equal consumption of water for the several sizes of tree, with the purpose of making a more effective irrigation scheduling in this crop and so could diminish the presence of the sticktights, germination and lacking in filled of the fruit that diminish notably the fruit quality.

Cultivar used in this work was the Western. The spaced between rows were of 12 m and 12 m between plants (70 trees/ ha) the previous represent an equivalent area of 144 m^2 . The treatments studied were three sizes trees with 16, 8 6 years old. These trees were selected by being well managed, and with uniform size in their. From the trees that fulfilled the previous characteristic; the it were considered them like an experimental unit it's identified tree one, tree two and tree three successively, they place around the trees 48, 24 and 8 aluminum tubes to a distance of one meter of separation between them. The longitude of the tubes was 1.5 m and 6 cm of inside diameter. In order to know the soil moisture depletion a neutron probe was used and reading were take at four depths, 00-30, 30-60, 60-90 90-120 cm. The first lecture of the neutron probe in the tree one, was carried at March 28 and the last in October 13 of 1997. The dates of the lecture in days julianos were the next: 88, 92, 106, 1130, 128, 136, 143, 149, 156, 158, 162, 169, 176, 183, 190, 192, 193, 205, 211, 219, 224, 225, 229, 233, 238, 239, 245, 251, 253, 266, 267, 273, 277, 287. For the trees two and three were carried out one day later to the tree one.

The orientation for the tree one was from the position 48 at 42 of west to east, in the north, the positions of the 7 at 1, is in the south, and to the center the tree. For the tree two, the positions of the 24 at 20 of west to east in the north, and of the 5al 1 in the south and in the center the tree. For the tree three of the position 8 at 6 of west to east, in the north, of the 3 at 1 in the south and the tree in the center.

The results in this study were: The water consumption for the trees of pecan of 16, 8 6 years old from budbreak to harvest were 95.39, 63.83 51.44 cm and the layer of higher consumption were 60-90, 60-90 30-60 successively.

The place of higher consumption for the three tree in study was from 1.0 to 1.41 m of diameter of distance of the tree. In the floor of the trees one two were determined two zones of water consumption, the minor met in the west and the senior in the east; within them the depression is significantly equal in any point, considering the difference of 29.8 20.7 cm that separates them. For the tree three that difference was from 4.3 cm courage under for the one which is considered that the moisture depletion is equal in any place within the equivalent area.

The higher water use in the tree one, two and three was during nut filling until the nut opening (57 days), with 0.64 0.47 0.33 cm day^{-1} . The water use in this stage represented the 50.86, 28.46, and 22.82 cm that represents the 53.32, 44.58 44.36 percent in the trees one, two and three successively.

It's recommended for next research measure in pecans, to place a maximum of 8 positions of mensuration to a distance of 1.5 m of the tree center, but orientation to the west.

INDICE DE CONTENIDO

Página

INDICE DE CUADROS.....	xvi
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE A.....	xviii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen del cultivo.....	4
2.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.3. Fenología del cultivo.....	5
2.4. Resultados encontrados sobre la importancia del agua del suelo en algunas etapas fenológicas del nogal.....	9
2.3.1. Humedad inicial a brotación.....	9
2.3.2. Crecimiento del fruto.....	9
2.3.3. Llenado de la almendra.....	10
2.3.4. Apertura del ruezno.....	10
2.3.5. Postcosecha.....	11
2.4. Uso consuntivo del nogal pecanero.....	12
2.5. Efecto de deficiencias de agua en el desarrollo del fruto del nogal, producción y calidad de la cosecha.....	15

2.6. La relación entre carbohidratos y productividad en un nogal.....	21
2.7. Relaciones hídricas en un nogal.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	26
3.1.1. Características climáticas.....	26
3.1.2. Fuentes de abastecimiento de agua.....	28
3.1.3. El suelo.....	28
3.1.4. Localización del área de estudio.....	29
3.2. Materiales.....	29
3.2.1. Parámetros de humedad del suelo.....	29
3.2.2. Cultivar.....	30
3.2.3. Descripción del agua de riego.....	31
3.2.4. Profundidad e intervalo de muestreo del contenido de humedad.....	31
3.2.5. Calibración de la sonda del dispersor de neutrones.....	35
3.3. Métodos.....	36
3.3.1. Lámina consumida.....	36
3.3.2. Aplicación de riegos.....	36
3.3.3. Secuencia de análisis.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Clima.....	39
4.2. Consumo total de agua en los tres tamaños de árbol.....	41

4.2.1. Zonas de mayor consumo.....	42
4.2.1.1. Abatimiento de humedad.....	46
4.2.2. Líneas de igual consumo de agua.....	48
4.3. Uso de agua por el árbol.....	54
4.3.1. Uso de agua por etapa fenológica.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RESUMEN.....	64
VIII. LITERATURA CITADA.....	67
IX. APENDICE A	74

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Textura y parámetros de humedad del sitio experimental.....	29
2. Características químicas del agua de riego usada en el experimento del nogal Cv. Western en 1997.....	31
3. Modelos de regresión lineal para la determinación del contenido de humedad del suelo para cada profundidad.....	33
4. Precipitación y evaporación mensual durante el ciclo en el nogal Cv. Western. Fuente estación Climatológica del CIFAP Comarca Lagunera.....	40
5. Fechas de aplicación de los riegos en días julianos en el nogal, por tamaño de árbol.....	40
6. Uso estacional de agua por tamaño de árbol y estrato de suelo.....	42
7. Zonas de uso de agua en periféricos por tamaño de árbol en el nogal pecanero en 1997.....	45
8. Parámetros de regresión para el uso de agua en tres tamaños de árbol.....	55
9. Uso de agua en las etapas fenológicas por tamaño de árbol de nogal en 1997.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de las posiciones de muestreo de humedad en el campo en el árbol uno.....	33
2. Distribución de las posiciones de muestreo de humedad en el campo en el árbol dos.....	34
3. Distribución de las posiciones de muestreo de humedad en el campo en el árbol tres.....	34
4. Precipitación y evaporación acumulada durante el período de muestreo de humedad en el nogal.....	39
5. Valores de consumo de agua estacional por posición en el árbol uno.....	43
6. Valores de consumo de agua estacional por posición en el árbol dos.....	44
7. Valores de consumo de agua estacional por posición en el árbol tres.....	44
8. Zonas de mayor y menor uso de agua a intervalos de 5 cm en el árbol uno	51
9. Zonas de mayor y menor uso de agua a intervalos de 5 cm en el árbol dos.....	52
10. Zonas de mayor y menor uso de agua a intervalos de 5 cm en el árbol tres.....	53
11. Patrón de uso de agua (cm/día) por tamaño de árbol en el ciclo del nogal pecanero en 1997.....	56

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE A

Figura	Página
A.1. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol uno posición 32., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	74
A.2. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol uno posición 37., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	75
A.3. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol uno posición 36., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	76
A.4. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol dos posición 8., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	77
A.5. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol dos posición 13., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	78
A.6. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol dos posición 16., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	79
A.7. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol tres posición 8., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	80
A.8. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol tres posición 2., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	81
A.9. Abatimiento de humedad del suelo en el nogal Cv. Western., árbol tres posición 5., cuatro estratos de profundidad, 1997.....	82

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el norte de México pasa por una sequía severa que afecta significativamente la agricultura siendo los estados de Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León, los más afectados. La superficie sembrada con cultivos anuales ha disminuido debido a la poca agua disponible en las presas. Las cosechas de los cultivos perennes como el nogal también están siendo afectadas por falta de agua de riego. La mayoría de estos estados no han tenido buenas lluvias en los últimos dos o tres años, y por consecuencia el nivel freático a disminuido significativamente debido a la sequía. (Herrera, 1995).

La superficie ocupada por el cultivo del nogal pecanero es de aproximadamente 50 mil hectáreas, las cuales para su producción comercial deben ser irrigadas en su totalidad. En un alto porcentaje de esta superficie se usa agua del subsuelo, lo cual causa altos costos de producción debido al consumo de energía eléctrica que esto requiere. En la mayoría de los casos se trata de extracciones de agua a cien metros de profundidad.

En la Región Lagunera, existe una superficie total de 6,541 ha, de las cuales el 60 porciento se riegan con agua del subsuelo y en el resto que se localiza en el área de San Pedro 3,124 y que corresponden al distrito de riego 017 el agua no está disponible

durante los meses de agosto y septiembre que es cuando ocurre la mayor parte del llenado de la almendra.

La lámina de agua que se aplica a este cultivo es de 1.60 a 2.0 m por año, en un número de riegos que va de 6 a 10. Se estima que del total de los costos del cultivo del nogal alrededor del 50 porciento corresponden al uso y manejo del agua (Godoy, 1977, Hernández, 1990). Aunado a todo lo anterior, se considera que los criterios utilizados para la programación y aplicación de los riegos no son los adecuados, ya que se usan sistemas de riego ineficientes que involucran la aplicación de altos volúmenes de agua; por otra parte la programación de riegos está apoyada en experiencias adquiridas empíricamente y las mantienen sin cambio a pesar de las condiciones ambientales dentro del año y a través de los años. Por otra parte tampoco se considera el tipo de suelo y su profundidad, edad y número de árboles por hectárea, etapa fenológica del cultivo y el cultivar por irrigar (Godoy y López, 1993), ni la zona de mayor consumo en el área del árbol. La no consideración de todos estos factores significa que la aplicación de los riegos no es eficiente y que tampoco tenga la dinámica necesaria para compensar las variaciones del clima y suelo que se presentan en las nogaleras.

Son pocos los resultados que se han obtenido tendientes a determinar la cantidad de agua que requiere el nogal (Carya illinoensis K.) para satisfacer sus necesidades hídricas. Por otro lado también existe poca información sobre las relaciones hídricas en este cultivo, ya que los pocos resultados existentes han estado dirigida principalmente a la hoja.

1.1. Objetivos

En relación a lo anterior el presente estudio tiene los siguientes objetivos:

1. Obtener un modelo, que relacione el tamaño del árbol por hectárea con su uso de agua en cm/día y cm/etapa, durante todo su ciclo y a través de años, con la finalidad de hacer una programación más efectiva del riego en este cultivo.
2. Determinar dentro del área equivalente las zonas de mayor, menor e igual consumo de agua para los diferentes tamaños de árbol.

La meta es contar para el año de 1997 con los requerimientos de agua del nogal y la forma más efectiva para programarle sus riegos, considerando el tamaño del árbol y su fenología y así poder disminuir significativamente la presencia del ruezno pegado, germinación y falta de llenado del fruto que disminuyen notablemente la cálida del fruto.

1.2. Hipótesis

1. Los requerimientos de agua en el nogal son diferentes de acuerdo a la edad y etapa fenológica del árbol.
2. La zona de mayor consumo de agua en el suelo es la zona de goteo del árbol.
3. El uso del agua es similar entre estratos de suelo.
4. El llenado de almendra es la etapa fenológica de mayor demanda de agua.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del Cultivo

En 1867 el anuario del departamento de Agricultura de los Estados Unidos, registró que los nogales crecen en el sur del país, siendo ésta la única referencia del cultivo entre los años 1862-1890. Así mismo reporta que a la madera se le daban múltiples usos, posteriormente se consideró más valiosa la producción de frutos. Brison (1974) asienta que antes del descubrimiento de América, ciertas tribus norteamericanas eran únicos en saber de la existencia del nogal (*Carya illinoensis* K.).

2.1.1. Clasificación Taxonómica

Brison en 1974, cita que el nogal es perenne en crecimiento y producción, e inicia su producción a la edad de 6 años y lo clasifica de la siguiente manera:

Familia *Junglandaceae*

Genero *Carya*

Especie *illinoensis*

Nombre Común *Nogal Pecanero*

2.2. Fenología del Cultivo.

Lagarda (1978), menciona que en la Región Lagunera, se han observado dos etapas del desarrollo del fruto:

a. Crecimiento en tamaño de la nuez, dentro de ésta suceden dos eventos:

- 1.- Inicio en el aumento de tamaño del fruto
- 2.- Inicio del estado acuoso.

b. Llenado de la nuez, el cual abarca el:

- 1.- Inicio de endurecimiento de la cáscara.
- 2.- Inicio de la maduración o apertura del ruezno.

El Campo Experimental de la Laguna en 1994, informa que las diferentes etapas de desarrollo del nogal son importantes para adecuar las prácticas de manejo a esos períodos. En la Región Lagunera se han determinado para diferentes cultivares de nogal las siguientes etapas: brotación, desarrollo de brotes, floración , desarrollo y maduración del fruto, época de cosecha y defoliación.

La época de brotación en el nogal varía según el clima que prevalezca en el año. Sin embargo, esto ocurre de manera general durante la segunda quincena de marzo. El porcentaje de yemas es alto. Observaciones bajo las condiciones de la Región Lagunera en Western indican un 72 porciento.

— Los brotes llegan a su máximo desarrollo la última quincena de mayo. La época de mayor crecimiento se presenta de fines de abril a los últimos días de mayo. Sin embargo, en árboles jóvenes este período se prolonga hasta finales de junio.

El nogal es una planta monoica, en consecuencia tiene flores femeninas y masculinas en el mismo árbol, pero separadas. Si la producción, viabilidad y dispersión del polen de la flor masculina no coinciden con la receptividad de la femenina, ocurre la dicogamia y cuando estos períodos son simultáneos se denomina monogamia. La floración, se inicia a partir del 15 de abril, fecha en que la liberación de polen y la receptividad del estigma da inicio; del 8 al 15 de mayo, durante éste período ocurre la primera caída del fruto, la cual es mayor que la que se presenta a mediados de junio y a finales de julio.

En el desarrollo del fruto se pueden considerar dos etapas a) crecimiento de la nuez: es el período comprendido del inicio del aumento de tamaño del fruto hasta el inicio del endurecimiento de la cáscara., b) llenado de la nuez: abarca del endurecimiento de la cáscara al inicio de la maduración o apertura del ruezno. A partir del 20 de mayo se inicia el desarrollo del fruto, éste período abarca hasta el 20 de septiembre y a finales de junio se inicia el estado acuoso.

El endurecimiento de la cáscara se inicia el 30 de julio y la apertura del ruezno poco antes de que termine el desarrollo del fruto, iniciándose así la cosecha a finales de septiembre.

En la región se han observado tres fechas en que ocurre la caída de frutos y corresponden a los períodos de fecundación, estado acuoso del fruto y endurecimiento de la cáscara. Los mayores porcentajes de caída de nuez se presentan durante la fecundación y en el estado acuoso. Sin embargo, la etapa más conocida por ser la que ocurre cuando la nuez puede ser vista fácilmente, corresponde al endurecimiento de la cáscara y ocurre a finales de julio y principios de agosto.

Una vez que el desarrollo de la almendra se ha completado, lo cual ocurre en un período aproximado de ocho semanas (agosto y septiembre) en las variedades Western, Wichita y Choctaw, la planta inicia la apertura del ruezno, lo cual indica que principia la maduración del fruto.

Lagarda (1975) reportó resultados sobre el desarrollo del fruto, midiendo la sección longitudinal y transversal de 20 frutos por árbol, realizándose los muestreos cada semana durante los meses de mayo, junio, julio y agosto, terminándose con muestreos cada dos semanas al final del ciclo. Se determinó que el aumento del tamaño del fruto se inició a partir del 21 de mayo; el estado acuoso el 18 de julio; el endurecimiento de la cáscara el 30 de julio y la apertura del ruezno se presentó el 20 de septiembre.

El inicio de la expansión del sistema radical en la vid, así como la rápida elongación inicial del brote, incremento en el diámetro del tronco y en el desarrollo de las partes florales, son soportados por los carbohidratos almacenados en el ciclo anterior (Winkler et al., 1974; Richards, 1983).

Después de que la utilización de estos carbohidratos ha tenido lugar casi en su totalidad se inicia la acumulación de estos que es inicialmente lenta mientras existan todavía crecimiento rápido del brote y el fruto un incremento muy rápido en volumen; luego ésta tasa de acumulación se incrementa (excepto por una disminución durante el movimiento de azúcares, dentro del fruto en su maduración) de tal forma que al final del otoño las reservas almacenadas son esencialmente las mismas que el año previo (Winkler *et al.*, 1974).

Varios estudios (Hardie, 1976; Shart, 1974; Vaadia y Kasimatis, 1961; Van Zyl, 1985; Hershey R. D., 1990 y William H. A., 1988), han definido que ésta manera de uso y almacenamiento de los carbohidratos en cultivos perennes tienen influencia en la tasa de absorción y cantidad de agua utilizada; es decir, a partir del inicio del crecimiento del fruto hasta su maduración, los requerimientos de agua son mucho más altos que en el período comprendido de la brotación al inicio del crecimiento del fruto, debido a que este período puede ser sostenido en parte por las reservas acumuladas en el año anterior.

2.3. Resultados encontrados sobre la importancia del Agua del Suelo en algunas Etapas Fenológicas del Nogal

2.3.1. Humedad Inicial a Brotación

A pesar que durante los primeros meses del año (enero y febrero) y hasta antes de la brotación el consumo de agua por la planta no es muy significativo, siendo de alrededor de 5 a 6 cm se considera importante que el contenido de humedad del suelo sea alto con el propósito de mantener hidratadas las raíces y evitar deficiencias de humedad que afecten la producción de nuevas raíces principalmente durante el mes de febrero (Godoy, 1992).

2.3.2. Crecimiento del Fruto

Durante el crecimiento del fruto tanto en su sección longitudinal y transversal y debido a que la nuez se encuentra llena de líquido se necesita que prevalezcan buenas condiciones de humedad en el suelo que favorezcan el crecimiento del fruto para producir nueces grandes (Herrera, 1990). Al final del estado acuoso el fruto tiende a caerse cuando la humedad del suelo no es óptima. Si por alguna razón la huerta llega a sufrir una deficiencia de agua durante esta etapa, la aplicación de un riego o la presencia de una lluvia pesada ocasionará la caída de gran parte de la cosecha (Sparks y Maden, 1985; Herrera, 1990; Obando, 1982). Worthington (1992) y Godoy (1992) mencionan que para evitar deficiencias de humedad durante la etapa de crecimiento del fruto, el agua por

aplicar será proporcional al 50 o 60 porciento del agua evaporada en un tanque evaporímetro clase “A”.

2.3.3. Llenado de la Almendra

Durante el llenado de la almendra que ocurre a finales de julio o mediados de septiembre los fotosintatos elaborados por las hojas son traslocados en solución con el agua precisamente a los frutos y a otras partes de la planta para su almacenamiento , por lo que durante esta etapa, no solamente se necesita un buen suministro de nutrientos, sino también un buen suministro de agua para proveer condiciones favorables para la fotosíntesis, el transporte de nutrientos, y traslocación de fotosintatos dentro de la planta. Durante esta etapa el nogal usa alrededor de 80 al 100 porciento del agua evaporada en el tanque evaporímetro clase “A”, esto significa y de acuerdo a resultados encontrados por Godoy y Lagarda (1986) que en huertas jóvenes durante esta etapa se pueden manejar intervalos de riego de 25 a 35 días.

Sin embargo, en huertas adultas se deberán manejar intervalos de 20 a 25 días, ya que a intervalos más largos, el peso seco final de la nuez se afecta drásticamente.

