

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**VARIACIÓN ESPACIAL DEL CONSUMO DE AGUA DEL
CULTIVO DEL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis cock*) EN EL
DISTRITO DE RIEGO 017 DE LA COMARCA LAGUNERA.**

POR

GENARO SANTIAGO ANTONIO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADO POR:

ASESOR PRINCIPAL:


Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

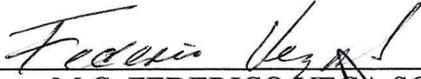
COASESOR:


M.C. MIGUEL RIVERA GONZÁLEZ

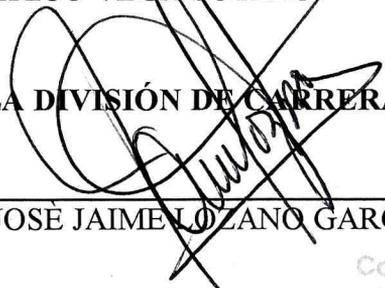
ASESOR:


M.C. JOSÉ GADALUPE GONZALEZ QUIRINO

ASESOR:


M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS


M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

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

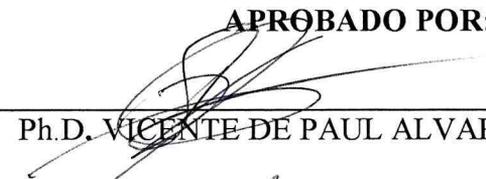
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADO POR:

PRESIDENTE:



Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

VOCAL:



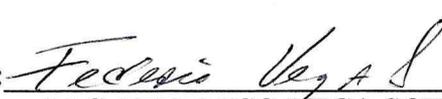
M.C. MIGUEL RIVERA GONZÁLEZ

VOCAL:



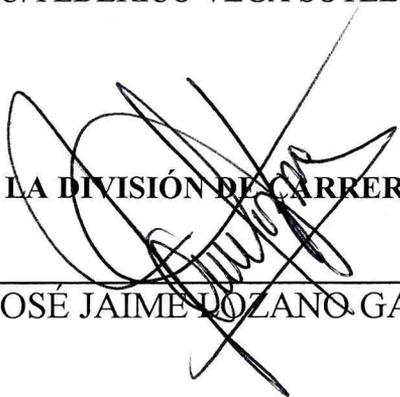
M.C. JOSÉ GADALUPE GONZALEZ QUIRINO

VOCAL SIPLENTE:



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAH.

DICIEMBRE 2005

**VARIACIÓN ESPACIAL DEL CONSUMO DE AGUA DEL
CULTIVO DEL NOGAL PECANERO (*Carya Illinoensis Koch*) EN EL
DISTRITO DE RIEGO 017 DE LA COMARCA LAGUNERA.**

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

El presente trabajo de investigación se realizó en su totalidad en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinarias en Relación Agua – suelo – planta - Atmósfera (CENID-RASPA), del Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícola y pecuaria (INIFAP) en Gómez palacio, Durango, bajo la dirección y asesoría del M.C. Miguel Rivera González.



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

DEDICATORIAS

A mi Dios:

Por darme la vida para lograr una meta mas, la oportunidad de concluir satisfactoriamente una etapa mas de mi vida que tantas cosas buenas y maravillosas que me ha brindado, que me presta, pidiéndole que me lleve siempre a prestar ayuda a mis semejantes y principalmente dar por los demás y seguir preparándome mas y mas...

A mis padres:

Juan Santiago Martín y Juana Maria Angélica, por su amor, cariño, respeto, comprensión, alegría que siempre me brindaron y por darme la herencia que nunca, jamás hubiese logrado sin su apoyo incondicional durante toda mi vida, Gracias.

A mis Hermanos:

Manuel, Martín, Ana, Regina y José con profundo cariño y respeto por el inmenso apoyo y amor que siempre me han brindado, **Gracias**.

A mi Prima:

Antonia, por darme su apoyo incondicional durante mi etapa de formación, **Gracias**.

A todos mis Compañeros:

De la XXXIV generación de ingenieros agrónomos especialistas en irrigación, Aimer, Carlos Chávez, Héctor, Jesús Antonio (Sinaloa), Martín, Oscar Manuel, Sergio y Domitilo y mis compañeros del internado Fabián, Ismael, y Esaú, por compartir malos y buenos momentos inolvidables que pasamos juntos.

Lucila, Esther, Reyna, Marcia, Estela Filógonio, Abelardo Alma iris, Mary, Freddy y a todos mis paisanos por su gran amistad que me brindaron.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de vivir, mi familia, mis amistades y la oportunidad por enseñarme el camino correcto para ser un hombre de bien de cada día.

A mi "ALMA MATER" por brindarme la oportunidad de prepararme y realizar mis estudios profesionales.

Al M.C Miguel Rivera Gonzáles, investigador del (CENID-RASPA), por su asesoramiento, amistad y apoyo, así como su dedicación en la colaboración, asesoramiento y revisión de este trabajo.

Al Ph.D. Vicente de Paúl Álvarez Reyna, Investigador del departamento, por su asesoramiento, amistad, enseñanza y apoyo durante mis estudios y la elaboración de este trabajo.

Al M.C José Guadalupe Gonzáles Quirino, por su asesoramiento, amistad enseñanza y para concluir este trabajo.

Al M.C Federico Vega Sotelo, Investigador del departamento, por su enseñanza, amistad y gran participación para concluir este trabajo.

Al M.C. Eloy Romo Lujan por el apoyo brindado en uso del Arc.View

A mis Maestros del Departamento de Riego y Drenaje, que contribuyeron en toda mi formación académica.

Al CENID-RASPA (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua- Suelo- Planta- Atmósfera), INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria), por brindarme su apoyo y herramientas necesarias para la elaboración de esta proyecto.

A la Comisión Nacional del Agua (Gerencia de las Cuencas Centrales del Norte) y el Distrito de riego 017 por proporcionarnos la información Climática de las estaciones de la Parte Baja de la RH-36. e información de los módulos de riego

Al Patronato para la Investigación y Producción de Nuez de la Región Lagunera (PIPNA) por el apoyo brindado.

A Todas aquellas personas se una u otra forma antevinieron y colaboraron para que yo lograra uno de mis grandes sueños.

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivo específico.....	4
IV. HIPÓTESIS.....	4
V. METAS.....	4
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
6.1 Antecedentes.....	5
6.2 Consumo de agua.....	5
6.3 Sistema de información geográfica (SIG).....	7
6.4 Calculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o).....	8
6.5 Aspectos generales del cultivo del nogal pecanero.....	9
6.5.1 Origen del cultivo.....	9
6.5.2 Clasificación botánica.....	9
6.5.3 Principales países productores.....	9
6.5.4 El cultivo del nogal en México.....	9
6.5.5 El cultivo del nogal en la comarca lagunera.....	10
6.5.6 Requerimientos climáticos.....	11
6.5.7 Periodos libres de heladas.....	11
6.5.8 Temperatura.....	12
6.5.9 Humedad relativa.....	13
6.5.10 Suelo y topografía.....	13
6.6 Establecimiento de una huerta de nogal.....	13
6.6.1 Preparación del terreno.....	13
6.6.2 Sistema de plantación.....	14