2.3.4. Apertura del Ruezno

Una vez que el fruto ha alcanzado su maduración, el factor principal que controla la apertura del ruezno es la humedad del suelo, por lo que se debe de tratar por todos los

medios de mejorar la humedad del suelo para la maduración. Si por alguna razón se presenta una deficiencia de agua durante éste período, la apertura del ruezno se retrasa, creando condiciones propicias para que la nuez germine, esto puede reducirse con niveles adecuados de humedad en el suelo, cosechando temprano y cuando la fruta sea excesiva efectuar el raleo mecánico de la misma (Sparks, 1989; Wood, 1993).

2.3.5. Postcosecha

Después de la maduración del fruto (última semana de septiembre) y hasta la caída de las hojas en forma natural (mediados de noviembre), el follaje completa la cantidad de carbohidratos que la planta va a usar para el siguiente ciclo, razón por la cual se debe tratar por todos los medios de mantener el follaje activo hasta la caída de las hojas. El consumo de agua durante este período no es muy significativo, pero sí superior al que sucede en el período de noviembre-febrero, durante el cual el consumo por el árbol es demasiado bajo (Godoy, 1992), debido principalmente a que ya no existen hojas y a la baja demanda ambiental. Lo anterior significa que si por alguna razón se aplica un riego después de la caída natural de las hojas, el agua almacenada en el suelo, casi en su totalidad no se usa, y podría quedar disponible para el crecimiento de raíces (febrero) y brotación del siguiente año.

De todo lo mencionado anteriormente, se concluye que la presencia de una deficiencia de agua en cualquier etapa de desarrollo afecta adversamente el tamaño del fruto, su llenado y además el potencial para una buena cosecha en los años siguientes.

2.4. Uso Consuntivo del Nogal Pecanero

Romberg (1960) indica que árboles maduros de nogal en Brown Wood, Texas espaciados a 10 m por 10 m requieren de 18 cm de lámina de agua por riego, durante el verano.

Thomson (1974) reporta que el uso Consuntivo para este frutal en el Paso Texas, está en el rango de 68 cm por ciclo, dependiendo de la edad de los árboles.

Godoy, A, C, (1977) trabajando con nogales de nueve años de edad, de la variedad Western, estableció un experimento cuyos tratamientos estudiados fueron: 1) riego cada tres semanas; 2) riego cada cuatro semanas y 3) riego cada cinco semanas; todos apartir de la brotación. los resultados indicaron que el uso Consuntivo estacional fue de 116, 106 y 90 cm para los tratamientos de cada tres, cuatro y cinco semanas respectivamente. El patrón de extracción de los tres tratamientos fue semejante, habiendo mayor extracción en los tratamientos más regados debido a que hubo una mayor disponibilidad de humedad.

Mexica (1978) realizó un estudio con el propósito de conocer la variación y el contenido de humedad del suelo, en nogal y mediante el uso de la sonda de neutrones estimó los consumos de agua que oscilaron entre los 44 y 62 cm/árbol, existiendo diferencias hasta de 18 cm de agua consumida entre tratamientos durante todo el ciclo; sin embargo no se encontró ninguna relación entre estos consumos y las variables

medidas, concluyendo que debe abastecerse con una mayor cantidad de agua en la etapa de llenado de fruto.

Avalos (1992) trabajó con árboles de 12 años de edad del Cv Western, con el objeto de conocer el patrón de extracción del cultivo; y concluyó que el árbol usa el agua del suelo en una forma uniforme tanto en el sentido vertical como horizontal del suelo, dentro del área de goteo, al mismo tiempo, encontró que el uso del agua por estratos era uniforme, pero ligeramente superior en el estrato 00-30 que en el resto de los estratos.

Privette (1979) menciona que la profundidad efectiva de las raíces del nogal varía con la textura del suelo pero normalmente es de 24 pulgadas (60.96 cm); así mismo indica que la cantidad de agua consumida por el nogal en un día brillante templado con baja humedad relativa puede ser de 0.19 pulgadas por día (4.82 mm) y con la lluvia puede ser de 0.15 pulgadas por día (3.81 mm) y en la estación se incrementa y puede ser de 0.25 pulgadas por día (6.35 mm).

La mayoría de los nogaleros del sureste de los Estados Unidos depende del agua de riego para la producción del nogal. Las necesidades de agua en esta región son de más o menos 6 pies por ciclo o sea 183 cm en algunas áreas como Valle del Río Grande donde los problemas de manejo se complican debido a la salinidad. En el sureste donde ocurren grandes precipitaciones se aplican 130 cm de agua (Wolstenholme, 1979).

Edmunson (1980) y Van Zyl y Van Huyssteen (1980) establecen que para obtener un mayor beneficio de un sistema de riego los factores mas importantes a considerar son el tiempo de aplicación y la cantidad de agua a aplicar a través del sistema y el método que considera estos dos factores es el tanque evaporímetro, el cual ha sido probado en diferentes áreas y en diferentes cultivos con bastante éxito.

Miyamoto (1983) evalúo en el cultivar Western el uso del agua en siete huertas comerciales del Valle de las Cruces en Nuevo México y del Paso Texas. Los árboles estudiados variaron de 8 a 35 años de edad y la densidad de árboles fue de 60 a 120 m. En este estudio se concluyó que el abatimiento de humedad abajo de 100 cm fue mínima independientemente del horizonte, distancia entre plantas, a excepción de los árboles jóvenes, y que el consumo del agua fue alto, variando con el tamaño de los árboles, densidad de plantación, siendo este de 100 a 130 cm para árboles de máximo crecimiento.

En un estudio realizado por Hernández (1984), en Ramos Arizpe, Coahuila con árboles de doce años de edad del cultivar Western en un rango de humedad aprovechable explorada de 44.5 a 76.5 porcientos, encontró que la cantidad de agua aplicada varió de 60.16 a 96.09 cm indicando también que es posible manejar la huerta con intervalos de riego de 25 a 30 días lo cual corresponde a abatimientos de 50 a 60 porcientos de la humedad del suelo.

En un experimento realizado por Hernández (1985), con el cultivar Western de 17 años de edad estudió cuatro tratamientos de tensión de la humedad del suelo que fueron de -3, -6, -9 y -12 atmósferas, teniendo como capa de control el estrato de 30-60 cm encontró que la cantidad de agua evapotranspirada para cada tratamiento fue de 189.69, 122.49, 110.61 y 108.85 cm para los tratamientos de -3, -6, -9 y -12 respectivamente, con un promedio de 132.9 cm y una variación de láminas de riego aplicadas de 18 a 21 cm con una media de 19.5 cm.

Rodriguez (1991), evaluando diferentes niveles de evapotranspiración del nogal, reportó que la tasa de crecimiento del fruto es fuertemente dependiente del cultivar y específicamente en el cultivar Western éste parámetro se puede modificar con el nivel de agua disponible en el suelo. Así mismo reportó que en el nogal se deben aplicar cinco riegos; el primero a la brotación, el segundo a la floración, el tercer cuarto y quinto cada treinta días a partir de la aplicación del segundo.

2.5. Efecto de Deficiencias de Agua en el Desarrollo del Fruto del Nogal, Producción y

Calidad de la Cosecha

El nogal es nativo de áreas donde la lluvia es abundante y generalmente recibe mucha humedad para un óptimo crecimiento y producción, pero donde la lluvia es poca y no hay abastecimiento de humedad para un desarrollo normal del nogal, el riego es necesario (Kilby, 1980).

Alben (1956) en un experimento realizado en árboles de 47 años de la variedad Stuart espaciados 60 por 80 pies para árboles aclareados, y 40 por 60 pies para árboles no aclareados, los tratamientos fueron: aplicación de 2 pulgadas de riego para árboles del bloque testigo, las otras tasas de irrigación fueron de 9 y 11 pulgadas, los árboles aclareados y no aclareados tuvieron los mismos tratamientos. La aplicación de agua para los tratamientos fue de la siguiente manera: los de 9 pulgadas recibieron en marzo 17 y 18, 2 pulgadas, el cual fue dado a todo el bloque experimental, completo mayo 20 y 21 media pulgada. Para el de 11 pulgadas fue lo mismo excepto en julio de 18 y 19 donde se aplicaron 4 pulgadas. Los árboles con 11 pulgadas de agua tuvieron los mejores rendimientos, con mayor número de nueces por libra, el más alto porcentaje de almendra y la más alta gravedad específica.

En estudios realizados por Daniell (1976), en riego por goteo con árboles maduros usando 0, 2, 5, y 8 emisores por árbol para dar cantidades variables de agua a los árboles. El sistema se operaba el tiempo necesario para que los árboles con 5 emisores recibieran el 70 porciento de la evaporación registrada en el tanque evaporímetro clase "A". Los resultados indicaron que a medida que la tasa de agua aplicada era mayor los rendimientos por árbol aumentaban, y que el riego por goteo mejoró el tamaño y la calidad de la nuez cada año.

Godoy, (1977) estudiando tres frecuencias de riego en nogal, siendo los tratamientos, riego cada tres, cuatro y cinco semanas a partir de la brotación, el análisis de resultados reporta que en cuanto a rendimiento de kilogramos de nuez por árbol en

base a peso fresco, se encontraron diferencias significativas, siendo superior el regado cada tres semanas, pero en base a peso seco no hubo diferencias. En número de nueces por kilogramos en base peso seco y porciento de almendra, tampoco se reportaron diferencias significativas.

Bustamante (1977) en un estudio realizado en el área de Saltillo, Coahuila, con tres abatimientos de humedad aprovechable (A.H.A.) del 30, 55 y 80 porciento y el tratamiento testigo, en árboles de nueve años de edad de la variedad Western, concluye lo siguiente: La lámina total aplicada al tratamiento de 30 porciento de A. H. A. fue de 143.6 cm en 32 riegos, al tratamiento de 55 porciento. se le aplicó 144.92 cm de agua en 18 riegos, al tratamiento de 80 porciento. se le aplicaron 103.54 cm de lámina de agua en 9 riegos, y el testigo evapotranspiró 84.12 cm de agua los cuales se repusieron en 6 riegos. no encontró diferencias significativas en cuanto a los tratamientos estudiados en el rendimiento y calidad de la nuez.

Rizzi y Foyde (1978) mencionan que en general el nogal requiere de 4 pies de lámina de agua por acre por año (122 cm) por lo que los sistemas de riego deben ser diseñados para aplicar una lámina de 8 a 10 pulgadas en cada riego por mes y cuando el uso consuntivo es más alto, o sea durante los meses de junio, julio y agosto los riegos deben aplicarse cada 21 días.

Lagarda (1991) reporta que el nogal, en las regiones áridas y semiáridas de México los requerimientos de agua fluctúan de 40 a 140 cm en todo el año, considerando toda la gama de tamaños de árboles de nogal y su densidad por hectárea. Asimismo reporta que ésta especie es muy resistente a la sequía durante el período libre de follaje y que el período más sensible se encuentra durante los meses de máximo follaje y máxima demanda por los frutos, es decir durante los meses de junio a septiembre.

También plantea la factibilidad de utilizar el agua de riego procedente de la presa bajo un calendario de riego para el cultivo del algodonero, el cual se muestra a continuación:

Riego del algodonero	Fenología del nogal	Máx. dem. de Agua Nogal/mes
marzo 25	Brotación	7.0 cm
mayo 20	Amarre de fruto	2.0 cm
junio 20	Estado acuoso	23.0 cm
julio 20	End. Nuez	28.0 cm
agosto 20	Crec. Almendra	29.0 cm

Los problemas que se presentan por la falta de ajuste a los riegos del nogal, son los siguientes:

1. La presencia de nuez germinada.
2. Frutos partidos durante el estado acuoso (wichita)
3. Reducción de la calidad de la nuez.
4. Incremento en la expresión de la alternancia en producción.

— Wood (1993) establece que en general el nogal requiere de 120 cm de lámina de agua por hectárea por año lo que es importante que los sistemas de riego sean diseñados para aplicar una lámina de 8 a 10 pulgadas en cada riego, o sea durante los meses de junio, julio y agosto los riegos deben aplicarse cada 21 días.

Daniell *et al.*, (1979), realizaron un trabajo con cultivar Wichita, y observaron que los más altos rendimientos se obtuvieron cuando se aplicó el riego al 50, 70 y 90 porciento de la evaporación registrada en un tanque evaporímetro clase "A", siendo éstos de 1489, 1498 y 1504 lbs/acre respectivamente.

Andrews y Sherman (1980), en un estudio comparativo de cultivares de nogal hicieron observaciones tendientes a determinar si el porciento de almendra era influenciada por la cantidad de lluvia que se presenta durante los meses de agosto en 1977 y 1978. Ambos años fueron considerados secos. El porciento de almendra fue más bajo en 1977 que en 1978 en todos los cultivares. El porciento de almendra fue bajo en 1977 debido a la sequía ocurrida en el período de llenado de la nuez, mientras que en 1978 las lluvias cerca de lo normal en los meses de agosto y septiembre contribuyeron al marcado incremento en el porciento de almendra de los cultivares estudiados.

Worley (1982), en un experimento que inició en 1975 y utilizando árboles uniformes de las variedades "Elliott", "Desiderable" y "Farley" con espaciamiento de 14 x 14 m, irrigadas en el sistema de riego por goteo, estudió los siguientes tratamientos: sin riego, riego con 6 emisores de 4 litros/hora por árbol un solo lado y riego con 6

emisores de 4 litros/hora por árbol con 3 por un lado del árbol y los otros tres en el otro lado. El riego se iniciaba cuando la tensión del suelo medida con tensiómetros -0.1 bar en cualquiera de las profundidades. El rendimiento total fue incrementando substancialmente con el riego en un solo lado para Desiderable y Elliott y en ambos lados para Farley, pero los incrementos para la variedad Farley no fueron significativos. En cuanto a la características de la nuez el riego incrementó el tamaño de la nuez, así como también el porciento de almendra.

En un trabajo realizado por Hernández (1985), se estudiaron cinco tratamientos, que consistieron en aplicar el riego cuando la tensión de humedad en el suelo era de -3, -6, -9 y -12 atmósferas y un testigo. El análisis de resultados indicó que los tratamientos de -6 y -9 atmósferas fueron los de mayor eficiencia de producción neta con 0.20 y 0.23 kilogramos de nuez por árbol por metro cúbico de agua aplicada. En relación a los kilogramos de nuez por árbol, número de nueces por kilogramo, peso de 25 nueces y porcentaje de almendra no se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos estudiados. Así mismo, las relaciones entre las tensiones de humedad estudiadas y los componentes de rendimiento aparentemente manifiestan una relación lineal en el rango -3, -6, -9 y -12 atmósferas de tensión.

López (1996) trabajando con un árbol de 14 años encontró que el máximo consumo de agua para el nogal bajo el tratamiento de inicio de riego antes de la brotación fue de 123.8 cm. además encontró que el rendimiento más alto y la mejor calidad de nuez se obtuvo con el tratamiento de riego antes de la brotación y encontró que el consumo de

agua por el nogal es homogéneo dentro del área equivalente del árbol. Además menciona que el mayor consumo de agua se presenta en el estrato 00-30. Por otro lado menciona que el fruto requiere de 121 días para completar su máximo desarrollo, considerándose desde el inicio de la floración femenina a su máximo valor longitudinal y ancho.

2.6. La Relación entre Carbohidratos y Productividad en un Nogal

Storey (1990), citado por Wood (1993) en un estudio realizado con patrones de asimilación y traslocación de carbohidratos en árboles maduros del cultivar Stuart observó que después de la maduración los fotosintatos son asimilados por las hojas y brotes en expansión, aunque estos órganos por el momento no los exportan. Cuando la hoja ha madurado, empieza a traslocar carbohidratos en dos direcciones: acropétalmente a las hojas más jóvenes y a las flores pistiladas en desarrollo y basipétalamente a los brotes de un año de edad, a los amentos y posiblemente a otras partes del árbol. Cuando todas las hojas del brote han comenzado a exportar fotosintatos, la traslocación ocurre basipétalamente de las hojas más bajas y bidireccionalmente de las hojas superiores; estos patrones de traslocación persisten hasta el tiempo de endurecimiento de la cáscara de la nuez. Típicamente, el movimiento de traslocación de entre una hoja fuente y un órgano o tejido demandador que están en línea y se caracteriza porque los carbohidratos se trasladan de manera rápida a las partes de crecimiento.

El tamaño y la calidad de la nuez están influenciados por la relación hoja/fruto. Se consideran necesarias 10 hojas (de 9-10 foliolos) para desarrollar bien una nuez de tamaño medio; más área foliar se requiere para nueces más grandes (Herrera, 1983) citado por Wood (1993). Además la producción irregular (alternancia) es acentuada al disminuir el área foliar y aliviada cuando ésta se incrementa antes del rápido desarrollo del fruto (Davis y Sparks, 1974) citados por Wood (1993). En resumen, una amplia superficie foliar elabora una gran cantidad de carbohidratos y favorece la diferenciación de flores femeninas, al amarre de éstas y al buen llenado de la almendra (Storey, 1990) citado por Wood (1993).

Se considera que hay una fuerte correlación entre la producción irregular del nogal y el contenido de carbohidratos del árbol. Alrededor de 85 porciento del peso seco final de la nuez se acumula durante los últimos tres meses de su período de crecimiento y en la última parte de esta etapa del árbol; esto implica un corto tiempo para la acumulación de carbohidratos que servirán de reserva el siguiente año (Davis y Sparks, 1974) citado por Wood (1993).

Cuando los nogales son manejados para maximizar la eficiencia fotosintética y de asimilación de las hojas (control de pulgones, poda bien hecha, fertilización y riegos adecuados), el grado de alternancia se reduce y las reservas de carbohidratos en el otoño aumentan (Wood, 1989) citado por Wood (1993).

2.7. Relaciones Hídricas de Hojas y Frutos en el Nogal

La poca información que existe sobre relaciones hídricas no solo en el nogal sino en la mayoría de los cultivos, ha sido dirigida principalmente a las hojas y casi nada a los frutos.

Dos estudios describen aspectos de las relaciones hídricas de las hojas en el transporte del agua en el nogal. En uno de ellos Anderson y Brodbeck (1988) observaron una alta capacidad del nogal para crecimientos rápidos a corto plazo en respuesta a condiciones de humedad del suelo favorables; en otro de ellos Rieger y Daniell (1988) después de irrigar plántulas de nogal bajo estrés hídrico, se atribuyó la recuperación rápida del potencial hídrico de la hoja a un gradiente de potenciales hídricos muy alto entre la hoja y el fruto.

López (1996) encontró que el potencial hídrico del fruto responde más a las variaciones de humedad del suelo que el de las hojas, ya que inmediatamente después de la aplicación de un riego el potencial del fruto se hacia menos negativo, mientras que el potencial hídrico en la hoja se mantenía sin variación. Confirma, que el consumo de agua es mayor en la etapa de llenado del fruto y que es posible usar las relaciones hídricas del fruto como una metodología para la programación del riego en el nogal.

Por último plantea la necesidad de determinar en estudios posteriores los potenciales hídricos del fruto por componente (ruezno, cáscara y almendra), así como también determinar el límite del potencial hídrico a partir del cual se ve afectado al llenado de la nuez y el nivel crítico del potencial hídrico a partir del cual se empieza una destrucción del tejido vascular del ruezno.