6.6.3 Distancia de plantación.....	14
6.6.4 Época de plantación.....	15
6.6.5 Selección y cuidado de la plantación.....	15
6.6.6 Poda de plantación.....	16
6.7 Influencia del agua en el manejo integral del nogal.....	16
6.8 Etapa fonológica del nogal.....	19
6.8.1 Habito de floración.....	20
6.8.2 Crecimiento del brote.....	21
6.8.3 Receptividad del estigma y polinización.....	22
6.8.4 Crecimiento de la nuez.....	23
6.8.5 Maduración de la nuez y apertura del ruezno.....	24
6.9 susceptibilidad del nogal a deficiencia hídrica en sus diferentes etapas fonológicas.....	26
6.9.1 Antes de brotación a inicio de brotación.....	26
6.9.2 Inicio de brotación a receptividad del estigma.....	27
6.9.3 Receptividad del estigma a inicio del estado acuoso.....	27
6.9.4 Inicio del estado acuoso a máximo estado acuoso e inicio del endurecimiento de la cáscara.....	28
6.9.5 Inicio de endurecimiento de la cáscara hasta completo llenado de la almendra.....	29
6.9.6 Condiciones hídricas del fruto y su relación con la disponibilidad de agua	30
6.9.7 Apertura del ruezno.....	32
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
7.1 Localización geográfica de la comarca lagunera.....	33
7.2 Características climáticas.....	33
7.2.1 Temperatura.....	33
7.2.2 Precipitación.....	34
7.2.3 Evaporación.....	35
7.3 Fuentes de abastecimientos de agua.....	35
7.4 Infraestructura hidráulica.....	35
7.5 descripción de la metodología.....	37
7.5.1 Acopio de información climática.....	37

7.5.2 Digitalización del plano del distrito de riego 017 con sus módulos de riego.....	37
7.5.3 Localización espacial de las estaciones termo-pluviométricas en el plano del distrito de riego.....	38
7.5.4 Conformación de un año típico de las variables climáticas para cada estación.....	38
7.5.5 Calculo con la evapotranspiración de referencia (ET _o).....	38
7.5.6 Calculo de la evapotranspiración real (ET _r) utilizando los valor de kc generados por Miyamoto (19983).....	39
7.5.7 Calculo de los valores de kc. Utilizando los consumos de agua (ET _r) presentados por Godoy <i>et al</i> (2000).....	39
VIII RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
8.1 Módulos de riego.....	41
8.2 Estaciones climáticas.....	42
8.3 Valores de kc obtenidos a partir de los datos de consumo de agua presentados por godoy <i>et al</i> (2000).....	44
8.4 Variación espacial del consumo de agua.....	45
IX CONCLUSIONES.....	48
X RECOMENDACIONES.....	49
XI LITERATURA REVISADA.....	50
XII APÉNDICE.....	55

INDICE DE CUADROS

CUADRO

Cuadro 1. Superficie de nogal en producción en la comarca lagunera.....	11
Cuadro 2. Numero de árboles por hectárea en sistemas de plantación marco real y tres bolillos.....	14
Cuadro 3. Valores de kc mensual en función del diámetro de tronco y el numero de árboles por hectárea (Miyamoto, 1983).....	39
Cuadro 4. Consumo de agua mensual (cm) para el nogal variedad Western con diferentes diámetros de tronco y densidades de población (Godoy et al 2000).....	40
Cuadro 5. Superficie de riego (año 2005) y numero de usuarios de cada modulo de distrito 017.....	42
Cuadro 6. Estaciones climáticas utilizadas ubicadas en el distrito de riego 017 y sus coordenadas geográficas.....	43
Cuadro 7. Valore de kc generados a partir de datos de ETr reportados por Godoy <i>et al</i> (2000).....	44
Cuadro 8. Valores de consumo de agua (etr) estimados para cada uno de las estaciones climáticas del distrito de riego 017 para cada un factor diámetro de tronco por población de 1000.....	45
Cuadro 9. Valores de consumo de agua (ETr) estimados para cada una de las estaciones climáticas del distrito de riego 017 para un factor diámetro de tronco por población de 2500.....	46
Cuadro 10. Valores de consumo de agua (ETr) estimados para cada una de las estaciones climáticas del distrito de riego 017 para un factor diámetro de tronco por población de 4500.....	47
Cuadro 11. Consumo de agua para cada una de las estaciones climáticas utilizando los kc generaros.....	56
Cuadro 12. Consumo de agua para cada una de las estaciones climática utilizando los kc (Miyamoto, 19983)	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA

Figura 1 Yema primaria y de reserva existente en cada nudo del nogal.....	20
Figura 2 Brote en nogal en desarrollo que muestra tres amentos de cada lado.....	21
Figura 3 Inflorescencia del nogal pecanero, mostrando las flores femeninas.....	23
Figura 4 Movimiento de la dinámica del peso, peso seco de la nuez y del ruezno.....	24
Figura 5 Corte transversal del fruto del nogal que muestra al inicio del endurecimiento de la cáscara y del máximo estado del acuoso.....	25
Figura 6 Apertura normal del ruezno de la nuez.....	26
Figura 7 Temperatura promedio mensual de la Comarca Lagunera.....	34
Figura 8 Precipitación promedio mensual de la Comarca Lagunera.....	34
Figura 9 Módulos de riego del distrito 017 de la Región Lagunera.....	41
Figura 10 Estaciones climáticas y su área de influencia en los modulo del distrito de riego 017 de la Región Lagunera.....	43

RESUMEN

En la actualidad en la Región Lagunera los cálculos del consumo de agua para el cultivo de nogal se determinan en función del diámetro del tronco, población de nogales por hectárea y su variación a través del ciclo del cultivo. Sin embargo este cálculo no toma en cuenta la variación espacial de las variables climáticas que se presentan en el Distrito de riego 017 de la Región Lagunera, las cuales modifican el consumo de agua o evapotranspiración real (ETr). El objetivo principal de esta investigación fue determinar la variación espacial del consumo de agua del nogal en el área de influencia de los módulos del distrito de riego 017. De la región lagunera.

Para cada estación climática ubicada en el Distrito de Riego 017 se calculó la evapotranspiración de referencia (ETo) utilizando la ecuación desarrollada por Hargreaves y Samani (1985). La evapotranspiración real o consumo de agua (Etr) se obtuvo al multiplicar la ETo por valores de Kc generados por Miyamoto (1983) así como valores de Kc generados en este trabajo.

En este trabajo se concluye que existe variación espacial de los consumos de agua del nogal entre estaciones climáticas del distrito de riego 017, presentando los valores más altos de consumo de agua la estación climática Emiliano Zapata. Las mayores diferencias entre los consumos de agua entre estaciones fueron de 5,15 y 21 cm para los factores diámetro de tronco x población de 1000, 2500 y 4500.

I. INTRODUCCION.

Actualmente existen varios países productores de nuez, ocupando Estados Unidos de América, el primer lugar con un 90.6 % de la producción mundial. En México existen pocos estudios sobre la problemática del cultivo del nogal pecanero, especialmente en el uso eficiente de agua. Las zonas productoras de nuez se localizan en la parte norte del país, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y Sonora. La superficie establecida de nogal es de aproximadamente 60 mil hectáreas, de las cuales el 95 % es regado con agua extraída del subsuelo. En nuestro país la producción anual de nuez es de alrededor de 58,800 toneladas. El país exporta a los Estados Unidos de 40 a 85% de su producción de nuez.