López (1996) también cita a algunos autores (Wolswinck, 1992; Finde lay, *et al.*, 1987; Lang y During, 1991; Oparka y Gates, 1981; Peoples *et al.*, 1985; Pate *et al.*, 1985 y Zhang, 1993) los cuales han encontrado evidencias que indican que los frutos y semillas reciclan más del 70 porciento del agua que ellos reciben, devolviéndola a la planta madre y señala que durante el endurecimiento de la cáscara y llenado de la almendra, parece improbable que los sean dependientes del xilema para su suministro de agua. Debido a que el llenado de la nuez es una fuerte demanda de azúcares transportados a través del floema, el transporte de agua a través de este, juega un papel importante en el suministro de agua a los frutos.

En la literatura revisada existe algunas tendencias que es necesario comentar:

1. Se encontró que los tratamientos de agua en el nogal varían desde 30 cm hasta 183 cm. Estas variaciones se deben principalmente a que se trata de árboles de diferente edad y condiciones climáticas diferentes. En la mayoría de estos estudios el consumo de agua no fue medido y el valor reportado corresponde a la cantidad de agua que se aplicó.

Por otro lado en los pocos trabajos en que se trató de medir el agua, se consideraron pocos puntos de muestreo dentro del área que ocupa el árbol.

2. Se observa poca continuidad en los trabajos realizados, ya que los resultados reportados son de uno a tres años y en la mayoría de ellos no se reportan diferencias entre tratamientos, tanto en parámetros de producción como de calidad del fruto.

3. Tampoco se menciona la dinámica del contenido de humedad en el suelo derivado de la extracción de agua y su distribución en el área por parte del árbol, en sus diferentes tamaños.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización Geográfica de la Comarca Lagunera

Esta región se encuentra comprendida entre los meridianos 102° y los 104°40' de longitud oeste y los paralelos 24°30' y los 27° de latitud norte. Tiene una altura de 1120 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra limitada al oeste y sur por la Sierra Madre oriental y hacia el este y norte por los bolsones de Mapimí y sierras aisladas; comprende 15 municipios, los cuales son: por el Estado de Coahuila; Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca. y por el Estado de Durango; Gómez Palacio, Lerdo Tlahualilo, Mapimí, Nazas, San Pedro del Gallo, San Luis del Cordero, Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe.

3.1.1. Características Climáticas

De acuerdo a la clasificación de C. W. Thorntwhithe y citado por Santos en 1973, el clima de la Comarca Lagunera es: árido, con lluvias deficientes en todas las estaciones del año, con una concentración de temperatura durante el verano de 30 grados centígrados.

De la temperatura se diferencian dos épocas, la primera comprende desde abril hasta octubre en la actual la temperatura media mensual excede los 20 grados centígrados y la segunda comprende los meses de noviembre a marzo en los cuales la temperatura media mensual oscila entre 13.6 grados y 19.4 grados centígrados, los meses más calurosos son de mayo a agosto y los más fríos diciembre y enero.

De acuerdo a las lluvias registradas durante 46 años (de 1941 a 1986) en la estación climatológica de Cd Lerdo Dgo., perteneciente a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos se ha observado que en la Comarca Lagunera el período de máxima precipitación está comprendido en los meses de julio (20.1 mm), agosto (23.8 mm) y septiembre (24.8 mm).

La precipitación total durante los años involucrados ha sido muy variable con un promedio anual de 249.4 mm y una fluctuación desde 77.8 mm en el año más seco (1954) hasta 434.9 mm en el año más húmedo (1958).

La humedad relativa varía según las estaciones del año, ésta humedad es el promedio de las observaciones efectuadas durante el día:

Primavera	31.3 porciento
Verano	46.2 porciento
Otoño	52.9 porciento
Invierno	44.3 porciento

3.1.2. Fuentes de abastecimiento de agua

La fuente de abastecimiento del agua rodada proviene de las presas Lázaro Cárdenas y de la derivadora Francisco Zarco, que para el ciclo primavera-verano 1997-97 contribuyeron con 1350 millones de metros cúbicos y la fuente subterránea aporto 1252 millones de metros cúbicos para el mismo año.

3.1.3. El Suelo

En la Región Lagunera los suelos están comprendidos dentro del grupo Sierozén. Este grupo se caracteriza por tener suelos de color café grisáceo con bajo contenido de materia orgánica y horizontes de acumulación de cal y yeso cerca de la superficie y con tendencias a la acumulación de sodio.

Se reconocen en la región once series de suelo, que derivan su nombre de la localidad donde por primera vez se encontraron, dichas series de mayor importancia son: Coyote, San Ignacio, San Pedro, Concordia y Santiago. La serie Coyote es la de mayor importancia en la región, tanto por la superficie que cubre (98,218 ha), como por sus características fisico-químicas. Las condiciones físicas que caracterizan a esta serie son: suelos profundos, permeables, con buen drenaje natural, alta capacidad de retención de humedad y pocos agrietamientos; presentan una fertilidad media, pobres en materia orgánica y nitrógeno.

3.1.4. Localización del Área de Estudio

El presente estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano-otoño en 1997 en terrenos del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera, localizado en el municipio de Matamoros, Coahuila, México.

3.2. Materiales

3.2.1. Parámetros de Humedad del Suelo

Los parámetros de suelo como textura, capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento permanente (PMP), densidad aparente (Da), y lámina disponible son los encontrados por López (1996) para este mismo lote. Cuadro 1.

Cuadro 1. Textura y parámetros de humedad del sitio experimental. López (1996).

Estrato	Clasificación textura	Capacidad de campo %	Punto de march. %	Densidad aparente gr/cm ³	Lámina de agua disponible cm
00-30	Mig. Arcilloso Arenoso	24.14	11.03	1.3	5.12
30-60	Arcilloso Arenoso	23.05	11.92	1.4	4.67
60-90	Mig. Arenoso	19.69	9.85	1.5	4.42
90-120	Mig. Arenoso	19.69	9.85	1.5	4.42

3.2.2. Cultivar

El cultivar para la realización del presente estudio fue el Western. El espaciamiento entre hileras fue de 12 m y 12 m entre plantas lo cuál representaba un área equivalente de 144 m². Los tratamientos estudiados fueron tres huertas de árboles con edades de 16, 8, y 6 años de edad. Estos árboles fueron seleccionados por estar bien manejados, sanos y con tamaño uniforme en su porte de copa. De los árboles que cumplieron con las anteriores características; se consideró como una unidad experimental los cuales se les denominó árbol uno, árbol dos y árbol tres respectivamente, posteriormente se instaló en el área equivalente de estos árboles 48, 24, y 8 tubos de aluminio equidistantes a una distancia de 1.0 metro de separación entre ellos. La longitud de los tubos fue de 1.5 m de largo y 6 cm de diámetro interior. Los parámetros de calibración de la sonda de neutrones para los estratos de suelo 00-30, 30-60, 60-90 90-120 obtenidos por Avalos en 1994 fueron usados en el presente estudio para la determinación de la humedad del suelo. Es importante señalar que la superficie del suelo del árbol uno se cubrió con plástico negro con el propósito de evitar la evaporación directa del suelo y así poder cuantificar únicamente el agua usada a través de la transpiración del árbol.

3.2.3. Descripción del Agua de Riego

Los datos obtenidos del análisis de agua de riego en el estudio, son presentados en el Cuadro 2, y de acuerdo a la información proporcionada por el laboratorio de salinidad de los Estados Unidos de América (1962), se clasifica como C2 S1, es decir, agua de salinidad media y baja de sodio, la cual puede usarse sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad. (Avalos, 1994).

Cuadro 2. Características químicas del agua de riego usada en el experimento del nogal Cv. Western 1997. (Avalos, 1994).

Análisis	Método	Cantidad	
pH	Potenciómetro	8.07	
Bicarbonatos	Tit. H ₂ SO ₄	2.62	meq/lt
Carbonatos	Tit. H ₂ SO ₄	0.0	meq/lt
Cloruros	Tit. AgNO ₃	0.25	meq/lt
Sulfatos	Colorimetría	0.0	meq/lt
Calcio	Abs. Atómica	0.92	meq/lt
Magnesio	Abs. Atómica	0.005	meq/lt
Sodio	Abs. Atómica	0.74	meq/lt
Potasio	Abs. Atómica	1.2	meq/lt
RAS	RAS= $\frac{\text{Na}}{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}$	1.09	meq/lt
C. Eléctrica	Puente Conduc.	288.0	mmhos

3.2.4. Profundidad e Intervalo de Muestreo del Contenido de Humedad.

Para conocer el abatimiento de humedad del suelo de los árboles estudiados cada semana durante todo el ciclo, se realizaron muestreos de humedad con la sonda de neutrones a las profundidades de 00-30, 30-60, 60-90 y 90-120 cm. El primer muestreo

de humedad en el suelo del árbol uno, se realizó el 28 de marzo y el último el 13 de octubre de 1997. Las fechas de medición en días julianos fueron los siguientes: 88, 92, 106, 113, 128, 136, 143, 149, 156, 158, 162, 169, 176, 183, 190, 192, 193, 205, 211, 219, 224, 225, 229, 233, 238, 239, 245, 251, 253, 266, 267, 273, 277, 287. Para los árboles dos y tres se realizó la medición un día después al árbol uno. En las figuras 1, 2, y 3 se muestran las posiciones de muestreo en el suelo por tamaño de árbol, considerando el punto de la posición como el centro del área de alcance del aspersor que es de 0.5 m de diámetro. El consumo de agua abajo de 120 cm no se midió debido a que se ha encontrado que el sistema radical del nogal rara vez excede esta profundidad (Miyamoto, 1983; Godoy, 1994).

En las figuras uno, dos y tres se muestra que la orientación para el árbol uno fue de la posición 48 al 42 de poniente a oriente, en el norte las posiciones del 7 al 1, están en el sur, y al centro el árbol; mientras que en el árbol dos la posición 24 al 20 de poniente a oriente en el norte para el 5 al 1 en el sur y el árbol en el centro de ellos; para el árbol tres del 8 al 6 de poniente a oriente, en el norte, del 3 al 1 en el sur y el árbol en el centro.

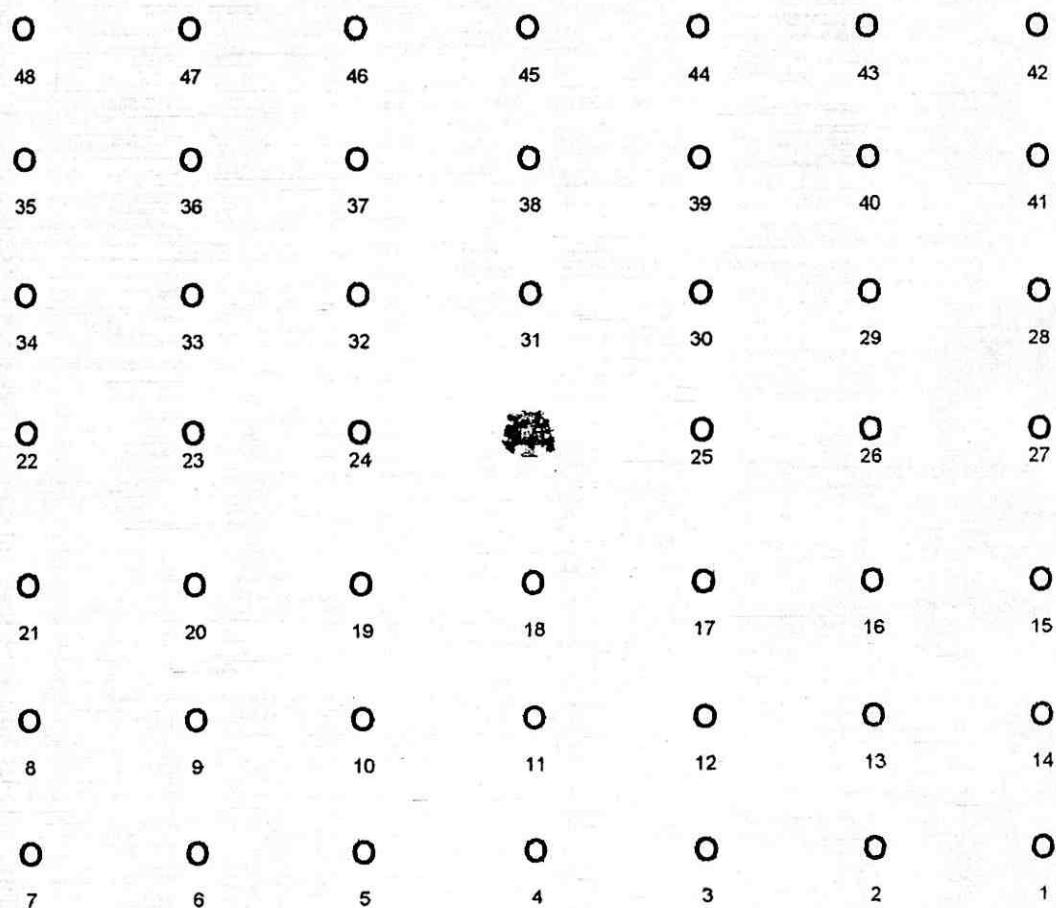


Figura 1. Distribución de las posiciones de muestreo de humedad en el campo en el árbol uno.

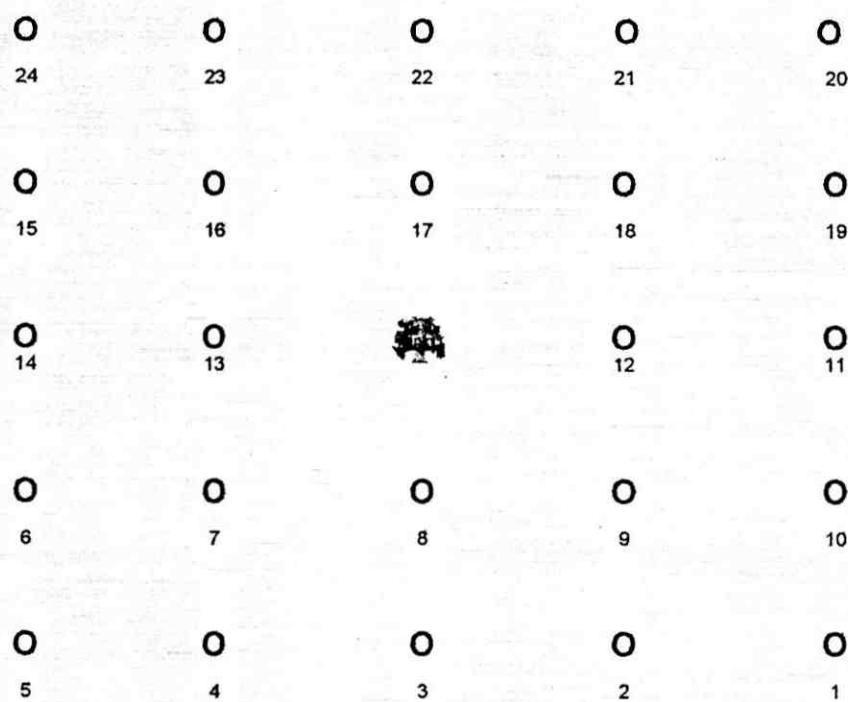


Figura 2. Distribución de las posiciones de muestreo de humedad en el campo en el árbol dos.

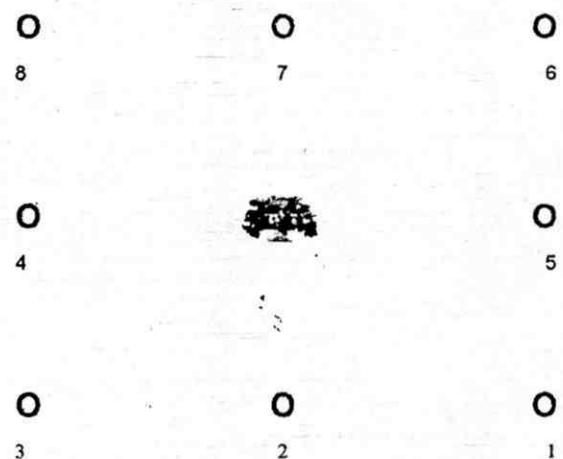


Figura 3. Distribución de las posiciones de muestreo de humedad en el campo en el árbol tres.

3.2.6. Calibración de la Sonda del Dispersor de Neutrones

Se usó el método la sonda de neutrones para medir el contenido de humedad en el suelo (Hulsman, 1985). La estimación de contenido de humedad en porciento se realizó usando las ecuaciones de regresión lineal obtenida por López (1996) para las profundidades 00-30, 30-60, 60-90 y 90-120 cm este mismo autor menciona que para la calibración de la sonda de neutrones se tomaron lecturas de 24 posiciones (tubos de aluminio) a cuatro profundidades, posteriormente se tomaron muestras de suelo a la mismas profundidades y se les determinó la humedad en base a peso seco por el método gravimétrico y mediante análisis de regresión se encontró los parámetros del modelo de ajuste los cuales son mostrados en el cuadro 3.

Cuadro 3. Modelos de regresión lineal para la determinación del contenido de humedad del suelo para cada profundidad (López, 1996).

Profundidad (cm)	Modelo de regresión	R^2
00-30	$Y = -0.5551 + 7.655257X$	0.946161
30-60	$Y = 1.923536 + 6.7705339X$	0.936573
60-90	$Y = 10.5176386 + 11.73637441X$	0.722175
90-120	$Y = 10.5176386 + 11.73637441X$	0.722175

Donde "X" es le radio de conteo y "Y" es el porciento de humedad base peso seco.

3.3. Métodos

3.3.1. Lámina Consumida

La evapotranspiración real (Etr) considerada como la suma de la extracción del agua en el suelo entre intervalos de lectura se calculo por árbol, posición, y estrato de profundidad, aplicandose la siguiente formula:

$$Lc = \frac{(A_1 - A_2) \cdot (D_a) \cdot (P_r)}{(100) \cdot D_w}$$

Donde: Lc es la cantidad de agua consumida (cm) por el árbol, A₁ es el porciento de humedad anterior, A₂ es el porciento de humedad actual, D_a es la densidad aparente del estrato del suelo (gr/cm³), P_r es el diferencial del estrato que en este caso es 30 cm D_w es la densidad del agua (1 gr/cm³).

3.3.2. Aplicación de Riegos

La huerta se irrigó usando el método superficial con agua proveniente del subsuelo. Los riegos fueron aplicados cuando el almacenamiento del agua del suelo a una profundidad de 00-120 cm de la brotación al inicio al llenado de la almendra alcanzó el 50 porciento de la humedad disponible y desde el llenado de la almendra a la apertura del ruezno los riegos se aplicaron cuando se alcanzó el 70 porciento de la humedad disponible en este mismo estrato de suelo (Miyamoto, 1983).

3.3.3 Secuencia de Análisis

Debido a la gran cantidad de datos obtenidos en este estudio los cálculos se realizaron mediante el uso de una hoja de cálculo en “excel,” generándose un archivo al que le denominó Humedad.