El nogal pecanero es un cultivo que presenta alternancia en la producción y calidad del fruto. En un año su producción puede ser alta y de mala calidad y en el año siguiente baja producción y de buena calidad. Estos cambios en producción se deben a varios factores, entre los que se encuentran; nutrición, plagas, enfermedades, salinidad, poda, manejo del piso de la huerta y mal manejo de agua, factor limitante de la producción, enfoque de esta investigación. Para solucionar el problema de alternancia y maximizar la producción de nuez y calidad a través de los años, es importante determinar la relación adecuada hoja-fruto en el árbol para sostener una alta eficiencia fotosintética de la hoja y abastecer los requerimientos de carbohidratos de la nuez de producción durante el año y almacenar una cantidad adecuada de carbohidratos para la producción del siguiente año. Actualmente la mayor producción se encuentra en la parte norte en los estados de Chihuahua con un 60% y Coahuila con un 23% de la superficie cosechada. En estos dos estados se cosecha el 80% de la producción nacional, 18% aproximadamente en Durango, Sonora y Nuevo León, y 16 % de producción en otros estados. Los estudios realizados en nogal para determinar su consumo de agua se pueden dividir en dos grupos. En el primero están comprendidos todos aquellos

estudios donde se ha determinado el consumo de agua del nogal para una edad específica y región (Godoy, 1977 y 1978; Hernández 1984). En el segundo grupo se ha determinado el consumo de agua en función del diámetro del tronco, población y su variación en el ciclo del cultivo (Miyamoto, 1983) no obstante que a la fecha se cuenta con los valores de Kc para el nogal algunos investigadores recomiendan que los valores de Kc generados sean multiplicados por la evapotranspiración de referencia (ETo) propia de cada localidad. Para obtener un consumo de agua más preciso.

II. JUSTIFICACION.

A la fecha el cálculo del consumo de agua del nogal se realiza utilizando datos de consumo de agua ya generados, utilizando valores de K_c multiplicados por una evapotranspiración de referencia promedio para la Región Lagunera o la utilización de programas de cómputo que no consideran la variación espacial del consumo de agua en función del diámetro del tronco y población de árboles por hectárea, esto conduce a cálculos poco precisos del consumo de agua. En virtud de lo real se planteo el presente estudio.

III. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

Determinar los requerimientos de agua del nogal y su variación espacial en el distrito de riego 017.

3.2 Objetivo específico.

Obtener el consumo de agua del nogal para cada área de influencia de las estaciones termo-pluviométricas de la Comisión Nacional del Agua en los módulos de riego del distrito 017.

IV. HIPÓTESIS.

El consumo de agua del nogal es similar en cada área de influencia de las estaciones termo-pluviométricas ubicadas en los módulos de riego del distrito de riego 017.

V. METAS.

En el año 2005 conocer la variación espacial del consumo de agua del nogal para los diferentes módulos de riego del distrito 017.

VI. REVISIÓN DE LITERATURA.

6.1 Antecedentes.

El cultivo del nogal como plantación en México se remonta a inicios del siglo pasado en el norte del Estado de Nuevo León, donde en 1904 se establece la primera huerta (Brison, 1976), desde entonces, el cultivo a ganado importancia en el país. Para 1980 la superficie fue de 48 mil hectáreas, concentrándose su mayor producción en los estados del norte (Conafrut, 1975).

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

En Estados Unidos de Norteamérica, las primeras plantaciones comerciales se iniciaron a partir de 1871 (Puentes, 2002).

De acuerdo con las estadísticas de la producción agrícola regional, el cultivo ocupa el primer lugar por su superficie y valor de su producción en frutales, seguido por el melón, vid, sandía y otros cultivos (SAGARPA, 1998).

6.2 Consumo de agua.

En un estudio en huertas comerciales de nogal en las Cruces Nuevo México y el Paso Texas, con la variedad Western en árboles en edades que fluctuaban de 8 a 35 años de edad y densidad de población de 60 a 120 árboles / hectárea, se concluyó que la deflexión de humedad abajo de 100 cm fue mínima independientemente del horizonte, distancia entre planta, a excepción de los árboles jóvenes y que el consumo del agua fue alto, variando

con el tamaño de árbol, densidad de población y espacios cerrados, siendo de 100 cm a 130 cm para árboles de máximo crecimiento. (Miyamoto, 1983).

En estudio realizado en Ramos Arizpe, Coahuila, con árboles de 12 años de edad, variedad Western en suelo de textura pesada, en un rango de humedad de 44.45 % a 76.54 %, la cantidad de agua total aplicada varió de 60.16 cm a 96.08 cm lo que indica que es posible manejar la huerta con intervalos de 25 a 30 días entre riego, con abatimientos de 50 a 60 % de la humedad aprovechable (Hernández, 1984).

En un estudio realizado en la pequeña propiedad de Nazareno Durango, con árboles de 9 años de edad de la variedad Western, donde se aplicaron tres frecuencias de riego, riego cada 3, 4 y 5 semanas a partir de la brotación. Los consumos de agua fueron de 116, 106 y 90 cm, la cual indica que el patrón de extracción de humedad de las tres frecuencias de riegos fue muy similar, habiendo mayor extracción en el tratamiento regado más frecuentemente debido a una mayor disponibilidad de humedad (Godoy, 1977 y 1978).

La mayoría de las huertas de nogal en el sureste de los Estados Unidos, depende del riego y sus necesidades de agua son de mas o menos de 6 pies (183 cm) de lamina, en algunas áreas como el valle del Río Grande donde los problemas del manejo del agua se complican debido a la alta salinidad y el sureste donde ocurren altas precipitaciones se aplican hasta 130 cm de lámina. (Wolstenholme, 1979).

Árboles maduros de nogal en Brownwood, Texas, espaciados a 10 por 10 mts, requirieron 18 cm de lamina de agua por riego durante todo el verano (Romberg, 1960).

En las zonas productoras de nuez, el factor más importante para la producción es el agua. Recurso que influye en las fases de crecimiento y desarrollo del cultivo, incluyendo el periodo de dormancia. El nivel de disponibilidad de agua junto con el nivel de nutrimentos, afectan la cantidad y

calidad del fruto y el potencial de producción en los siguientes años (Godoy, 1996; Worthington et al., 1992).

Para mejorar la eficiencia del agua en la agricultura, es necesario evaluar el consumo de agua diario del cultivo (Evapotranspiración), y así determinar el momento oportuno de riego y la lámina de agua por aplicar. Para evaluar la Evapotranspiración de los cultivos se han desarrollado numerosas ecuaciones empíricas y semi-empíricas que requieren información registrada en estaciones meteorológicas. En México, con los datos existentes estas ecuaciones permiten calcular la Evapotranspiración potencial o de referencia mensualmente y tiene poca aplicación para las predicciones diarias (Rosenberg et al., 1983).

6.3 Sistema de información geográfica (SIG).

El SIG es una herramienta utilizada para manipular datos, El sistema de información geográfica que se utilizó en este estudio es el Arc View SIG 3.2 desarrollado por Environmental Systems Research Institute, Inc. Arc View es una herramienta poderosa y fácil de usar que permite acceder información geográfica, está basado cien por ciento en el sistema operativo Windows y los comandos se realizan básicamente a través de opciones de menú y programas creados por el propio usuario.

En las dos últimas décadas los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han difundido con notable rapidez por todo el mundo, las empresas comerciales, las instituciones gubernamentales y las académicas se preocupan por crear y mantener sus SIG ya que se trata de una tecnología única por su capacidad para responder a preguntas de tipo espacial. (Gutiérrez y Puebla, 1994) menciona que los SIG pueden responder a seis cuestiones fundamentales: *localización* (¿qué hay en...?), *condición* (¿dónde sucede qué...?), *tendencias* (¿qué ha cambiado...?), *rutas* (¿cuál es el camino óptimo...?), *pautas* (¿qué pautas existen...?), *modelos* (¿qué ocurriría si...?).

Estas cuestiones se abordan mediante los cuatro tipos de funciones de análisis espacial (Comas y Ruiz, 1993): por la cual se evalúan las características del área de influencia de una localidad determinada, que se

caracterizan por emplear operaciones que van acumulando valores a lo largo del área que atraviesan. El trabajo que presentamos es eminentemente metodológico y tiene como objetivo fundamental el de mostrar las formas de delimitar áreas de influencias mediante SIG de tipo Raster, utilizando para ello el software IDRISI,

En el caso particular el equipo utilizado es para manipular los datos.

6.4 Calculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o)

La evaporación, es la combinación de la evaporación desde la superficie de suelo y la transpiración de la vegetación. Los mismos factores que denominan la evaporación desde una superficie de agua cubierta también denominan la Evapotranspiración, los cuales son: el suministro de energía y el transporte de vapor. Además, el suministro de humedad a la superficie de evaporación es un tercer factor que se debe de tener en cuenta. A medida que el suelo se seca la tasa de evaporación cae por la tasa de nivel que generalmente mantiene un suelo bien húmedo.

La Evapotranspiración potencial de un cultivo (ET_o) en mm/día o mm/mes, es la tasa de evaporación de una extensa superficie de pastos verde de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo que sombrea completamente la superficie del suelo y que no sufre de escasez de agua (Doorembos y Pruit, FAO, 1975).

6.5 Aspectos generales del cultivo del nogal pecanero.

6.5.1 Origen del cultivo.

El cultivo del nogal pecanero es originario del norte de México y sureste de los Estados Unidos de Norteamérica (Medina y Cano, 2002). Los españoles llamaron nogal, al árbol pecanero, y a su fruto, la pecanera, la nombraron nuez.

El nombre pecana o pecanera es derivado del vocablo indígena Algonquín, que le da el nombre "Pakan" que significan nuez tan dura que requiere una piedra para quebrarla (Brison, 1976). Por miles de años la nuez fue uno de los principales alimentos de los indios americanos. Actualmente, el nogal es cultivado en la parte sur de los Estados Unidos y Norte de México.

6.5.2 Clasificación botánica.

El nogal pertenece a la familia *Juglandaceae* y su nombre científico es *Carya illinoensis* Koch.

6.5.3 Principales Países productores.

Existen varios países productores de nuez, de los cuales los Estados Unidos de América ocupa el primer lugar con una producción de 113 millones de toneladas, que representa un 78.6% de producción mundial. México, ocupa el segundo lugar con 28,274 toneladas que equivalen al 19.6%, Australia, Israel y Sudáfrica producen el 1.8%.

6.5.4 El cultivo del nogal en México.

Las primeras plantaciones del nogal pecanero se establecieron en el estado de nuevo León en el año de 1904 (Brison, 1976). La Comisión Nacional de Fruticultura, reporta en 1980 la existencia de 48 mil hectáreas plantadas de nogal, de las cuales aproximadamente 10 correspondían a nogales nativos y criollos. En 1996 se reportan 58,695 hectáreas de nogal pecanero plantadas en

México, de las cuales 34,495 en el estado de Chihuahua; que representan un 58% de la superficie nacional; 12,500 en el estado de Coahuila, 6,200 en Nuevo León, 3,300 en Durango y 3200 en Sonora. En 1999, Chihuahua tenía 35,135 hectáreas por lo tanto constituyen un total de 60,335 hectáreas de nogal plantadas en México. En menor importancia en superficie de nogal es el estado de Hidalgo, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, Baja California Norte, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas y Zacatecas.

6.5.5 El cultivo de nogal en la Comarca Lagunera.

Las primeras plantaciones del nogal en la Comarca Lagunera se establecieron en el año de 1948. Las variedades introducidas fueron: Western, Wichita, Buerkuett, San Saba, Improved, Stuart, Borton y Mahan, predominando Western y Wichita.

Actualmente el nogal ocupa uno de los primeros lugares en importancia dentro de los frutales cultivados. En 1979, una encuesta realizada en 300 huertas (90 % del total) indicó que existían 3, 579 hectáreas; de las cuales 1,325 estaban en producción y 2,254 en desarrollo. El 27% de nogales en producción estaba en rehabilitación con injertos de copa para cambios de variedad. La edad de los árboles era: de 1 a 2 años (16%), 3 a 6 años (35%) 7 a 10 años (19 %) y 10 años en adelante el 30%. En 1997, la superficie de nogal en producción en la región lagunera, era de 4,668 hectáreas, de las cuales 1,823 eran ejidales y 2845 de la pequeña propiedad. La distribución por municipio se presenta en el Cuadro 1. En 1997, se reportaron 1,537 hectáreas de nogal en desarrollo, que sumadas a las 4,903 en producción en 2004 constituyen un total de 6, 291 hectáreas de nogal pecanero en la región. En 18 años (1982 – 1999) la superficie de nogal en producción se ha triplicado al incrementarse de 1648 a 4903 hectáreas y la producción total de nuez se incremento 2.5 veces. Sin embargo, el rendimiento promedio por hectárea ha sido de 0.95 toneladas, con un mínimo de 0.64 y un máximo de 1.22 toneladas por hectárea.

Cuadro 1. Superficie de nogal en producción en la Comarca Lagunera (anuario 2004).

Municipio	Sup./ has	
	p. Ejidal y p. Privada	total
Lerdo	725	725
Gómez palacio	870	870
Mapimí	8	8
Nazas	854	854
Rodeo	264	264
Tlahualilo	148	148
Simón bolívar	15	15
Suma Durango	2884	2884
Matamoros	669	669
San pedro	1,776	1,776
Torreón	468	468
Viesca	171	171
Francisco. I madero	326	326
Suma Coahuila	3410	3410
Comarca Lagunera	6294	6294

6.5.6 Requerimientos climáticos.

El desarrollo del nogal es influenciado por la temperatura, humedad relativa, precipitaciones pluviales y otros factores que prevalecen en una determinada región.

6.5.7 Periodos libres de heladas.

El nogal requiere de una estación de crecimiento mínima de 210 días libres de heladas y preferentemente de 240 a 280 días. En la Comarca Lagunera, en un periodo de 46 años se presento un promedio de 275.4 días libres de heladas, siendo en 1980 el mas corto con 218 y 1988 el mas largo con 327 días. En la Comarca lagunera la fecha de brotación del nogal ocurre

generalmente durante la tercera semana de marzo; por lo cual es importante conocer cuando ocurre la última helada, ya que de ello depende para obtener una óptima producción.

En los 46 años de registro de heladas solo en siete años han ocurrido heladas después del 20 de marzo. Lo anterior significa que existe una probabilidad del 19 % de presentarse daño por heladas. Es decir, de cada 10 años solo en dos de ellos existe la probabilidad de que se presente daño por heladas en la brotación.

6.5.8 Temperatura

El cultivo del nogal se comporta adecuadamente donde la temperatura media en verano es de 25 °c a 35 °c, sin variación amplia durante el día y noche con un promedio de 26.7 °c. Además para los meses más fríos requiere una temperatura media de 7.2 °c a 12.3 °c. Los meses más calientes en la Comarca Lagunera son: mayo, junio, julio y agosto con una temperatura media mensual que fluctúa entre 25.3 °c y 26.7 °c y los más fríos enero y febrero con fluctuaciones de 13.0 °c a 15.5 °c razón por lo cual el cultivo del nogal tiene buenas condiciones para su desarrollo y producción.

El nogal de abril a octubre por lo general requiere de un mínimo de 4500 a 5000 unidades calor con un punto crítico de 10 °c. La completa maduración de fruto depende del calor acumulado por el árbol. El cultivar Western, requiere 4532, menos 214 unidades calor considerando como punto crítico 4.4 °c.

El nogal tiene un requerimiento de frío mínimo de 400 horas punto crítico de 7.2 °c. Sin embargo, requiere de 400 a 800 horas frío para inicie su brotación dependiendo de la variedad.

Los árboles de nogal nativos de América del Norte tienen un requerimiento promedio de frío de menos de 500 horas con diferencias entre variedades, Western y Wichita requieren de 400 horas frío. En la Comarca Lagunera, se

acumulan 262 horas con un punto crítico de 7.2 °c, un mínimo de 89 y un máximo de 435 horas frío

6.5.9 Humedad relativa.

La humedad relativa durante el período de polinización si es superior al 80% limita la polinización efectiva, debido a que las anteras no abren para liberar el polen. Además, promueve el desarrollo de enfermedades fungosas que atacan el follaje. La humedad alta causa la germinación de la nuez dentro del ruezno antes de ser cosechada. Los cultivar con ruezno grueso son mas susceptibles ya que esta característica impide su apertura.