En este archivo las fechas de muestreo fueron colocadas en forma horizontal y en forma vertical las lecturas obtenidas con la sonda de neutrones por árbol, por posición y profundidad. En la hoja de cálculo se realizó la estimación del radio de conteo el cual se obtuvo al dividir la lectura tomada en cada estrato en un tiempo de 30 segundos entre la lectura estandar la cual se obtiene antes de bajar la sonda a cualquier profundidad; luego esta relación se multiplica por dos para relacionarla a un minuto. A esta relación (radio de conteo) se le denominó datos ajustados de campo y su forma en la hoja de cálculo fue la misma que la de datos de campo horizontal y verticalmente.

Posteriormente se elaboró otra hoja para estimar el porciento de humedad por árbol, posición, estrato de profundidad y fecha y que consistió en usar los parámetros de las ecuaciones lineales de calibración de la sonda de neutrones que se muestran en el cuadro 3. Con la información anterior se generaron gráficos para poder estimar los puntos de muestreo antes y al momento del riego; esta estimación se realizó por árbol, posición e intervalo de riego.

Posteriormente se elaboró otra hoja para calcular la lámina consumida entre cada intervalo de muestreo y consistió en usar los datos obtenidos con las ecuaciones de regresión y complementados con valores de densidad aparente y profundidad radical para luego aplicar la formula de lámina consumida ya mencionada anteriormente. Este proceso se realizó por árbol, posición, estrato de profundidad y fecha. El agua consumida en los cuatro estratos de suelo se sumaron para obtener el total por posición (tubo), y posteriormente se sumaron los totales de las posiciones para así obtener el consumo total por árbol. Luego se calculó el consumo o patrón (medio) de extracción de agua por estrato de suelo y posteriormente se estimó el consumo de agua expresado en cm dia^{-1} en cada una de las etapas fenológicas. Los datos anteriores fueron ajustados al modelo de ajuste que tuvieron la más alta correlación. El proceso anterior se realizó para el árbol uno, árbol dos y árbol tres.

Para poder establecer las zonas tanto de igual y mayor consumo de agua en cada tamaño de árbol, se trabajo con los consumos totales de las posiciones, para lo cual se auxilió del software surfer versión 4.0 que se utiliza en proyectos de nivelación de tierras; sin embargo por las características del trabajo de investigación ésta herramienta nos permitió ver de manera gráfica las curvas a nivel de abatimiento de agua.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Clima

La figura 4 muestra que en el desarrollo del presente estudio, se presentaron 36 lluvias en todo el ciclo que equivalen a una precipitación total de 229.4 mm. y una evaporación acumulada de 1,996 mm. En el cuadro 4, se presentan los valores en forma mensual de estos dos parámetros.

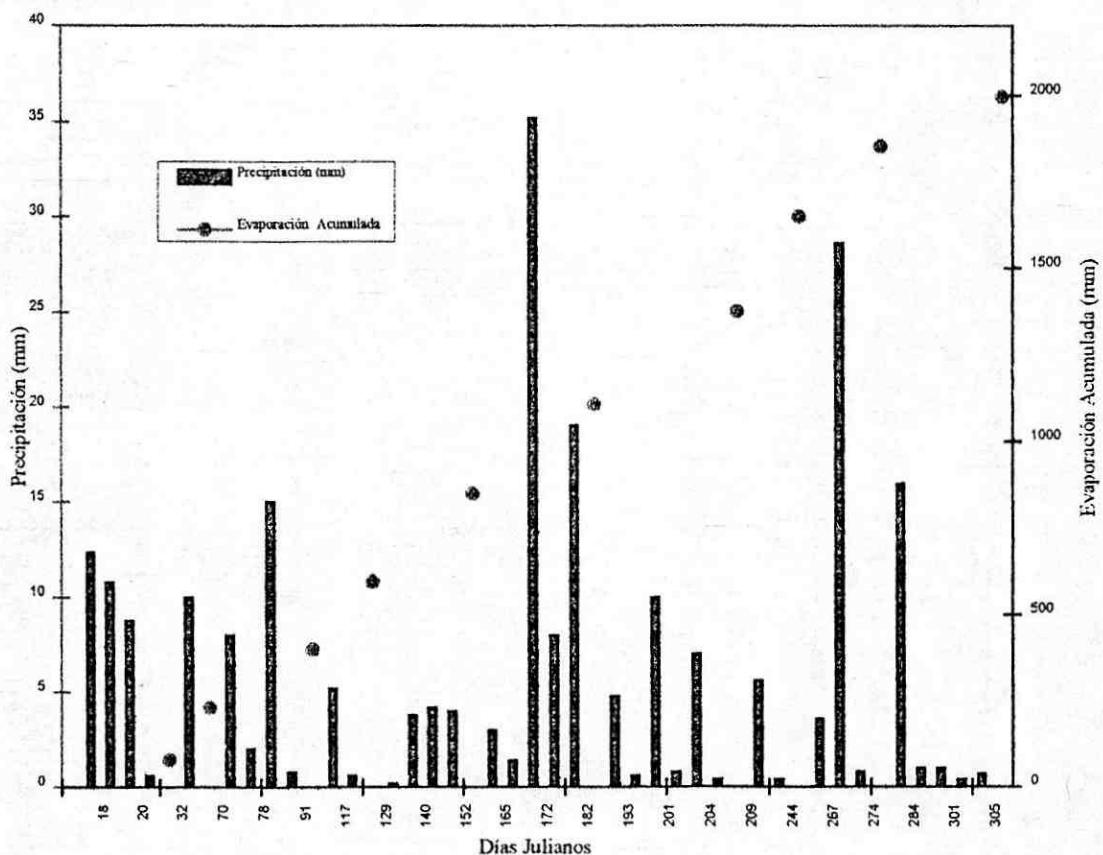


Figura 4. Precipitación y evaporación acumulada durante el período de muestreo de humedad en el nogal.

Cuadro 4. Precipitación y evaporación mensual durante el ciclo en el de nogal Cv. Western. Fuente Estación Climatológica del CIFAP Comarca Lagunera.

Mes	Pp (mm)	Evaporación (mm)	Ev. acum. (mm)
Enero	32.00	83.76	83.76
Febrero	10.00	156.77	240.53
Marzo	25.80	158.51	399.04
Abril	5.80	197.70	596.74
Mayo	12.20	253.30	850.04
Junio	67.00	257.93	1107.97
Julio	24.14	267.93	1375.90
Agosto	0.40	272.80	1648.70
Sep.	33.00	205.39	1854.09
Oct.	19.10	141.96	1996.05
suma		1996.05	

Durante el desarrollo del experimento se aplicaron siete riegos los cuales fueron programados de acuerdo con los criterios establecidos previamente a la realización del experimento. En cuadro 5, se presenta el número de riegos aplicados a cada árbol y los días julianos a los que corresponden estas fechas.

Cuadro 5. Fechas de aplicación de los riegos en el nogal por tamaño de árbol.

Tamaño de árbol	Fechas de Riego (días julianos)	Total de Riegos
Árbol uno	88, 157, 193, 225, 239, 253, 267	7
Árbol dos	88, 157, 193, 225, 239, 253, 267	7
Árbol tres	88, 157, 193, 225, 239, 253, 267	7

4.2. Consumo Total de Agua en los tres Tamaños de Árbol

En el cuadro 6 se muestra el consumo total de agua obtenido de la suma del consumo en cada tubo y el consumo promedio que resultó de dividir el consumo total entre el número de tubos.

Se encontró que en el árbol uno el consumo de agua durante todo el ciclo fue de 95.39 cm mientras que en el árbol dos y tres fue de 63.84 y 51.44 cm respectivamente. Los resultados anteriores muestran que en el árbol uno el consumo total de agua fue en un 23 y 46 más alto que en los árboles dos y tres respectivamente. Estos datos confirman que el consumo de agua depende fuertemente del tamaño de árbol.

En este mismo cuadro se muestra que los estratos de mayor consumo fueron diferentes de acuerdo al tamaño del árbol. En el árbol de mayor tamaño (árbol uno) los estratos de mayor consumo fueron el 30-60, 60-90 y 90-120 cm, en los cuales el consumo de agua representó el 81 porciento del consumo total. Para el árbol dos y tres el estrato de mayor consumo fue 30-90 cm aportando el 59 porciento del consumo total. En estos dos últimos árboles el consumo de agua en los estratos 0-30 y 90-120 cm fue muy similar.

Cuadro 6. Uso estacional de agua por tamaño de árbol y estrato de suelo.

	Árbol uno		Árbol dos		Árbol tres	
	48	Posiciones	24	Posiciones	8	Posiciones
Estrato	Total ciclo	Media	Total ciclo	Media	Total ciclo	Media
00-30	862.24	17.96	308.66	12.86	101.75	12.71
30-60	1029.62	21.45	414.70	17.27	131.47	16.43
60-90	1564.45	32.59	487.52	20.31	114.05	14.25
90-120	1122.41	23.38	321.20	13.38	64.26	8.03
Total	4578.74	95.39	1532.09	63.83	411.54	51.44

4.2.1. Zonas de Mayor Consumo

En las Figuras 5, 6, y 7 se muestra el consumo de agua estacional para cada una de las posiciones dentro del área equivalente para los tres árboles estudiados. De la posición que ocupa el árbol se estimó un valor de las posiciones mas cercanas a el, lo anterior para satisfacer el requisito que marca el programa de software que determina las líneas de igual consumo.

Se encontró que en el árbol uno el consumo de agua varió de 75.7 a 119.0 cm; en el árbol dos 47.7 a 86.7 mientras que el árbol tres la variación fue menor con valores de 47.9 a 55.9 cm.

○ 89.3587	○ 90.6198	○ 89.3943	○ 85.6258	○ 87.6366	○ 92.5564	○ 93.716
○ 75.7474	○ 79.4474	○ 92.6662	○ 95.9669	○ 90.2368	○ 94.6159	○ 88.412
○ 96.5109	○ 90.0295	○ 119.901	○ 119.008	○ 99.311	○ 114.42	○ 94.1521
○ 84.5242	○ 91.9264	○ 110.954	○ 115.1748	○ 112.681	○ 118.925	○ 110.001
○ 107.485	○ 97.0452	○ 100.639	○ 118.057	○ 109.255	○ 116.059	○ 111.443
○ 85.4579	○ 79.6617	○ 94.0321	○ 77.9017	○ 90.17656	○ 99.6397	○ 95.1033
○ 86.3605	○ 81.1033	○ 85.6882	○ 86.2902	○ 88.9683	○ 86.8381	○ 93.1624

Figura 5. Valores de consumo de agua estacional por posición en el árbol uno.

○ 77.1838	○ 54.1639	○ 68.0217	○ 72.6088	○ 63.7063
○ 48.8344	○ 47.702	○ 59.2823	○ 69.209	○ 60.1036
○ 50.1236	○ 70.8776	○ 71.87367	○ 70.6499	○ 65.7795
○ 50.8037	○ 59.9411	○ 86.6849	○ 64.6935	○ 65.1238
○ 54.847	○ 67.7203	○ 70.8002	○ 65.3833	○ 67.8512

Figura 6. Valores de consumo de agua estacional por posición en el árbol dos.

○ 55.8557	○ 54.2013	○ 49.8986
○ 51.594	○ 51.23722	○ 47.9432
○ 51.2016	○ 50.9104	○ 49.6417

Figura 7. Valores de consumo de agua estacional (cm) por posición en el árbol tres.

Con los datos anteriores se determinarán zonas de mayor consumo a los cuales se les denominó periféricos. En el cuadro 7, se presentan por tamaño de árbol las posiciones que componen los periféricos y el valor promedio de consumo de tales posiciones. En este mismo cuadro también se indica el rango de la distancia mínima y máxima la cual esta representada por la posición mas cercana y mas lejana respectivamente del centro del árbol.

Cuadro 7. Zonas de uso de agua en periféricos por tamaño de árbol de nogal pecanero en 1997.

Tamaño de Árbol	Periférico	Posiciones dentro del Area de goteo	Consumo Medio (cm)	Distancia (m)
Árbol 1	1	17,18,19,24,25,30,31,32,	119.97	1-1.41
	2	9,10,11,12,13,16,26,29,40, 39,38,37,36,33,23,20,	95.17	2-2.82
	3	1,2,3,4,5,6,7,8,21,22,34,35,48,47, 46,45,44,43,42,41,28,27,15,14,	91.09	3-4.24
Árbol 2	1	9,8,7,13,16,17,18,12,	66.13	1-1.41
	2	1,2,3,4,5,6,14,15,24,23, 22,21,20,19,11,10,	62.69	2-2.82
Árbol 3	1	1,2,3,4,5,6,7,8,	51.41	1-1.41

4.2.1.1. Abatimiento de Humedad en el Suelo

Las curvas de abatimiento de humedad para el árbol uno de las posiciones 32, 37, y 36 se muestran en las Figuras apéndice A.1., A.2. y A.3. las cuales siguen un gradiente de mayor a menor consumo. Estas figuras muestran que para los estratos 00-30, 30-60, 60-90 y 90-120 de la posición 32 se marcan muy separadas sus líneas de consumo a través del ciclo, esto por estar mas cercano al árbol y el máximo punto de contenido de humedad lo alcanza el estrato 60-90 con 50 porciento. Para la posición 37, se observa separadas sus líneas de abatimiento, pero el estrato 90-120 no responde al agua proporcionada por el riego, puesto que no refleja un abatimiento significativo y al contrario, se aprecia que en algún período gana humedad hasta el día juliano 225, el punto máximo de humedad lo alcanza el estrato 60-90 con 54 porciento. Para la posición 36 si lo comparamos con las posiciones anteriores sus líneas tienden a compactarse y los estratos 90-120; no responde a la humedad después de aplicar el riego, el estrato 30-60 tiene una tendencia ligera igual que el estrato 90-120, en el estrato 60-90 se aprecia a través del ciclo que en algunos periodos gana humedad y responde poco al riego.

En las Figuras A.4., A.5. y A.6. se muestran las curvas de abatimiento en el árbol dos para las posiciones 8, 13, y 15 las cuales siguen un gradiente de mayor a menor consumo en el suelo. En las posiciones 8 y 13 los estratos 30-60, 60-90 y 60-120, sus curvas de abatimiento de humedad se encuentran ligeramente separadas entre ellas y responden a la humedad en el período del intervalo de riego, pero para la posición 8 son más inclinadas entre intervalos de riego. En la posición 15 el estrato 60-90 responde

ligeramente al riego y definitivamente el estrato 90-120 no reacciona a la aplicación de riego en todo el período de muestreo.

En las Figuras A.7., A.8. y A.9., se muestran las curvas de abatimiento de humedad del suelo en el árbol tres de las posiciones 8, 2, y 5 las cuales siguen un gradiente de mayor a menor consumo en el suelo. Si comparamos las curvas de abatimiento de las posiciones 8, 2 y 5 en sus estratos 00-30, 30-60, 60-90 y 90-120 se aprecia que en la posición 8 y particularmente los estratos 00-30 y 30-60 están mas separadas que el resto en las otras posiciones, y se observa que responden al riego excepto el estrato 90-120, y ligeramente el estrato 60-90 esta tendencia se presenta también en las posiciones 2, y 5.

En general para el árbol uno y considerando el consumo total por estrato de las mediciones de los 48 posiciones se confirma que el estrato 60-90 tiene un uso mayor de agua, seguido de los estratos 90-120, 30-60 y 00-30. Para el árbol dos, el estrato de mayor a menor es 60-90, 30-60, 90-120 y 00-30. Para el árbol tres el estrato 30-60, 60-90, 00-30 y 90-120.

Con esto se concluye que existe un diferencial de consumo de agua entre estratos de suelo derivado del tamaño de árbol y por su condición radical en el suelo. Para el árbol tres con 6 años de edad, el estrato de mayor consumo es el de 30-60 y el menor es el 90-120, esto resulta obvio ya que considerando el tamaño de árbol la exploración de la raíz aún no alcanza ese nivel.

4.2.2. Líneas de Igual Consumo de agua

En las figuras 8, 9 y 10 se muestran las líneas de igual consumo, que determinan las zonas de mayor y menor uso de agua para los tres árboles estudiados.

La figura 8, que corresponde al árbol uno muestra que el mayor consumo se presenta a una distancia de 1 a 1.41 m del árbol, lo anterior significa que en esa parte se encuentra la mayor actividad radical, y por lo mismo se presentan las líneas de igual consumo en forma circular y al centro el árbol, pero dentro del área de muestreo no cierran, y se recomienda poner las posiciones de muestreos hacia la parte oriente del árbol en próximas investigaciones. El efecto circular de las líneas es atribuible al tamaño del árbol. Se observa que entre la posición 32 al 33 existe un diferencial de 29.8 cm y el resto del las líneas siguen una tendencia parecida alrededor del árbol. Antes y después de ese gradiente, se puede considerar que el abatimiento es igual en cualquier punto pero de mayor y menor consecutivamente.

La figura 9, muestra las líneas de igual consumo del árbol dos. Se observa que el gradiente caracterizado por la densidad de líneas, indica que al lado oriente se encuentra la zona de mayor consumo y que en esa parte el uso de agua es mayor pero igual en cualquier punto, ya que se distinguen pocas líneas y a la vez cierran en esa área, la zona de mayor abatimiento esta en un rango de 1 a 1.41 m de separación del árbol, de la posición 13 al 14 existe un gradiente de 20.7 cm y precisamente entre ellos pasa la

mayor cantidad de líneas que no cierran en el área de muestreo, Las líneas del gradiente corren de norte a sur.

La figura 10, muestra las líneas de igual uso de agua del árbol tres. El sentido de mayor a menor consumo se presenta entre la posición 8 al 5 pero se distinguen únicamente líneas que cierran al rededor de dichas posiciones, y además se distinguen también líneas de igual consumo que no cierran en el área de muestreo y que pasan paralelas de norte a sur. El diferencial de consumo en el punto crítico es de 4.3 cm entre las posiciones 6 y 7 porque entre ellos se concentra la mayor cantidad de líneas y paralelas que no cierran en el área de muestreo., se considera que el abatimiento de humedad es igual en cualquier sentido del área.

Los anteriores resultados indican que existe un efecto de consumo debido al desarrollo radical derivado del tamaño de árbol, por lo que los requerimientos de agua son diferentes para cada uno de ellos.

Se concluye que el mayor consumo se presenta en un rango de 1 a 1.41m de separación del árbol, pero principalmente hacia el oriente y particularmente para los árboles uno y dos.

Además de acuerdo a los resultados anteriores se sugiere que en aquellos estudios en donde se requiera medir la humedad del suelo en el área de influencia del árbol del nogal, colocar un máximo de 8 posiciones por árbol (Avalos, 1994) a una distancia de 1.5 como máxima pero hacia el oriente y al centro el árbol de estudio, ya que el consumo mayor se encuentra en esa parte y no se debe a la evaporación ya que los resultados indican que el estrato de mayor consumo es el 60-90 y menor el 00-30, en los árboles uno y dos. Para el árbol tres, su diámetro de copa es menor comparada con los árboles uno y dos pero también se sugiere colocar las posiciones en el oriente por considerar que la temperatura del suelo es afectada por la energía solar y pudiera estar favoreciendo el crecimiento radical en esa zona, lo anterior permitirá hacer un uso mas eficiente de los recursos disponibles., tiempo de medición, menor exposición a la radiación, y aplicar repeticiones en un diseño experimental. Lo considerado por Avalos en 1994 y López en 1996, en el sentido de que el consumo es al azar e independiente de la distancia horizontal y similar en todas posiciones es aplicable únicamente a árboles pequeños ó de poca copa vegetal ya que el gradiente definido por una gran densidad de líneas de igual consumo es de 4.3 cm y que puede considerarse bajo porque en este estudio el árbol tres de 6 años de edad coinciden en sus resultados pero no así para los otros árboles de 16 y 8 años, que tienen más definido su patrón de uso de agua.

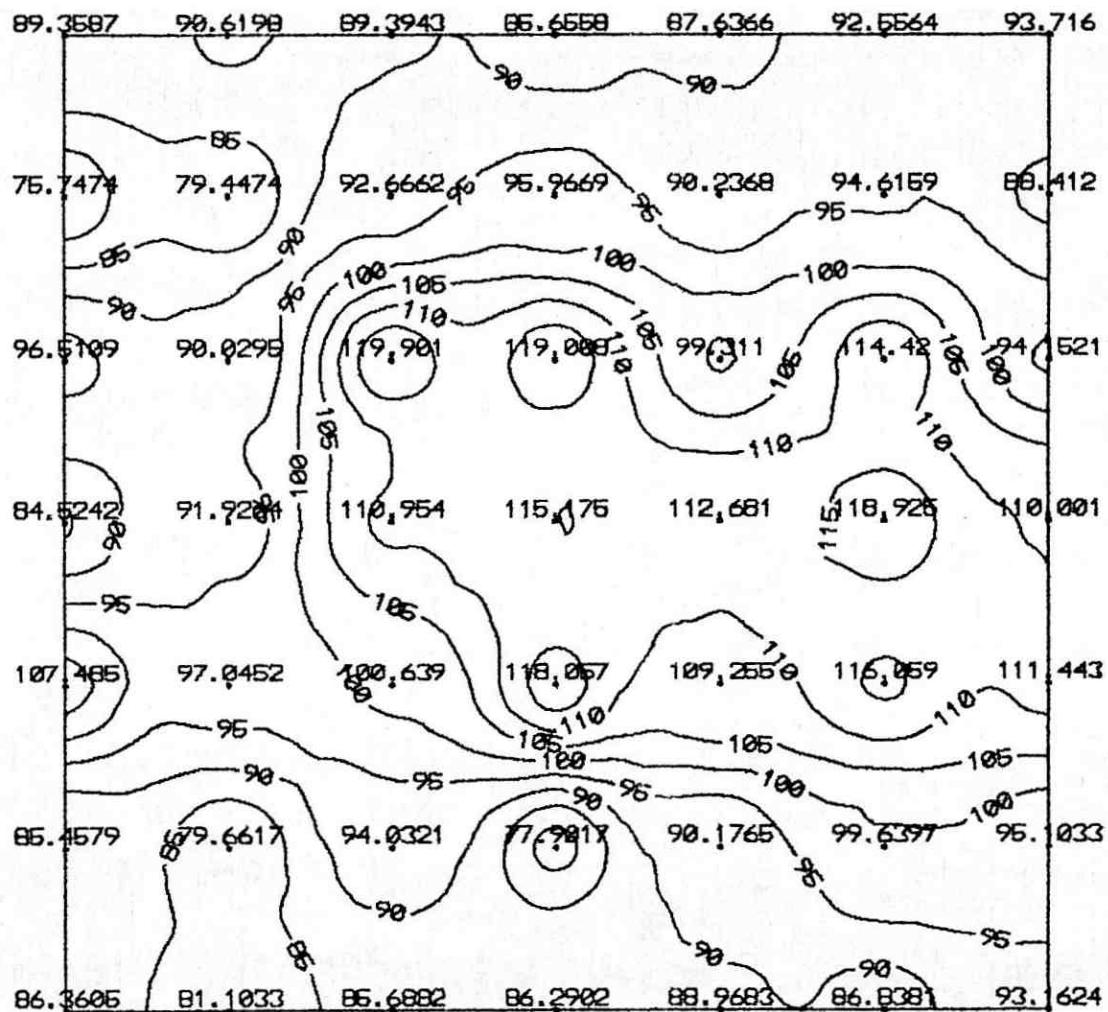


Figura 8. Zonas de mayor y menor uso de agua a intervalos de cinco cm en el árbol uno.

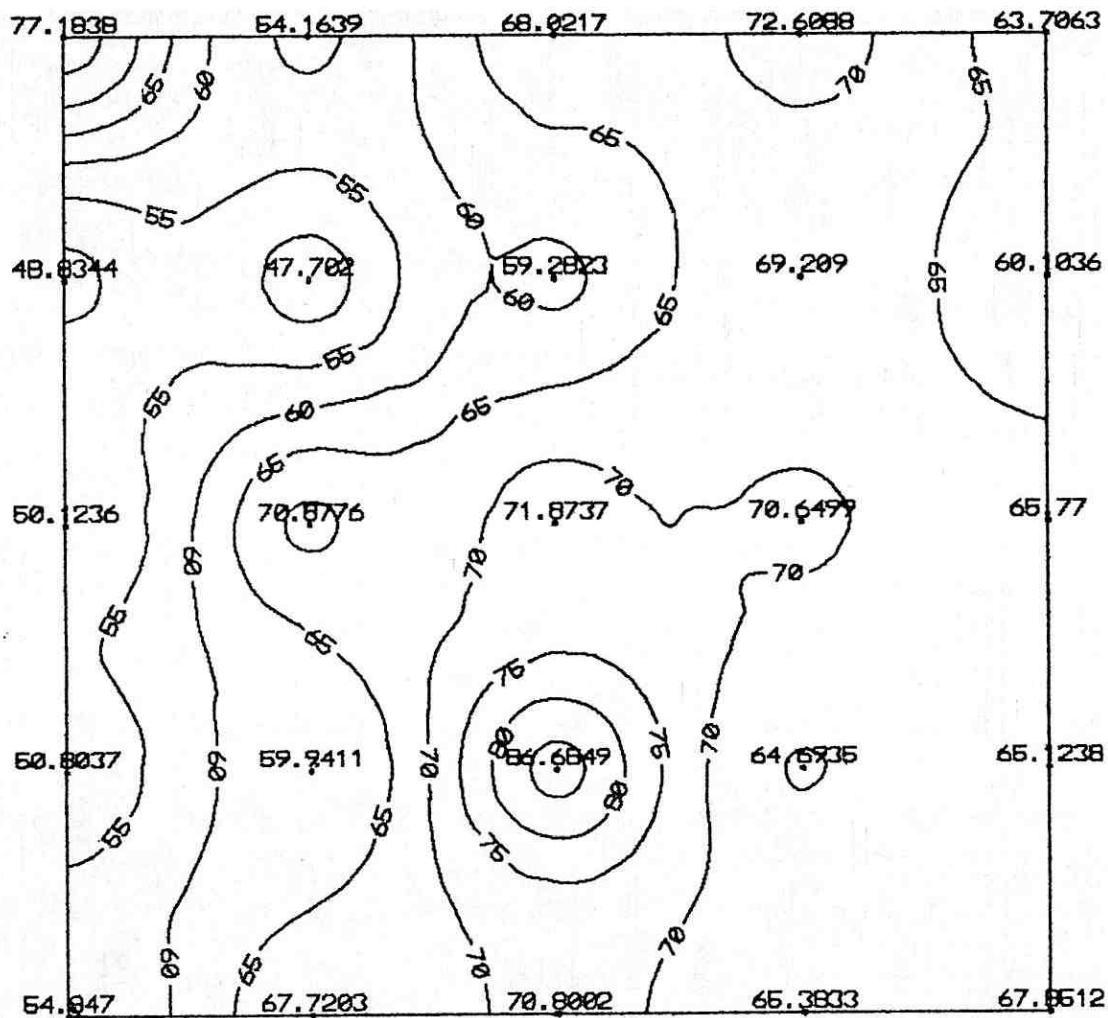


Figura 9. Zonas de mayor y menor uso de agua a intervalos de cinco cm en el árbol dos.

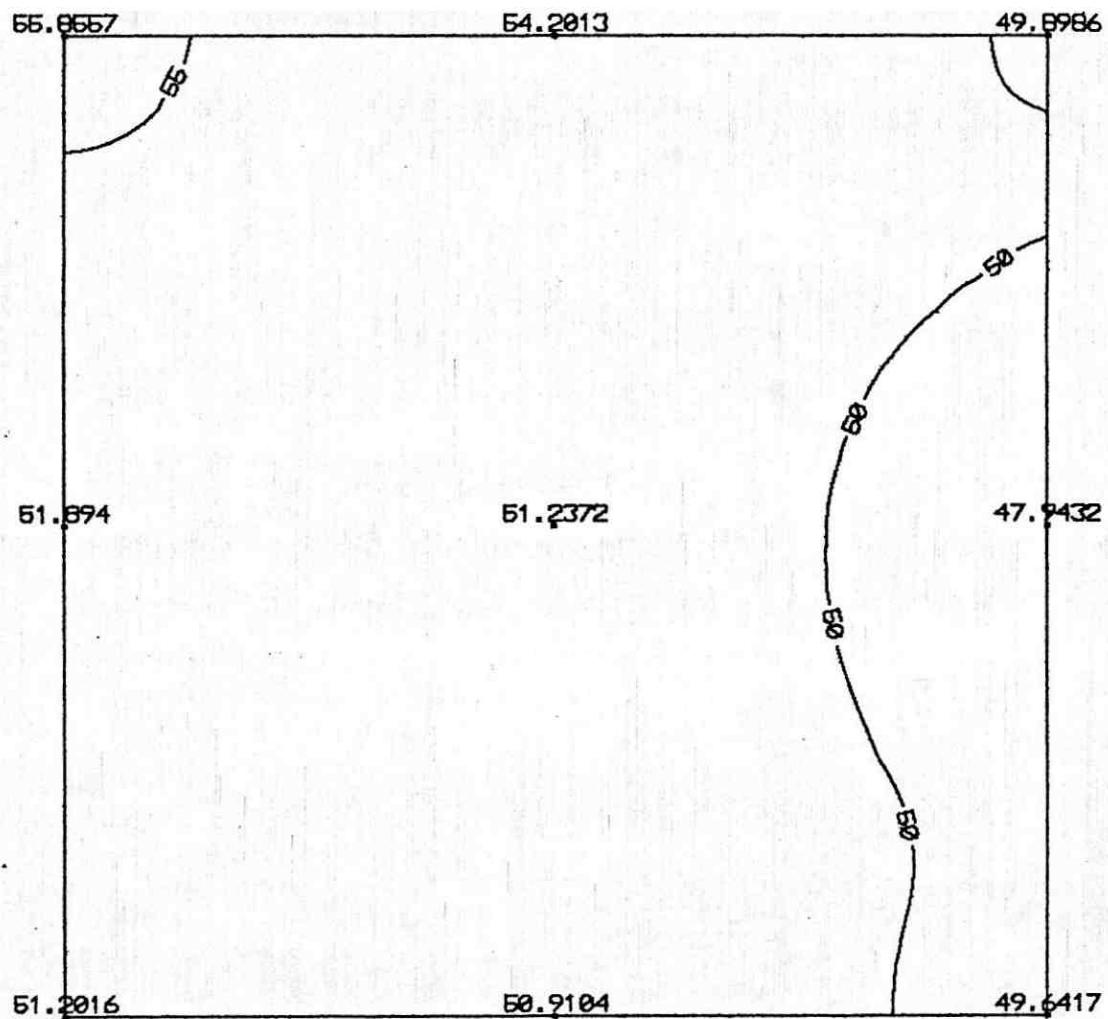


Figura 10. Zonas de mayor y menor uso de agua a intervalos de cinco cm en el árbol tres.

4.3. Uso de Agua por el Árbol

A los datos del uso de agua por tamaño de árbol expresado en cm/día, se les realizó un ajuste mediante un modelo de regresión que simula la extracción de agua por el árbol, el cual al inicio del ciclo es lento, después se incrementa de una manera significativa, alcanza un valor máximo y posteriormente se disminuye dicho consumo. El modelo con mayor ajuste para los datos de este estudio fue un polinomio de tercer grado elevado al cuadrado y que tiene la forma siguiente:

$$y = (a + bx + cx^2 + dx^3)^2$$

Donde: y = Consumo en cm /día
 a = Constante de regresión
 b, c, d , = Coeficientes de regresión
 x = Día juliano

En el cuadro 8 se muestran los valores de las constantes y coeficientes de regresión del modelo usado en los tres árboles. Las curvas ajustadas se muestran en la figura 11. Se observó que para el árbol uno el uso de agua diario durante algunas etapas fenológicas como lo son: Receptividad del estigma, estado acuoso, llenado del fruto y madurez fisiológica fueron de 0.05, 0.40, 0.67 y 0.52 cm/día respectivamente. Para el árbol dos el uso de agua en estas mismas etapas fueron de 0.27, 0.30, 0.50, 0.30 cm/día. Para el árbol tres los valores fueron de 0.23, 0.24, 0.35 y 0.27 cm/día.

Los resultados anteriores confirman lo encontrado por otros autores (Godoy y López, 1997; Avalos, 1994; Miyamoto, 1983) en el sentido de que el desarrollo de la almendra es la fase fenológica de mayor demanda de agua y que los requerimientos de agua también se incrementan de una manera significativa a medida que se incrementa el tamaño del árbol.

Referente al patrón de extracción de agua por parte del nogal se encontró que para los tres tamaños de árboles., alcanzan su punto máximo en tres días de intervalo, del 239 al día juliano 242. Al inicio se presenta para el árbol uno, menos consumo de agua que el resto, debido a que este árbol estaba acolchado lo cual impidió la evaporación. Para el día juliano 146 la curva del árbol uno, cruza la de los árboles dos y tres, lo cual indica que llega el momento en que el consumo es igual con 0.2 cm/día para los tres árboles., ya que la copa de los árboles dos y tres crece y la evaporación disminuye, después se presenta un incremento de las tres funciones, pero la del árbol uno es mayor que la del árbol dos y tres y su punto máximo también es diferente para cada árbol. Lo anterior indica que este efecto es atribuible al patrón de consumo y por consiguiente al tamaño de árbol.

Cuadro 8. Parámetros de regresión para el uso de agua en tres tamaños de árbol.

Tamaño de Árbol	a	b	c	d
Árbol uno	-0.04061639	-0.00125109	5.46E-05	-1.43E-07
Árbol dos	2.2757135	-0.03447314	0.00020591	-3.73E-07
Árbol tres	1.4332757	-0.01866796	0.00011075	-1.98E-07

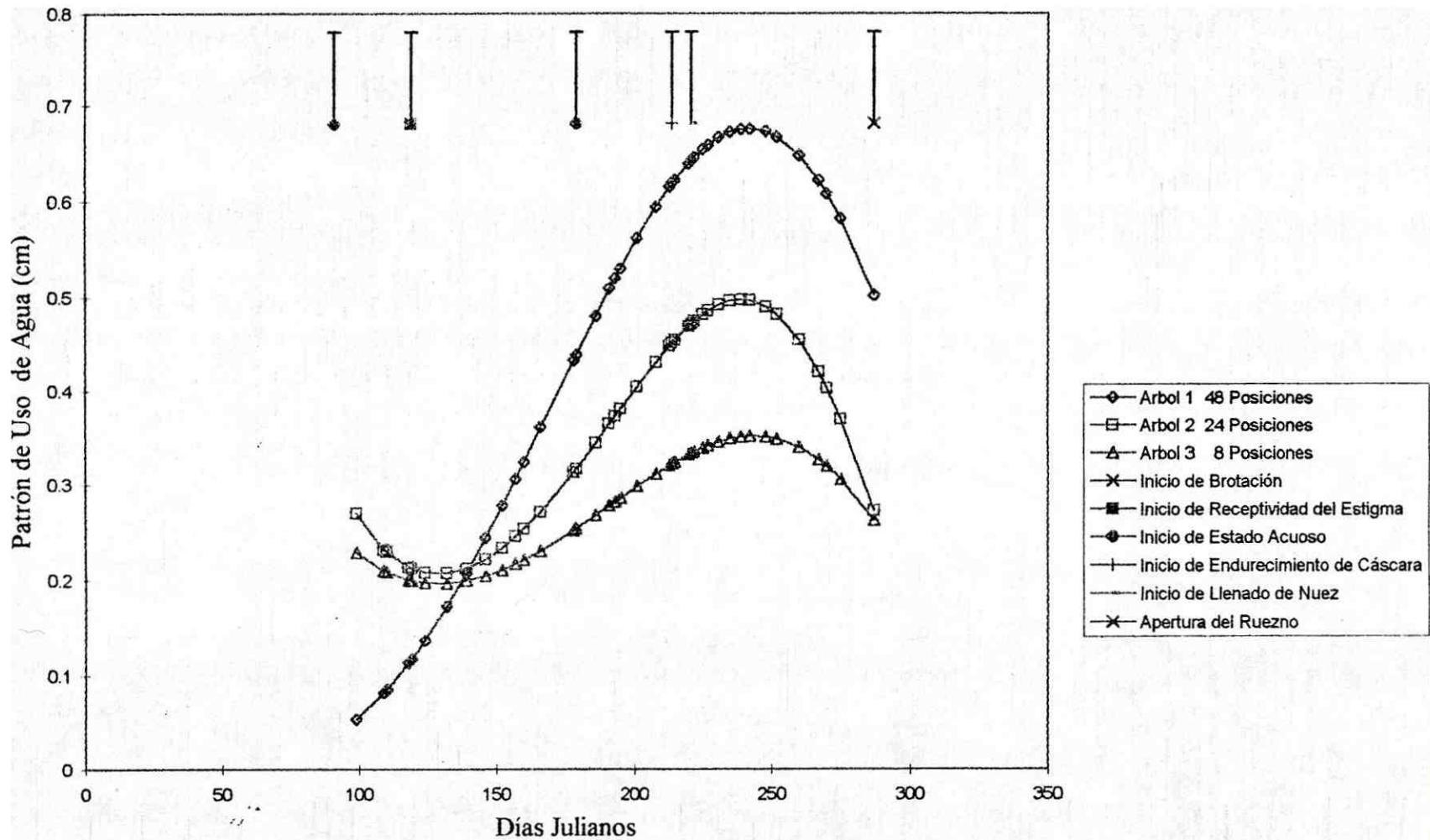


Figura 11. Patrón de uso de agua (cm/día) por tamaño de árbol uno, dos y tres en ciclo del nogal pecanero, en 1997.

4.3.1. Uso de Agua por Etapa Fenológica

En el cuadro 9, se presenta el consumo de agua expresado en cm/día, cm/etapa fenológica y porciento, para los tres árboles a través de las diferentes etapas fenológicas. Se puede observar que al inicio de la brotación los consumos de agua fueron de 0.03, 0.31 y 0.25 cm/día para los árboles uno, dos, y tres respectivamente, al inicio de la floración (receptividad del estigma) fueron de 0.11, 0.21 0.19 cm/día. Para el inicio de estado acuoso de 0.43, 0.31, 0.25. Al inicio del endurecimiento de la cáscara 0.64, 0.45, 0.32. inicio del llenado de la nuez 0.64, 0.47, y 0.33. A la apertura del ruezno 0.52, 0.29 y 0.27.