6.5.10 Suelo y topografía

La nuez pecana crece comúnmente en suelos arcillo-arenosos bien drenados no sujetos a inundaciones prolongadas. Sin embargo, aparece en textura pesada, suelos aluviales de origen reciente, raramente crece en suelos planos mal drenados (Adams y Thielges, 1977; Nelson, 1965).

6.6 Establecimiento de una huerta de nogal.

6.6.1 Preparación del terreno.

El nogal requiere inversión por un largo periodo, por lo que el productor debe considerar aspectos de suelo y clima entre otros para realizar una inversión sustentable. Una vez seleccionado el terreno por sus características de profundidad (1 metro) y textura (media o ligera) como índice de drenaje natural, la preparación del suelo debe realizarse con anticipación antes de la plantación. Lo cual comprende las labores de: roturación de suelo, cruza, barbecho, rastreo, y nivelación para trazo de riego, cuando este sea por gravedad.

La longitud de hilera de árboles en terrenos bien nivelados depende de las condiciones físicas del suelo, con el fin de lograr una buena distribución de humedad en el suelo; deberá ser menor a medida que el suelo sea mas ligero (arenoso). Se recomienda que en suelos ligeros el largo de hilera no sobrepase los 100 metros y en terrenos pesados no mayor de 120 m. En el extremo de la hilera debe dejarse un mínimo de 6 m, para facilitar el manejo del mismo.

6.6.2 Sistema de plantación

El diseño de plantación tiene como uno de sus objetivos aprovechar mejor la luz durante la vida útil de la huerta. Existen diversos sistemas de plantación de nogal de acuerdo a la distancia entre árboles, intercalado de cultivos y proyección de la huerta a futuro. Entre los cuales se pueden mencionar el marco real, de diferentes distancias y tresbolillo (Cuadro, 2)

Cuadro 2. Numero de árboles por hectáreas en sistemas de plantación marco real y tres bolillos

Sistemas de plantación	Distancia / metros	Numero de árboles por hectárea
Marco real	10 x 10	100
tresbolillo	10 x 10	115
Marco real	12 x 12	70
Tresbolillo	12 x 12	80

6.6.3 Distancia de plantación.

Con el propósito de utilizar el terreno en forma intensiva, anticipar las primeras cosechas de nuez y recuperar la inversión en un plazo corto. En los últimos 25 años se ha presentado una marcada tendencia a establecer distanciamientos de 10 por 10 m. En otras regiones, sin embargo, evaluaciones efectuadas en huertas mostraron que con este distanciamiento el sombreado se

puede presentar a partir de los 10 a 15 años de edad, depende de las características del suelo y manejo de las huertas, ocasionando pérdidas en la producción y calidad de la nuez.

En el año 1979, un 40% de las huertas plantadas en la región tenían 100 árboles por hectáreas (10 por 10 m) y la edad predominante era de 1 a 6 años de edad. Lo cual representa un problema de sombreo entre árboles, particularmente en las huertas donde no se realiza la práctica de poda para controlar la copa del árbol. En las nuevas plantaciones se utilizó un espaciamiento de 12 por 12 m, controlando a través de poda selectiva el tamaño de copa y la densidad específica.

6.6.4 Época de plantación.

En base a observaciones realizadas en la región, así como por los datos reportados sobre el hábito de crecimiento de la raíz de los árboles, se recomienda plantar en los meses de enero y febrero ya que en esta época presenta las mejores condiciones para el desarrollo de la raíz como es la temperatura del suelo, y no compite con la brotación, lo cual asegura altos porcentajes de rendimiento de los árboles.

6.6.5 Selección y cuidado de la plantación.

Para tener éxito en la plantación es importante tener en cuenta la selección de árboles con tallos de 2 a 3 cm de diámetro adquiridos en viveros que garanticen sanidad y calidad de la misma. Es importante que los árboles tengan una buena ramificación de raíz, procurando que la raíz principal tenga una longitud no menor a 80 cm y por lo menos cinco raíces laterales que sean mayores de .5 cm de diámetro, según reportes el 30% de las fallas de las huertas en la comarca lagunera se debe a la falta de producción de nuevas raíces.

Es importante que la planta que se va establecer a raíz desnuda se mantenga en constante humedad y en lugares frescos para evitar que se deshidraten durante la plantación.

Para establecer la huerta se sugiere hacer hoyos un mes antes de la época de plantación. Estos deben ser lo suficientemente amplios para que las raíces de los árboles puedan colocarse fácilmente, por comodidad de operación se puede utilizar también una perforadora mecánica, la cual disminuye los costos de operación y acelera el realizar las perforaciones, en este caso se sugiere una profundidad de un metro o un mínimo de 40 cm de diámetro.

Los árboles a raíz desnuda para plantación deben mantenerse en lugares frescos y húmedos para evitar la deshidratación de la raíz. En el campo antes de plantarlos se sugiere que estén en lugares sombreados cubiertos contra los rayos solares conservando la raíz en agua. Al momento de plantar los árboles se deben colocar en el hoyo y rellenarlo hasta la superficie. En el vivero, se debe regar inmediatamente y después mantener humedad suficiente, por lo cual se sugiere regar cada 7 días para mantener una buena brotación, posteriormente se puede aplicar el riego cada 15 días a partir del mes de junio hasta antes que inicie el invierno.

6.6.6 Poda de plantación

Entre los factores que influyen sobre la producción de raíces y la brotación del árbol después de transplantarlos, destaca la cantidad de raíces laterales mayores de 0.5 cm de diámetro y la acumulación de reserva del árbol antes de su extracción por lo cual se recomienda la poda de la raíz antes de plantarlos en la huerta.

Es muy importante hacer un balance entre la parte aérea y raíz, lo cual se logra con la poda del tallo a 0.50 m del suelo al momento del transplante, provocando que los nuevos brotes logren una longitud de crecimiento al final del primer año de 30 a 40 cm.

6.7 Influencia del agua en el manejo integral del nogal

Uno de los principales problemas que enfrentan los productores de nuez, es la alternancia o variación anual drástica de altos y bajos rendimientos de

producción de nuez por árbol, resultado de una relación adecuada de hoja-fruto que requiere de 6 a 8 hojas para producir una nuez de buena calidad.

Si en un año el nogal tiene un rendimiento alto, se debe a la gran cantidad de carbohidratos que acumulo durante el año anterior, lo que incrementa la fructificación, al grado de no obtener una calidad aceptable del fruto, al menos que se remueva una cantidad de estos al inicio o durante el estado acuoso (aclareo de frutos). Si no se realiza la practica, el árbol sufrirá un estrés fisiológico, el cual se puede acentuar drásticamente por el sombreo y falta de humedad, provocando germinación prematura de la nuez, ruezno pegado, disminución significativa del tamaño y el llenado de la nuez, así como una baja acumulación de carbohidratos en el árbol. Este último efecto promoverá que durante la brotación del siguiente año, las flores pistoladas, cuyo número es función directa de la cantidad de sustratos, disminuya significativamente, dando como resultado una relación inadecuada hoja-fruto. Lo anterior permite que durante el año no se presente el estrés fisiológico en el árbol y alcance a producir, aunque poco, nueces de calidad además de una alta acumulación de sustrato, lo que inducirá a que el siguiente año se tenga una alta fructificación y una sobrecarga de frutos.