Independientemente del tamaño del árbol la etapa de mayor consumo fué durante el llenado de la almendra representando el 50 porciento del consumo total. El uso de agua del antes del inicio de la brotación, no se midió porque según Miyamoto, en 1983, Godoy en 1994, Avalos en 1994 y López en 1996 indican que el uso de agua es muy bajo con valores de 0.12 a 0.15 cm/día., pero consideran que el contenido de humedad del suelo deberá de ser alto con el propósito de mantener hidratadas las raíces.

Cuadro 9. Uso de agua en las etapas fenológicas por tamaño de árbol en el nogal en 1997.

	Inicio de brotación	Inicio de receptividad del estigma	Inicio del estado acuoso	Inicio del endurecimiento de cáscara	Inicio del llenado de la nuez	Apertura del ruezno
Fecha	31/03/97	28/04/97	27/06/97	1/08/97	8/08/97	13/10/97
Día juliano	91	119	179	214	221	287
consumo cm/día						
Árbol uno	0.03	0.11	0.43	0.61	0.64	0.52
Árbol dos	0.31	0.21	0.31	0.45	0.47	0.29
Árbol tres	0.25	0.19	0.25	0.32	0.33	0.27
consumo cm/etapa						
Árbol uno	2.29	17.90	20.77	3.55	50.86	
Árbol dos	6.17	11.70	14.08	3.40	28.46	
Árbol tres	5.55	10.67	10.76	1.62	22.82	
consumo %/etapa						
Árbol uno	2.40	18.77	21.77	3.72	53.32	
Árbol dos	9.66	18.33	22.07	5.33	44.58	
Árbol tres	10.79	20.74	20.93	3.15	44.36	

El consumo de agua en cm/día que se indica en la figura 11, muestra que al inicio de la brotación es mínima para los tres árboles sin embargo para el árbol uno es aun más bajo por que en este árbol la superficie del suelo se cubrió con plástico para disminuir la evaporación directa del suelo.

Para el árbol uno el consumo de agua del inicio de la brotación a inicio de la receptividad del estigma fue de 2.4 y 9.66, 10.79 porcientos para los árboles 2 y 3., para el árbol tres el consumo es mayor debido a la evaporación directa del suelo, por tener una menor copa vegetal y por ser de menor tamaño del resto de los otros árboles, Además del agua usada en este período (28 días) el árbol esta usando las reservas de carbohidratos almacenados durante el ciclo anterior y esto posiblemente sea la razón de porque aún cuando el árbol esté brotando y los brotes estén creciendo, el consumo de agua en éste período no sea muy alto todavía (López, 1996).

Desde el inicio de la receptividad del estigma al inicio del estado acuoso que comprendió 60 días, el uso de agua para los árboles uno, dos, y tres, representó el 18.77, 18.33, y 20.74 porcientos del total usado en cada uno.

Del inicio del estado acuoso a inicio de endurecimiento de la cáscara en un lapso de 35 días con 20.77, 14.08 y 10. 76 cm que representa el 21.77, 22.07 y 20.93 porcientos en los árboles uno, dos, y tres respectivamente, en esta etapa se observó, primeramente embriones separados, un tejido blanco dentro de la almendra y fisuras cavernosas hasta tener formas bien definidas como de una ‘H’, posteriormente se presentó el estado gelatinoso. Este período no por tener un menor uso de agua deja de ser más importante porque marca el detonante en el cambio de velocidad en la pendiente del modelo que simula el patrón del uso de agua por parte del tamaño de árbol, y que posteriormente reflejará el acondicionamiento adquirido en esta etapa.

Del inicio del endurecimiento de la cáscara a inicio del llenado de la almendra con duración de 7 días representó el 3.72, 5.33, y 3.15 porciento para los árboles uno, dos y tres. Sin embargo el uso de agua sigue paralelamente al llenado de la almendra. En esta etapa se observó que de 10 almendras tomadas para muestra., la punta es dura y del 5 al 10 porciento es agua.

El mayor uso de agua se presentó desde el inicio del llenado de la nuez a la apertura del ruezno (57 días), para los árboles uno, dos, y tres con 0.64, 0.47 y 0.33 cm/día; siguió el inicio del endurecimiento de la cáscara con 0.61, 0.45, 0.32 cm/día. El uso de agua total de la etapa fue de 50.86, 28.46, 22.82 cm que representa el 53.32, 44.58 y 44.36 porciento del consumo total para los árboles uno, dos, y tres respectivamente. Además de 10 almendra tomadas como muestra, se observó al inicio de esta etapa que el 50 porciento de ellas tenía el ruezno duro y algunas estaban en estado gelatinoso y otras en musilaginoso. Para el día juliano 246 ya se observan algunas almendras llenas. Para el día juliano 261 esporádicamente se observa que de una muestra de cinco almendras dos presentaban la apertura del ruezno. En este estudio se tomó como referencia el último muestreo de humedad ya que coincide con la cosecha del huerto.

Se ha encontrado que durante el llenado de la almendra (Godoy y Lagarda, 1986) los fotosintatos elaborados por las hojas se traslocan en solución con el agua hacia los frutos y otros órganos de almacenamiento, por lo que un estres de agua ó nutrientes

afectará el engrosamiento de los cotiledones en la formación de una almendra bien llena (Herrera, 1990).

Godoy en 1994, indica que después de la aplicación de un riego, el tiempo a partir del cuál el potencial hídrico del fruto empieza a disminuir es de 10 días durante el llenado de la almendra y de 18 días en cualquier otra etapa fenológica del fruto, indicando esto, que durante el llenado del fruto, tal y como fue encontrado en el presente estudio, el consumo de agua es más alto que en cualquier otra etapa, y por lo tanto se requiere que este disponible para evitar castigar al fruto y evitar que se presenten problemas como falta del llenado de la almendra, ruezno pegado y germinación de la nuez. Stein en un estudio realizado en 1989, indica que el nogal requiere de suficiente agua y solo antes de la apertura del ruezno, tal y como se presentó en los árboles en estudio en este trabajo.

Los valores de consumo de agua mostrados en el cuadro 9, son similares a los encontrados por Miyamoto en 1983, Privette en 1979, Avalos en 1994 y López en 1996. Estos mismos autores establecieron una relación directa entre el diámetro del tronco y el número de árboles por hectárea, encontrándose que a medida que estos dos parámetros se incrementan, el uso de agua se incrementa.

VI. CONCLUSIONES

El consumo de agua para los árboles de nogal de 16, 8 y 6 años de edad del inicio de la brotación a la cosecha fue de 95.39, 63.83 y 51.44 cm., y el estrato de mayor consumo fue el 60-90, 60-90 y 30-60 respectivamente.

La zona de mayor consumo para los tres árboles en estudio fue de 1.0 a 1.41 m de diámetro de distancia del árbol.

En el suelo de los árboles uno y dos se determinaron dos zonas de consumo de agua, la menor se encontró en el poniente y la mayor en el oriente., dentro de ellas el abatimiento es significativamente igual en cualquier punto, considerando el diferencial de 29.8 y 20.7 cm que las separa.

En los árboles uno dos y tres el mayor uso de agua se presentó desde el inicio del llenado de la nuez a la apertura del ruezno (57 días), con 0.64, 0.47 y 0.33 cm/día. El uso de agua en la etapa representó el 50.86, 28.46, 22.82 cm que representa el 53.32, 44.58 y 44.36 porciento en los árboles uno, dos, y tres respectivamente.

Se recomienda en próximas investigaciones que requieran la medición del agua en el suelo que incluya el nogal, colocar un máximo de 8 posiciones de medición a una distancia de 1.5 m del centro del árbol, pero hacia la parte oriente.

VII. RESUMEN

Este trabajo se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano-otoño en 1997., en terrenos del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera, en el municipio de Matamoros, Coahuila.

El objetivo principal fue el de obtener un modelo, que relacione el tamaño del árbol de nogal por hectárea con su uso de agua en cm/día y cm/etapa fenológica, durante todo su ciclo y a través de años, y determinar dentro del área equivalente del árbol las zona de mayor, menor e igual consumo de agua para los diferentes tamaños de árbol, con la finalidad de hacer una programación más efectiva del riego en este cultivo.

El cultivar para la realización del presente estudio fue el Western. El espaciamiento entre hileras fue 12 m y 12 m entre plantas (70 árboles/ha) lo cuál representó un área equivalente de 144 m². Los tratamientos estudiados fueron tres huertas de árboles con edades de 16, 8, y 6 años de edad. Estos árboles fueron seleccionados por estar bien manejados, sanos y con tamaño uniforme en su porte de copa. De los árboles que cumplieron con las anteriores características; se consideró como una unidad experimental los cuales se les denominó árbol uno, árbol dos y árbol tres respectivamente, posteriormente se instaló alrededor de los árboles 48, 24, y 8 tubos de aluminio a una distancia de un metro de separación entre ellos. La longitud de los tubos

fue de 1.5 m de largo y 6 cm de diámetro. Para conocer el abatimiento de humedad del suelo, se realizaron muestreos de humedad con la sonda del dispersor de neutrones a las cuatro profundidades, 00-30, 30-60, 60-90 y 90-120, los cuales se procura fuera una vez por semana. El primer muestreo de humedad en el suelo del árbol uno, se realizó el 28 de marzo y el último el 13 de octubre de 1997. Las fechas de medición en días julianos son los siguientes: 88, 92, 106, 113, 128, 136, 143, 149, 156, 158, 162, 169, 176, 183, 190, 192, 193, 205, 211, 219, 224, 225, 229, 233, 238, 239, 245, 251, 253, 266, 267, 273, 277, 287. Para los árboles dos y tres se realizó la medición un día después al árbol uno.

La orientación para el árbol uno fue de la posición 48 al 42 de poniente a oriente, en el norte, las posiciones del 7 al 1, están en el sur, y al centro el árbol. Para el árbol dos., la posición 24 al 20 de poniente a oriente en el norte, para el 5 al 1 en el sur y el árbol en el centro de ellos, para el árbol 3 del 8 al 6 de poniente a oriente, en el norte, del 3 al 1 en el sur y el árbol en el centro.

Los resultados encontrados fueron los siguientes: El uso estacional de agua en los árboles de nogal de 16, 8 y 6 años de edad del inicio de la brotación a la cosecha fue de 95.39, 63.83 y 51.44 cm., y el estrato de mayor consumo fue 60-90, 60-90 y 30-60 respectivamente.

La zona de mayor consumo para los tres árboles en estudio fue de 1.0 a 1.41 m de diámetro de distancia del árbol.

En el suelo de los árboles uno y dos se determinaron dos zonas de consumo de agua, la menor se encontró en el poniente y la mayor en el oriente., dentro de ellas el abatimiento es significativamente igual en cualquier punto, considerando el diferencial de 29.8 y 20.7 cm que las separa.

En los árboles uno dos y tres el mayor uso de agua se presentó desde el inicio del llenado de la nuez a la apertura del ruezno (57 días), con 0.64, 0.47 y 0.33 cm/día. El uso de agua en la etapa representó el 50.86, 28.46, 22.82 cm que representa el 53.32, 44.58 y 44.36 porciento en los árboles uno, dos, y tres respectivamente.

Se recomienda en próximas investigaciones que requieran la medición del agua en el suelo que incluya el nogal, colocar un máximo de 8 posiciones de medición a una distancia de 1.5 m del centro del árbol, pero hacia la parte oriente.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alben, A. D. (1956). Results of irrigation experiment on Stuart pecan trees in East Texas in 1956. Crop Research División, Agricultural Service U. S. Departament of Agricultural: pp 61-68.
- Anderson, P. C. and Brodbeck, B. V. 1988. Net CO₂ assimilation and plant water relations characteristics of pecan grown flushes Journal of the American Society for Horticultural Science. 11: 444-450.
- Andrews, C. P. and B. Sherman. 1980. Reduction in percent kernel as influenced by prolonged autumn drought. Southeast- hern Pecan Growers Association. 73, March, 9-11.
- Avalos, M. A. 1994. Uso de agua durante la brotación y crecimiento inicial del brote en el nogal (Carya illinoensis k.) a diferentes inicios de riego. Tesis de Maestría. CIGA-ITA 10, Torreón Coahuila. 25, 26, 34, 36 p.
- Beruter, D. M. and Wullscheher. 1989. Carbohydrate partitioning and Changes in water relation of growing apple fruit. J. Plant Physiol. 135:583-587.
- Brison, F. R. 1974. Cultivo del Nogal Pecanero. Traducido de la Edición en ingles por Federico Garza. F. 1^a. De. En Español. México, Comisión Nacional de Fruticultura. 1976. SAG-México. P. 67-98.
- Bustamante, G. M. 1977. Respuesta del Nogal (Carya illinoensis k.) a tres niveles de humedad en la región de saltillo, Coah. Tesis. División de ingeniería de la U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah. 87 p.
- CAELALA , 1994. El nogal pecanero. Edición primera. INIFAP- SARH. Pp 49-57. Torreón, Coah., México.

CIAN 1988. Guía Técnica del Noganero. Publicación Especial No. 15 p 9-17.

Coombe, B. G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. Amer. J. Enol. Vitic. 43 (1):101-110.

Daniell, J. W. 1976. Effects of irrigation pecans. Hort. Science. 11 (3): p 225 (abstrac) June 1976.

Daniell, J. W., Moss and Deal. 1979. The use of irrigation pecan orchards. Pecan South. April 6(3): 40-41.

Dozier, N. A. and Amling, H. J. 1974 Fruit growth and embryological development of the Stuart pecan Auburn Agr. Exp. Sta. Bull. 463.

During, H. Lang, A. and Oggionni, F. 1987. Patterns of water flow in Riesling berries in relation to development tal changes in their Xylem morphology. Vitis. 26: 23-31.

Edmunson, R. 1980. Beating the droughth with irrigation. Irrigation systems need special aids. Pecan South. Vol. 7 N° 4, June 1980.

Findelay, N. K. J., Oliver, N. N. and Coombe, B. G. 1987. Solute accumulation by grape pericarp cells: IV Perfusion of pericarp apoplast via the pedicel and evidence for Xylem malfunction in ripening berries. J. Exp. Bot. 38: 668-679.

Gleen, L. C. Price, F. S. and Lombard. B. P. 1993. Evidence for Xylem discontinuity in Pinot noir and Merlot grapes: Dye uptake and mineral composition during berry maturation. Am J. Enol. Vitic. 43(1):49-52.

Godoy, A. C. 1977. Efecto de Tres Frecuencias de Riego sobre el Desarrollo del Fruto del Nogal. Informe de Fruticultura. Centro de investigaciones Agrícolas del Norte. p 186-201.

Godoy, A. C. y Lagarda, M. A. 1986. Effect of different levels of evapotranspiration in pecan nut development. Proceedings of the 20th Western Pecan Conference. New México State Univ. 45-57.

Godoy, A. C. 1992. Efecto de tres inicios de riego en la fenología del fruto del nogal. Informe de investigación. CELALA (Prensa).

Godoy, A. C. y López, M. 1993. Alternativas para hacer más eficiente el uso del agua en la viticultura de la Comarca Lagunera. Memorias del 25 dia del Viticultor. CELALA. 25:27-38.

Godoy, A. C. 1994. Manejo del agua en diferentes etapas fenológicas del nogal (*Carya illinoensis* k). Memoria de Conferencias sobre el cultivo del nogal. Julio 28, 29 y 30 Cd. Delicias Chihuahua.

Godoy, A. C. y López Ch, J. C. 1997. Patrón de extracción y requerimientos de agua en diferentes etapas fenológicas en el Nogal. Terra. Vol. 15 (1):1-6.

Hardie, W. J. 1976. Response of grapes to water deficit stress in particular stages of development. Amer. J. Vitic. Pp 27: 55-61.

Hernández, B. A. 1984. Comportamiento del nogal (*Carya illinoensis* k) Cv Western bajo diferentes condiciones de humedad del suelo. Tesis. División de ingeniería de la U.A.A.A.N. Saltillo Coah.

Hernández, C. J. 1985. Evaluación de cuatro tensiones de humedad en el nogal pecanero (*Carya illinoensis* k) en producción a partir del inicio del desarrollo del fruto. En la Región de Delicias, Chihuahua. Informe de investigación (En Prensa).

Hernández, C. J. 1990. Manejo de agua en el nogal pecanero (*Carya illinoensis* koch) en producción para la Región de Delicias, Chih. Memorias 10 Convención de Nogaleros, pp 151-186.

Herrera, E. A. 1990. Fruit growth and development of Ideal and Western Pecans. J. Amer. Soc. Sci. 115 (6): 915-923.

Herrera, E. A. 1995. Drought impacts Mexico pecan production. Pecan South. 8 p.

Hersey, R. D. 1990. Hortscience. U.S.A. University of Maryland College Park. Vol. 24 (1), pp1-184.

Hulsman, R. B. 1985. The neutron probe and the microcomputere. Soil Science, 140: 153-157.

Kilby, M. W. 1980. Fall irrigation of pecans. Pecan South. Vol 7 Nº 4 June 1980.

Lagarda, M. A. 1975. Algunos resultados preliminares sobre el comportamiento Fenológico de 10 variedades de nogal Pecanero de la Comarca Lagunera. Matamoros, Coahuila. México. SARH-INIA-CIAN. Seminarios Técnicos.

Lagarda, M. A. 1978. Estudio del Comportamiento Fenológico de 14 Cultivares de Nogal Pecanero en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación del Programa de Fruticultura. Matamoros, Coahuila. México. SARH-INIA-CIAN.

Lagarda, M. A. (1991). Manejo del nogal con el programa de riegos de la presa. Conferencia Internacional sobre el cultivo de la nuez pecanera. Agosto 1991. Torreón Coah.

Lang, A. and During, H. 1991. Partitioning control by water potential gradient: Evidence for comportamentation breakdown in grape berries. J. Exp. Bot. 42:1117-1122.

López, CH. J. C., 1996. Consumo de agua durante la brotación y todo el ciclo del nogal (*Carya illinoensis* k.) bajo tres inicios de riego. Tesis de Maestría. CIGA-ITA 10. Torreón Coah. Méx. 37, 41, 53, 62 p.

Medina, E. A. 1987. Diagnóstico nutrimental del nogal pecanero (*Carya illinoensis* k) en la Comarca Lagunera. 20 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Memorias. Zacatecas, Zac. pp 145.

Mexica, A. P. 1978. Respuesta del nogal (*Carya illinoensis* k) a diferentes láminas aplicadas con riego por goteo en dos etapas del ciclo vegetativo. Tesis de Licenciatura. ITA 10. Torreón Coah.

Miyamoto, S. 1983. Consumptive water use for irrigated pecan. Journal of American Soc. Hort Sciencie. 108 (5).

Obando, R. G. 1982. Nogal Pecanero. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en los frutales de hojas caduca. SARH-INIFAP. Publicación especial, 91: 39-51.

Oparka, K. J. and Gates, P. 1981. Transport of assimilates in the developing caryopsis of rice (*Oriza sativa L.*) The path ways of water and assimilated carbon planta 152: 388-396.

Pate, J. S. , Peoples, M. B., Van bel, J. K. and Atkins, C. A. 1985. Diurnal water balance of the cowpea fruit. Plant Physiology. 77: 148-156.

Peoples, M. B. , Pate, J. S., Atkins, C. A. and Murray, D. R. 1985. Economy of water, carbon and nitrogen in the developing cowpea fruit. Plant Physiology. 77:142-147.

Privette, C. V. 1979. Irrigation Systems and Soil Water Management of Pecans. Pecan South. Vol. Nº 4, June pp 14-17.

Richards, D. 1983. The grapes root system. Horticultural Review. 5: 127-168.

Rieger, M. y Daniell, J. W. 1988. Leaf water relations, soil-to leaf resistance, and drought stress in pecan seedlings. Ibid.113: 789-795.

Rizzi y Foyde. 1978. Pecan Coperative Extension U.S.A. Department of Agriculture. University of California.

Romberg, L. D. 1960. Irrigation of Pecan Orchards. Proc. Southeastern. Pecan Growers Assoc. 53. p 20-25.

Rodriguez, V. A. 1991. Efecto de diferentes niveles de evapotranspiración en el desarrollo del fruto del nogal (*Carya illinoensis* k). Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. U.L. Torreón Coah. 54 pp 49-50.

- Santos, V. S. de los 1973. Climatología General de la Región Lgunera, Boletín Agrícola Lagunero. S.A.R.H., México.
- SARH-INIA. 1977. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo agrícola experimental LA LAGUNA. CIANE. México.
- Smart, R. E. 1974. Aspects of water relations of grapevines (*Vitis vinifera*). Amer. J. Vol. 25 (2) pp 84-91.
- Sparks, D. and Madden, G. D. 1985. Pistillate flower and fruit abortion in Pecan as a function of cultivar, time and pollination. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:219-223.
- Sparks, D. 1989. Predicción de la madurez de la nuez pecanera por medio de unidades calor. Hort. Science. 24:454-455.
- Stein, L. A., et al 1989. Summer and fall moisture stress and irrigation scheduling influence pecan growth and production. Hort Science. 24 (4), agosto.
- Thomson, W. C. 1974. Scheduling Pecan Irrigations by Computers, p 7-18 in: M. D. Bryant (ed) Proc. Western Pecan Conf.; New México State Univ. Las cruces.
- Vaadia and Kasimatis, A. N. 1961. Vineyard Irrigation Trials Amer. J. Enol. Vitic. 12: 58-88.
- Van Iersel, M. W. and Osterhuis, D. M. 1993. Water relations of a developing cotton boll. Arkansas farm research. Vol. 4, Nº 2 :14-15.
- Van Zyl, J. L. and Van Huyssteen. 1980. Comparative Studies on Wine Grapes on Different Tresilising Systems. I. Consumptive Water Use. S. Afric. J. Enol. Vitic. (1): 7-14.
- Van Zyl, J. L. 1985. Effects irrigation on Growth and quality of vines and berries of Colombar. Boletín of O. I. V. 58: 173-188.
- William, H. A. 1988. Now that you've decided to irrigate..... how?....how much?.... when). Pecan South Vol. 22 (2) pp 6-15.

Winkler, A. J. et al., Lider, L. A. 1974. General viticulture University of California Press-U.S.A. pp 90-108.

Wolstenholme, B. M. 1979. The Ecology of Pecan Trees. Part 2: Climatic Aspects of growing Pecans. The Pecan Quarterly. Vol 13 August pp 14-19.

Wolswinkel, P. 1992. Transport of nutrients into developing seeds: A review of Physiological mechanisms. *Seed Sci. Res.* 2: 59-73.

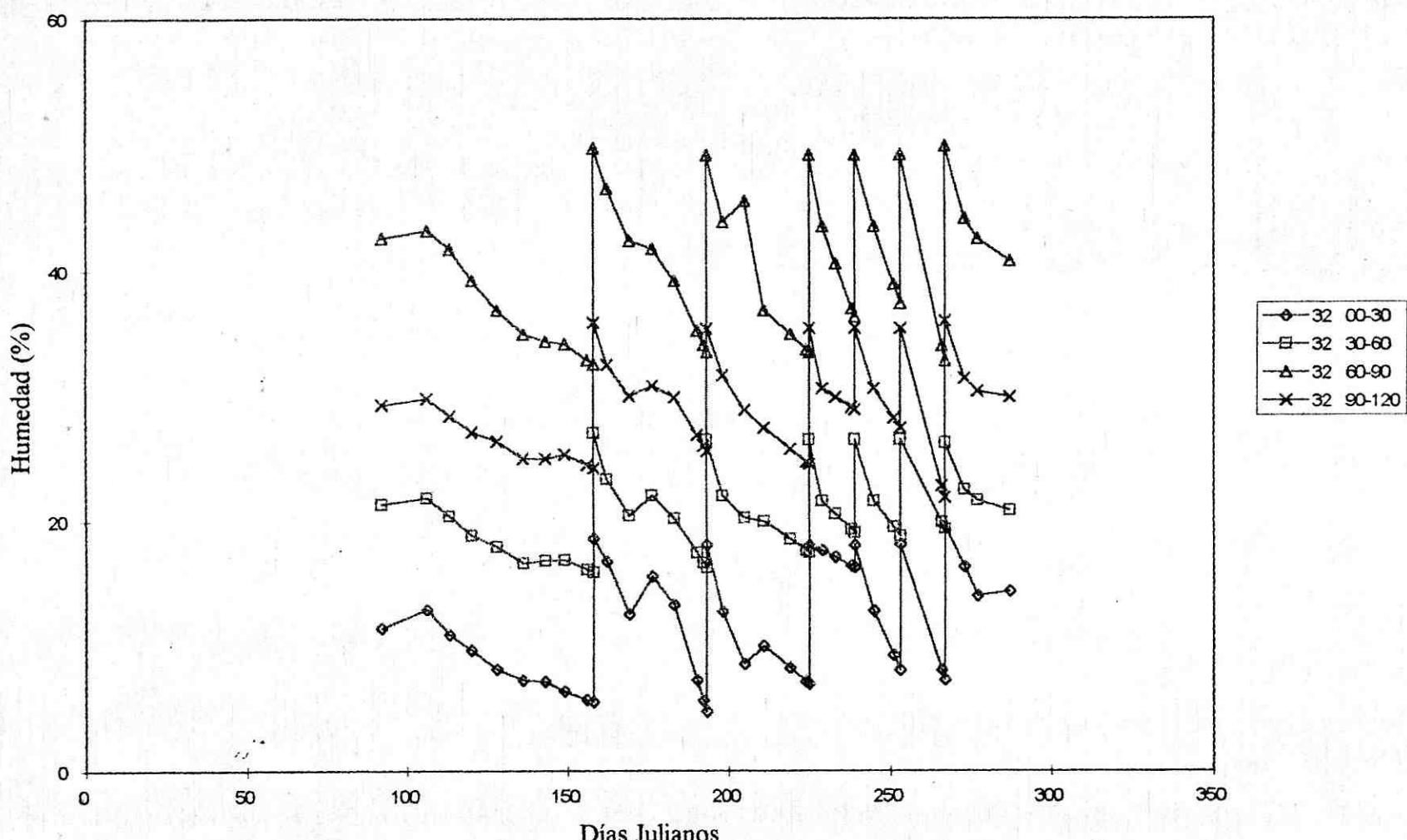
Wood, B. 1993. Ventajas y desventajas de una cosecha temprana de nuez. XII Conferencias internacionales sobre el cultivo de nogal. Sonora. México. Agosto.

Worley, R. E. 1982. Tree Yield and Nut Caracteristics of Pecan With Drip Irrigation Under Humid Conditions. *Journal. American. Soc. Hort. Science.* 107 (1) : 30-34.

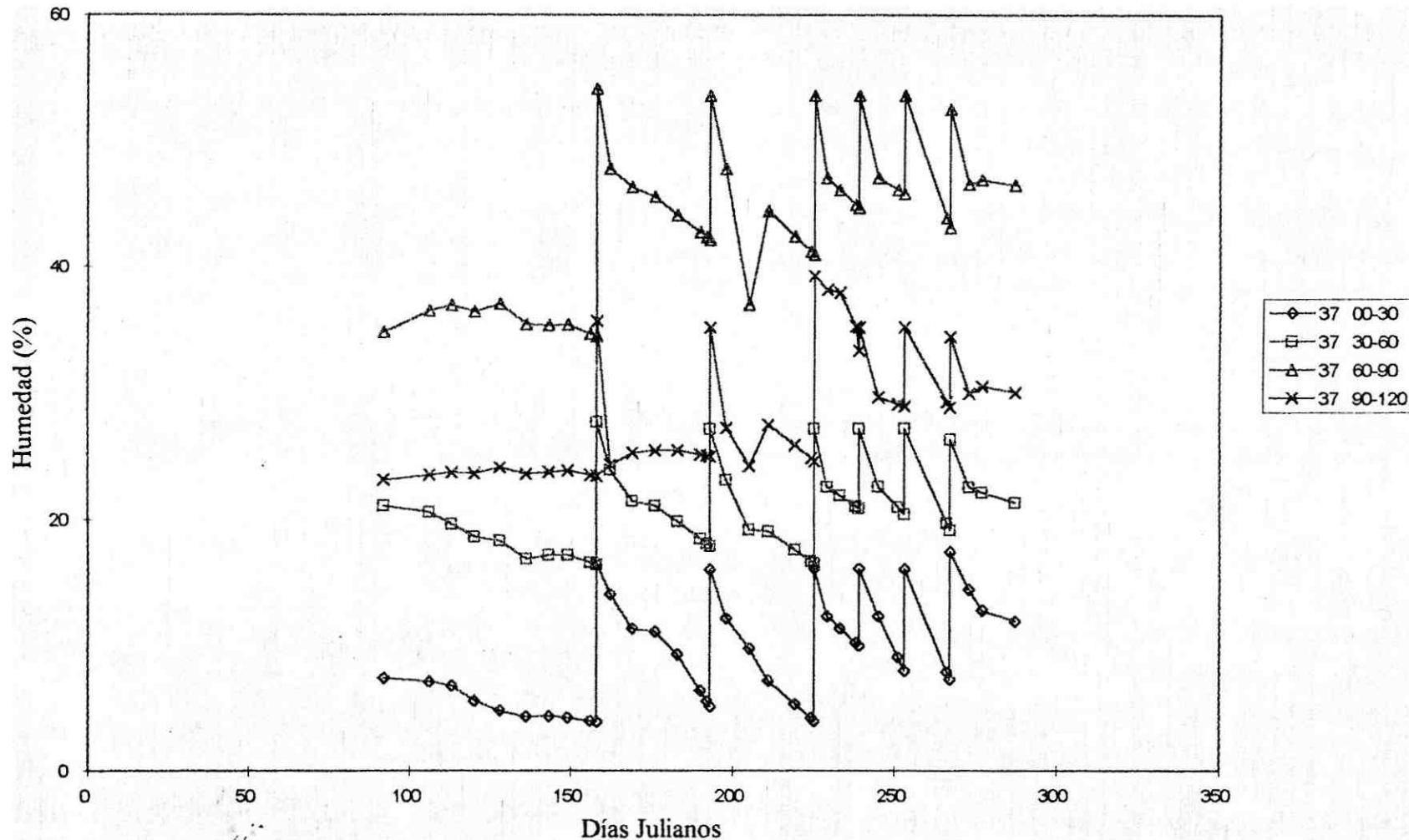
Worthington, J. W. 1992. Changing Times for irrigation. Keep han eye on high-frequency irrigation technology. *Pecan South.* August.

Zhang, D. P. and Luo, G. G. 1993. Studies on water movement into and out of grape vine fruits during the ripening. *Acta Botanica Sinica.* 35 (1) 1-11.

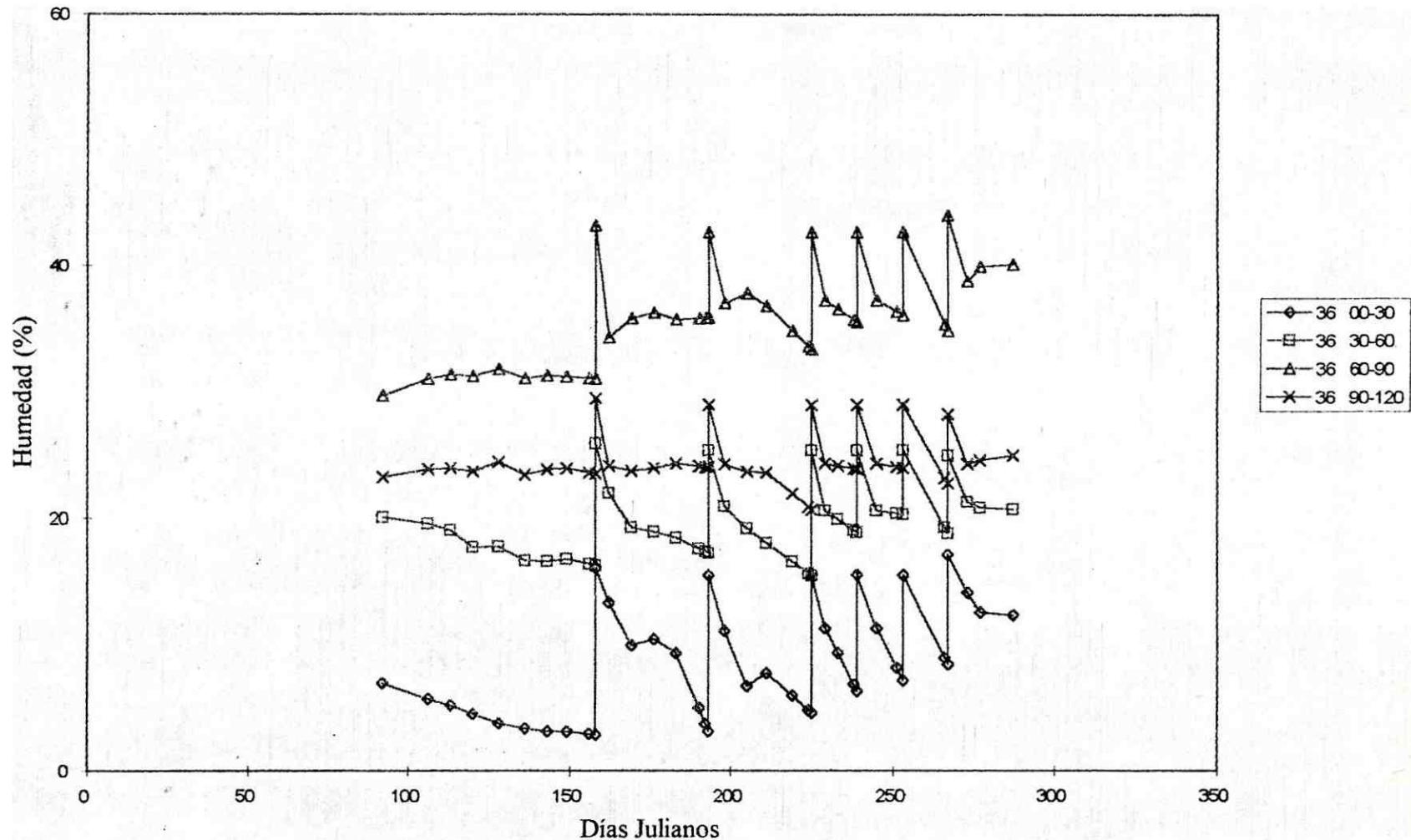
IX. APENDICE A



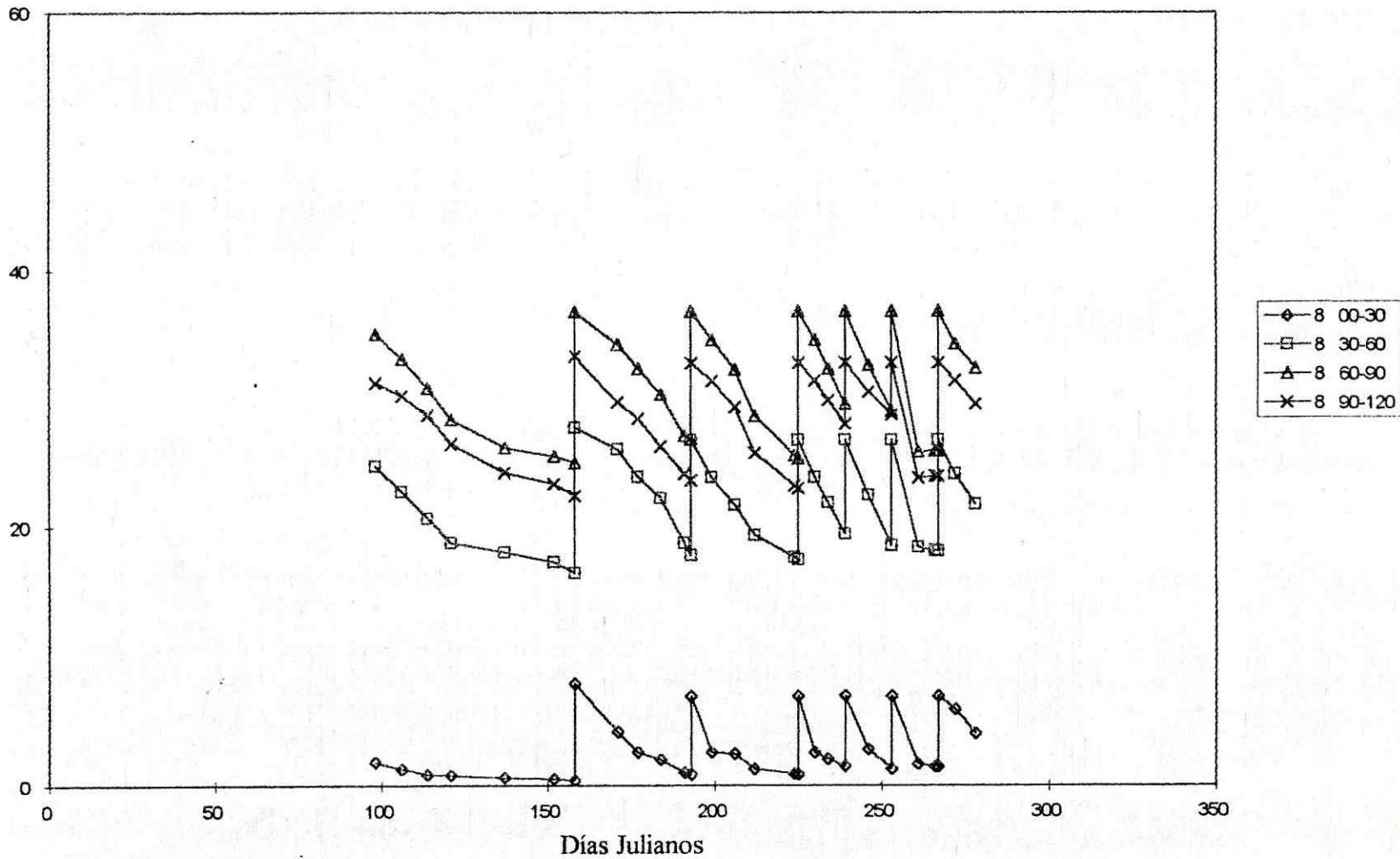
A.1. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol uno, posición 32, cuatro estratos de profundidad, 1997