Para las condiciones de clima de las principales zonas productoras de nuez, con un rendimiento promedio de 2 a 2.2 toneladas por hectárea es mas cercano al limite superior que el árbol que puede producir con una almendra aceptable, arriba de este valor, el porciento de almendra y tamaño de nuez disminuye inversamente incrementando significativamente la presencia de nuez germinada y ruezno pegado.

Para maximizar el problema de alternancia y producir nuez de buena calidad a través de los años, es muy importante tener una relación adecuada hojas-fruto en el árbol, sostener una alta eficiencia fotosintética de las hojas para abastecer de carbohidratos a la nuez que se produce durante el año y almacenar una adecuada cantidad de carbohidratos que sostendrá la producción del siguiente año.

El agua es el principal factor de manejo que permite alcanzar una mayor eficiencia fotosintética de las hojas y en consecuencia una alta producción y calidad de nuez. La disponibilidad de agua para el nogal es función de la cantidad y oportunidad con la que se suministra al suelo, por lo que si se desea que la producción de nuez sea sostenible a través de los años, se deberá mantener un nivel adecuado de agua que permita al árbol abastecerse de acuerdo a su demanda por etapa fenológica y tamaño de copa.

La producción de nuez es excelente cuando predominan condiciones óptimas de humedad aprovechable en el suelo en algunas etapas fenológicas importantes como elongación del fruto, que ocurre durante los meses de abril y mayo, expansión de principios de julio a principios de agosto, y el desarrollo de almendra que se presenta durante agosto y parte de septiembre. La baja disponibilidad de agua en uno o más de estas etapas repercute negativamente en el crecimiento y desarrollo de fruto.

Sí el nogal tiene una baja disponibilidad de agua durante la elongación y expansión de la nuez producirá nuez pequeña que, en un momento dado, alcanzan un buen llenado con la humedad adecuada en el suelo durante el desarrollo de la almendra. Por el contrario, la nuez será grande, pero con pobre llenado, cuando existan condiciones adecuadas de humedad durante la elongación y expansión de la nuez, seguidas por condiciones inadecuadas de humedad en el suelo durante el desarrollo de la almendra.

Es importante que exista un nivel adecuado de humedad en el suelo después de la maduración de la nuez, para que el ruzno abra adecuadamente, ya que puede existir suficiente humedad para el desarrollo de la almendra, pero no para el ruzno; lo anterior se debe a que el suelo llega a secarse después de que el periodo crítico de desarrollo de la almendra ha finalizado, estimulando la germinación prematura de la nuez.

Se debe señalar que el árbol a medida que pasan los años se incrementa drásticamente su tamaño y consumo de agua. Por lo tanto en el área superficial de la cubierta vegetal, donde se cosecha la luz solar y se genera biológicamente la energía necesaria para el funcionamiento del árbol,

crece exponencialmente. Además, del tamaño de árbol, prácticas culturales (poda), manejo de piso en la huerta y la sanidad afectan el uso de agua. Los métodos de riego, contrario a lo que se cree en mucho de los casos, por lo general no cambia, pero sí afecta su eficiencia de distribución y en consecuencia el agua requerida para abastecer una huerta. Sin embargo, existen otros factores importantes como la nutrición, plagas, salinidad y enfermedades, que al combinarse con el manejo inadecuado del agua influyen en forma decisiva en la producción irregular y falta de calidad del fruto.

Las condiciones analizadas anteriormente permiten ver la importancia que tiene el manejo óptimo del recurso agua, durante un ciclo y a través de los años, para obtener una buena producción de nuez estable, es importante la conservación de agua y sustentabilidad del ecosistema, que permite a los productores de nogal de México mayor beneficio económico.

6.8 Etapas fenológicas del nogal

El nogal requiere de 150 a 230 días libres de heladas para producir una cosecha. Sus requerimientos de frío fluctúan entre 400 a 600 horas frío dependiendo de la variedad, además de necesitar un clima caliente durante el verano (Brison, 1976; Cano, 1994; Medina , 1979).

En las zonas productoras de nuez, el factor más importante para la producción de este cultivo es el agua, este recurso no solo influye en las fase de crecimiento y desarrollo si no en todo su ciclo, incluyendo la dormancia. El nivel de disponibilidad del agua, junto con el nivel de nutrimentos, afecta la calidad y cantidad de la almendra durante el año y el potencial para la buena cosecha en los siguiente años (Godoy, 1996; Worthington et al.,1992).

En el cultivo del nogal pecanero como en otros cultivos, es importante conocer cuando inician sus diferentes fases fenológicas y el periodo en el cual son completadas. Lo anterior tiene el propósito de poder programar de manera eficiente algunas prácticas culturales importantes dentro de las cuales se encuentra la aplicación del riego.

6.8.1 Hábito de floración.

En los nudos de cada brote existen dos, tres o más yemas (Figura, 1) La yema más próxima a la yema terminal del brote se le conoce como yema primaria, mientras que las otras son yemas de reserva y no se desarrollan a menos que las yemas primarias o el brote, que nace de esta sea desnutrición por una helada, insectos u otros factores adversos. Los brotes de yema secundaria pueden producir flores femeninas pero no amentos (flores masculinas), después de ocurrir las pérdidas de brote primarios (Herrera, 1996 y 1983).

Cuando en la yema primaria, aparecen tres amentos (flores masculinas) en cada lado del brote, estos son capaces de producir más de 10 millones de grano de polen. Estos fueron diferenciados el año anterior, después que la yema, de la cual son parte, fue formada (Figura, 2) (Madden, 1979).

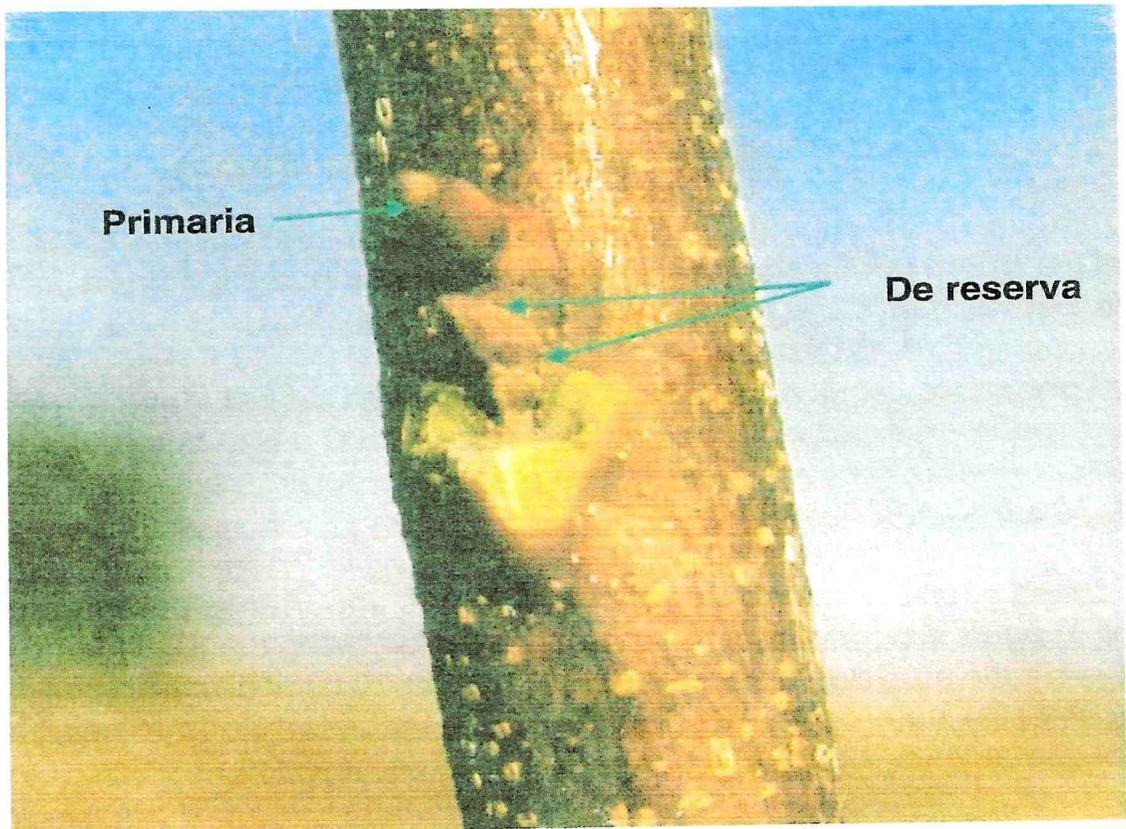


Figura 1. Yema primaria y de reserva existente en cada nudo del nogal.