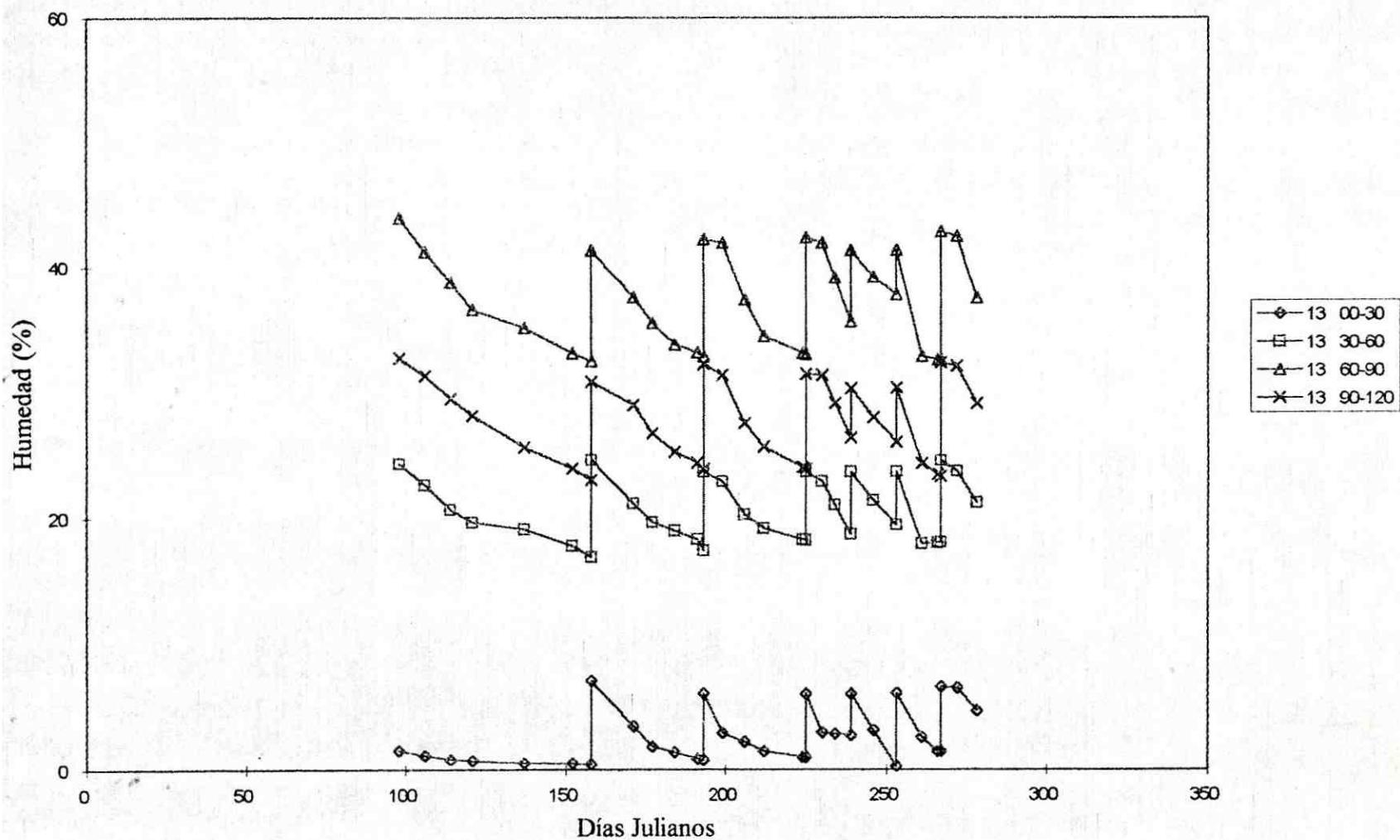
A.2. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol uno, posición 37, cuatro estratos de profundidad, 1997



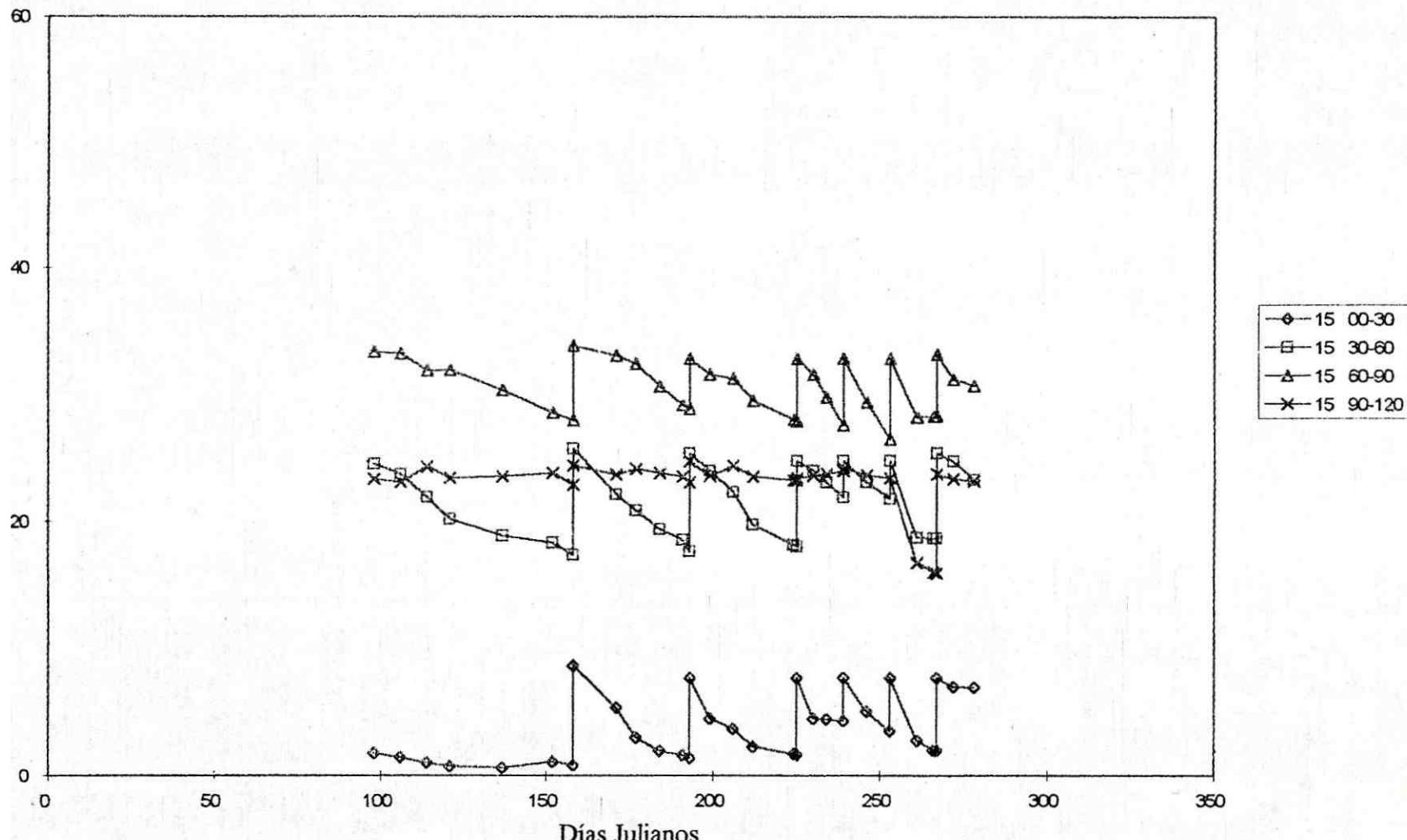
A.3. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol uno, posición 36, cuatro estratos de profundidad, 1997



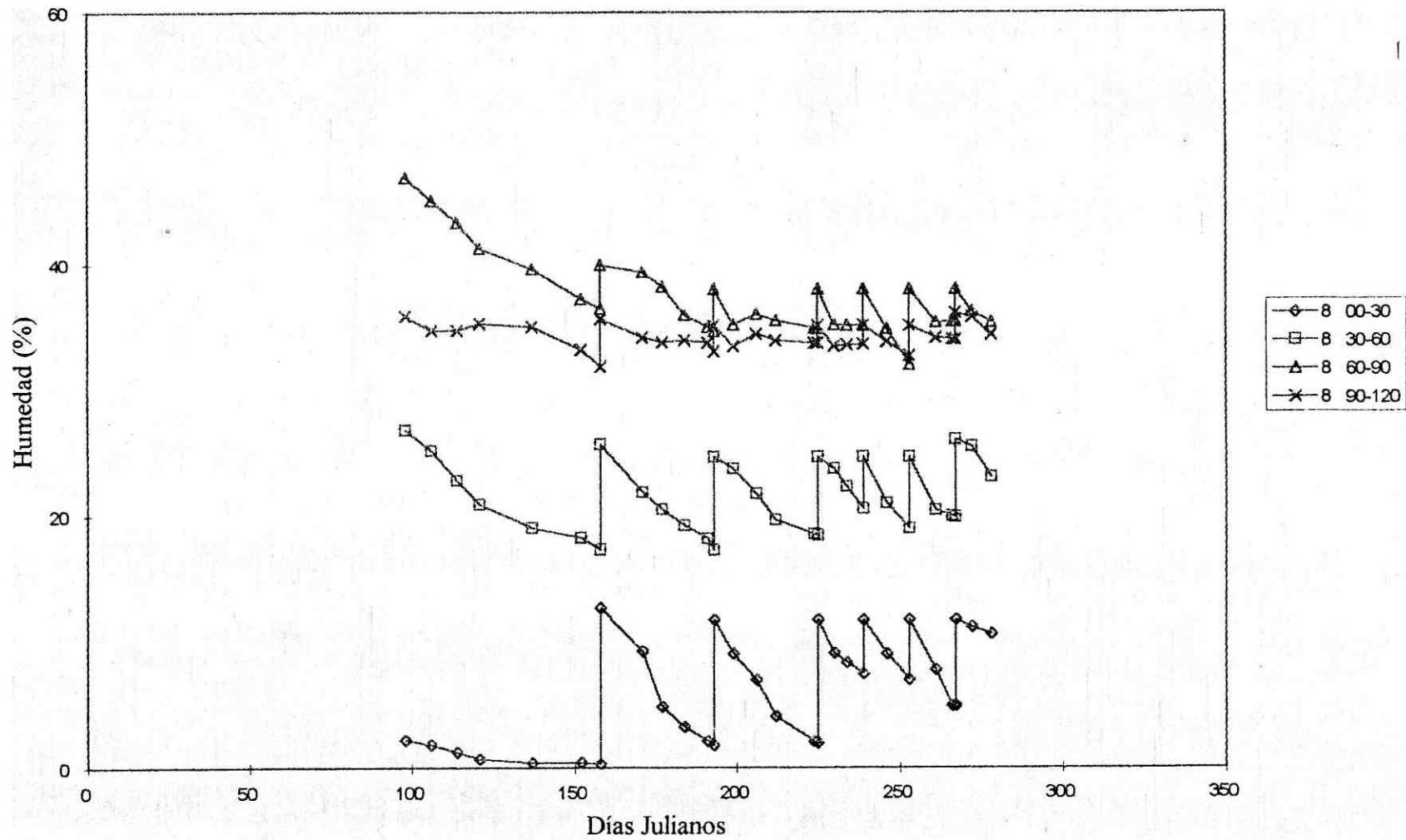
A.4. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol dos, posición 8, cuatro estratos de profundidad, 1997



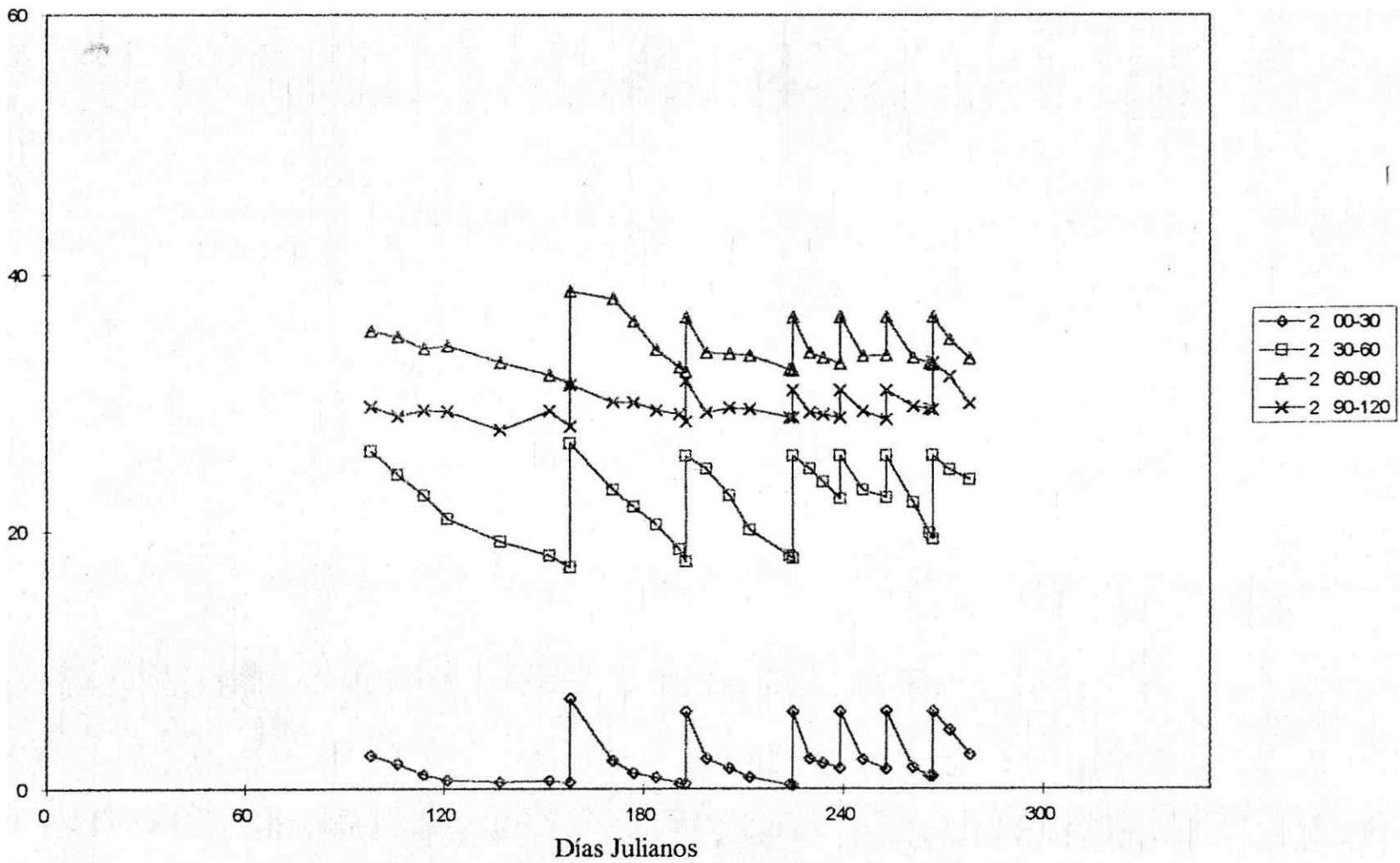
A.5. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol dos, posición 13, cuatro estratos de profundidad, 1997



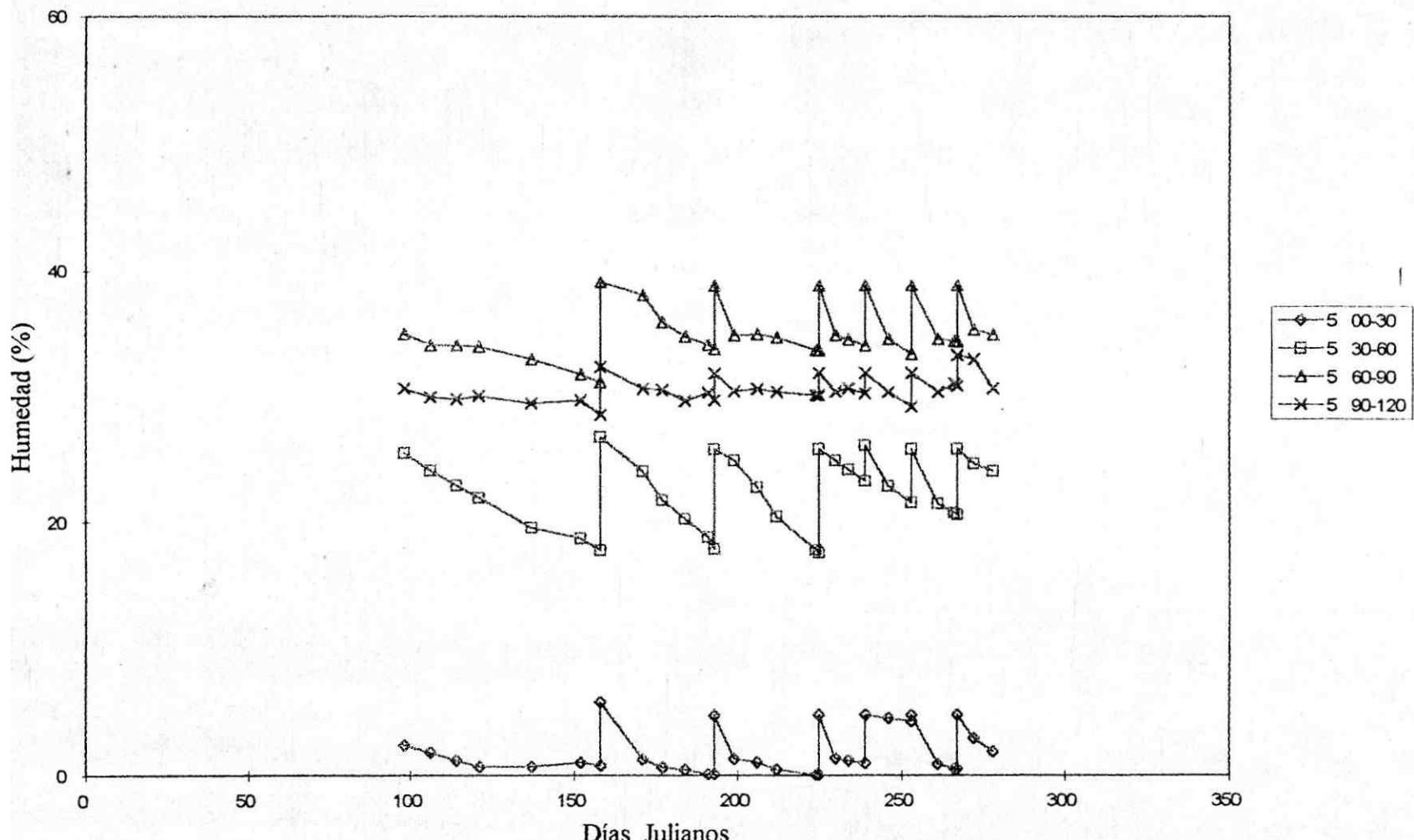
A.6. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol dos, posición 16, cuatro estratos de profundidad, 1997



A.7. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol tres, posición 8, cuatro estratos de profundidad, 1997



A.8. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol tres, posición 2, cuatro estratos de profundidad, 1997



A.9. Abatimiento de humedad del suelo (%) en el nogal Cv. Western., árbol tres, posición 5, cuatro estratos de profundidad, 1997