La brotación de la yema primaria varía según el clima prevaleciente al inicio del año. Sin embargo, por lo general ocurre la segunda y tercera semana de marzo (Arreola y Lagarda, 1994b; Godoy, 1996).

6.8.2 Crecimiento de brote.

El brote que desarrolla la yema primaria continua creciendo después que los amentos se han desarrollado completamente. Los brotes llegan a su máximo desarrollo para la segunda o tercera semana de mayo y el periodo de mayor crecimiento se presenta de la primera semana de abril hasta la segunda semana de mayo, en árboles jóvenes este periodo de prolonga hasta junio. El brote generalmente produce de 8 a 10 hojas compuestas cada una de las cuales tiene de 13 a 17 folíolos y se requieren como mínimo seis hojas por nuez para que la almendra pueda llenar bien (Herrera, 1996).

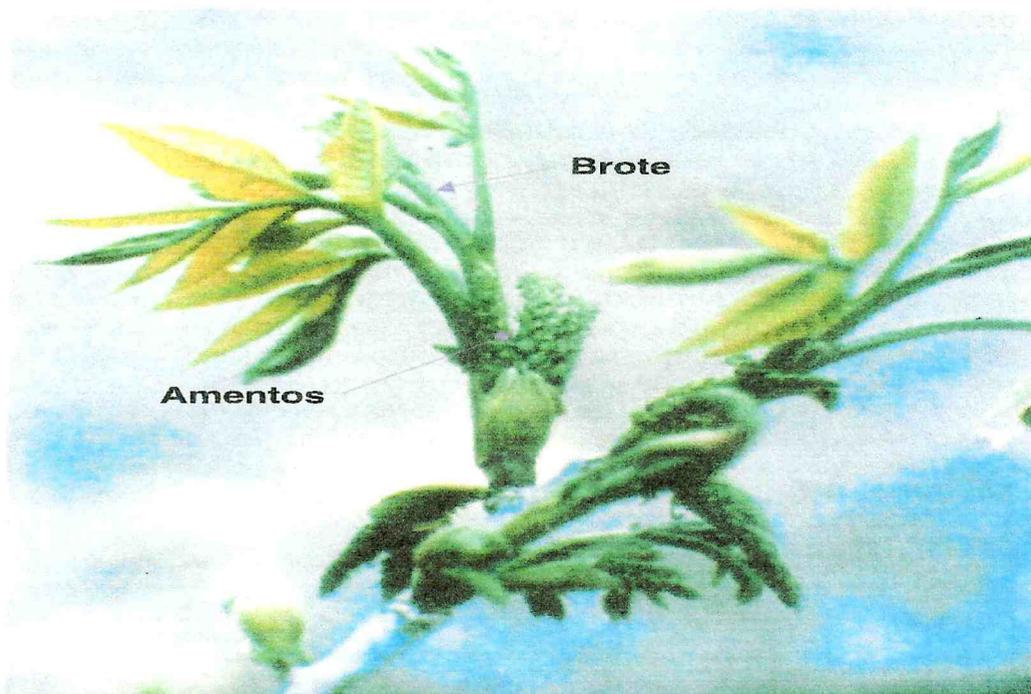


Figura 2. Brote en nogal en desarrollo que muestra tres amentos de cada lado.

6.8.3 Receptividad del estigma y polinización.

El brote puede o no producir flores femeninas, cuando los brotes producen flores femeninas se les llama brotes fructíferos, cuando no, son brotes vegetativos. Los fructíferos en nogal cambian a medida que el árbol se desarrolla (Sparks, 1979). La relación puede ser dividida en tres etapas:

- 1-. Fase vegetativa. Cuando todo los brotes son vegetativos y ninguno fructífero.
- 2-. Fase transitoria. Aumentan los brotes fructíferos y disminuyen los brotes vegetativos.
- 3.- fase de maduración. Todos los brotes son capaces de formar frutos.

El periodo de fase vegetativo y transitorio varía con el cultivar. Durante esta fase el producto de nogal desea maximizar el crecimiento debido a que mientras el árbol es mas grande, mas rápido entra en producción y mayor será la cosecha.

Las estigmas de las flores femeninas se vuelven receptivos (figura 3), después de la liberación del polen, lo cual se conoce como dicogamia protandrica, o bien antes de que el polen sea liberado, denominado dicogamia protogenica. Algunas variedades protandricas son las Western, Frutoso, Barton y Cado; y protoginicas Wichita, Cheyenne, Texas y Mohauk (Herrera, 1996).

Durante la polinización, un líquido viscoso cubre la superficie del estigma, el cual retiene los granos de polen durante el tiempo en que las flores femeninas son receptivas. La fertilización o cuajado ocurrirá de 5 a 7 semanas después de la polinización, posterior a la fertilización se presenta la primera caída del fruto que corresponde a flores normales no polinizadas, aunque algunas de las flores polinizadas se pueden caer debido a que la reserva de carbohidratos se agoto en el crecimiento inicial y la nuez no se nutrió adecuadamente, esta caída es mas peligrosa en algunas variedades que en otra y frecuentemente el productor no lo nota. Aproximadamente el 25 % del

total nuez se cae durante la primera y segunda caída. Esta última ocurre durante el estado acuoso, en algunos resultados de investigación han demostrado que caerá menos nuez cuando la polinización es cruzada en comparación con la auto polinización (Arreola y Lagarda, 1994; Sparks y Madden, 1985).



Figura 3. Inflorescencia del nogal pecanero, mostrando las flores femeninas.

6.8.4 Crecimiento de la nuez.

El crecimiento de la nuez empieza con la polinización y puede dividirse en cuatro fases:

- 1.- retraso del crecimiento del fruto.
- 2.- rápida expansión del fruto.
- 3.- endurecimiento de la cáscara.
- 4.- crecimiento de la almendra.

(Arreola y Lagarda, 1994; Godoy, 1996; Herrera, 1990), las fases son independientes entre si en la fase de retraso, que se completa en 90 días, a partir de la receptividad del estigma, el fruto acumula peso seco muy lentamente y abarca casi la mitad del periodo en que acumula materia seca, la mayoría del peso seco del fruto y contenido mineral se acumula durante la mitad de su ciclo de crecimiento que comprende alrededor de los 50 a 55 días. La fase de retraso del crecimiento del fruto ocurre al inicio, máximo y al final del estado acuoso. Esta fase se llama así debido a que el endosperma es totalmente no celular.

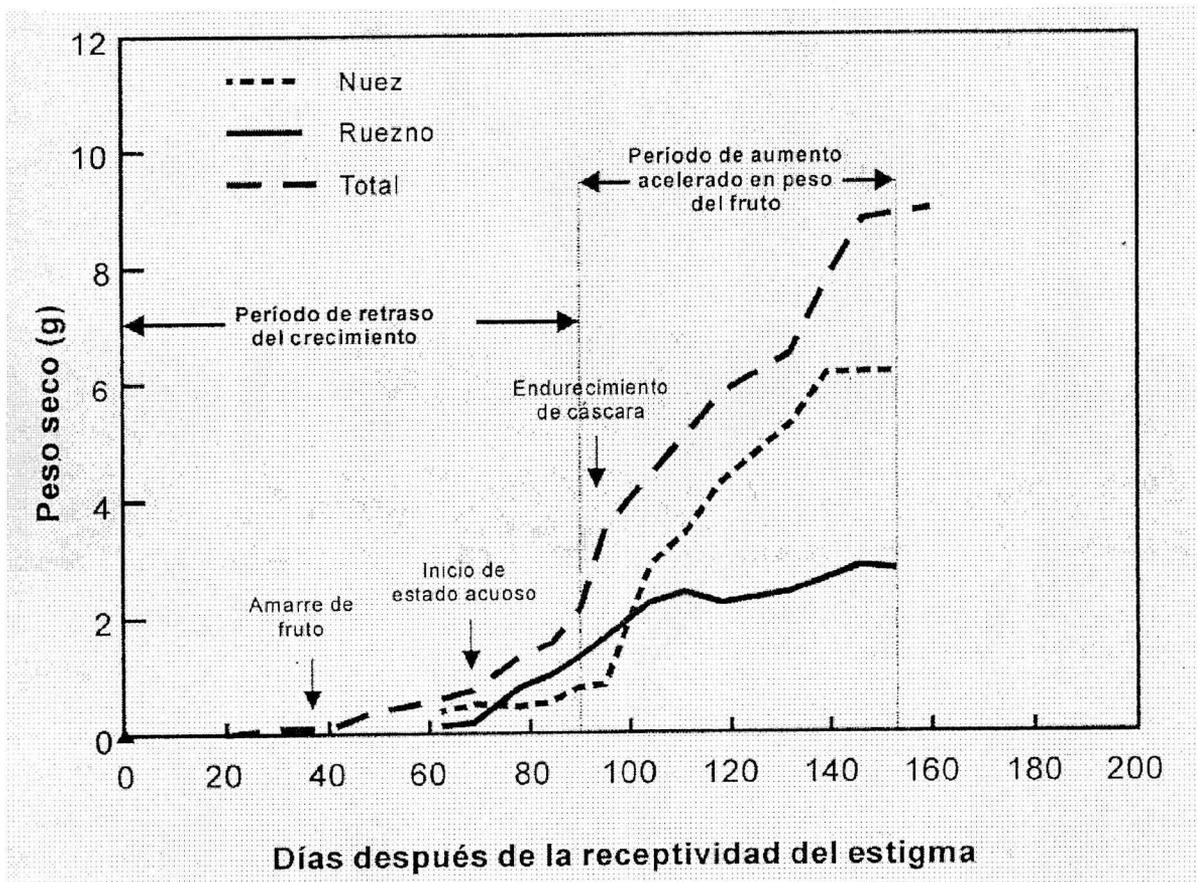


Figura 4. Movimiento de la dinámica del peso, peso seco de la nuez y del ruezno.

6.8.5 Maduración de la nuez y apertura del ruezno.

La almendra alcanza su madurez final alrededor de la segunda semana de septiembre, la mayoría de los materiales de almacenamientos son

translocados hacia dentro de la nuez por los brotes y hojas vecinas durante las últimas seis semanas del llenado de la almendra. Lo anterior significa una extracción exhaustiva de las reservas alimenticias del árbol. Una almendra de alta calidad contiene de 73 a 75 % de aceite, 12 a 15 % de proteína, 3 a 4 % de agua y de 1.5 % de minerales (Arreola y Lagarda,1994). La nuez esta madura cuando el ruezno se separa de la cáscara y las marcas se desarrollan en la punta de la nuez, en seguida las saturas del ruezno comienzan su abscisión natural desde la parte distal, separándose en cuatro cuartos; esto sucede cuando el sistema vascular se separa parcialmente de la superficie dorsal del ruezno, figura, 6 (Sparks, 1996; Sparks y Yates, 1995).

La apertura del ruezno, permite tanto el ruezno como la nuez secarse y el contenido de humedad de la nuez disminuya de 30 a 12 % al momento de la cosecha. La separación de la nuez del ruezno depende del factor climático y forma de la nuez, ya que el desprendimiento es menor en nueces redondas (Herrera, 1995).

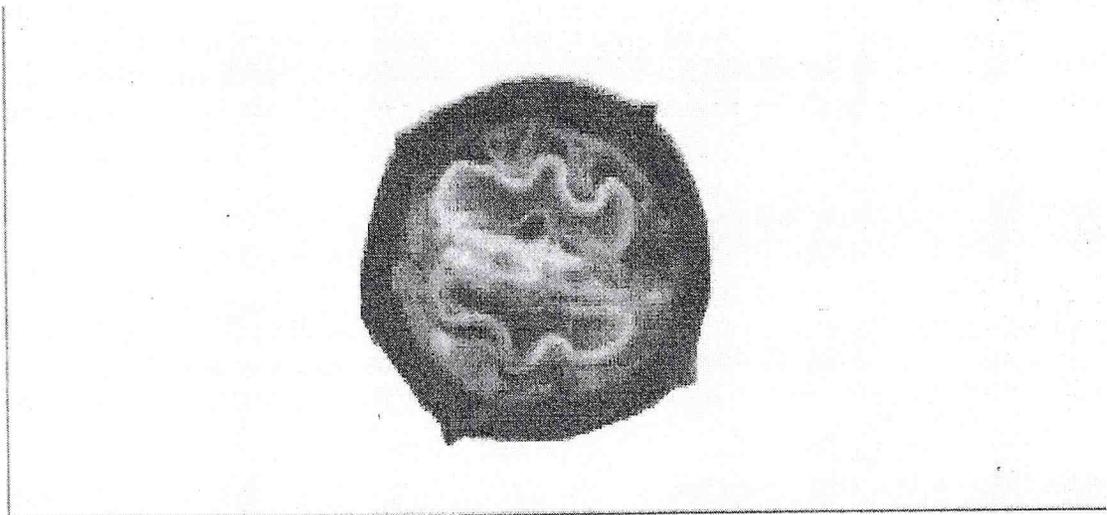


Figura 5. Corte transversal del fruto del nogal que muestra al inicio del endurecimiento de la cáscara y del máximo estado de acuoso



Figura 6. Apertura normal del ruezno de la nuez.

6.9 Susceptibilidad del nogal a deficiencia hídrica en sus diferentes etapas fenológicas.

6.9.1 Antes de brotación a inicio de brotación.

En los primeros meses del año y hasta antes de la brotación de los árboles se ha encontrado que el consumo del agua y pérdidas por precolación directa del suelo es bastante bajo, debido principalmente a que la demanda ambiental es baja y al mismo tiempo los requerimientos del árbol son casi cero ya que todavía no tiene hojas. Los valores del consumo de agua calculada durante el periodo, corresponden principalmente al agua perdida a través de la evaporación directa del suelo.

Datos obtenidos en un estudio realizados muestran que las pérdidas por la evaporación del suelo pueden representar hasta 30% del consumo total durante este periodo y el resto del ciclo del cultivo (Avalos, 1994; Godoy, 1996).

Es necesario mencionar, que no obstante, que durante este periodo (enero, febrero y marzo) el consumo de agua por la planta es muy baja se considera importante mantener el contenido de humedad del suelo no menor del 50% de la humedad aprovechable (Godoy, 1987; Godoy, 1994; Godoy y Lagarda, 1986).

6.9.2 Inicio de brotación a receptividad del estigma.

Durante este periodo la extracción de la humedad del suelo es un poco más intensa que en el periodo anterior a la brotación. En los primeros días, después del inicio de la brotación, los carbohidratos almacenados en el ciclo anterior son translocados y se utilizan durante la brotación, expansión de la hoja, brotes, y para iniciar el crecimiento del sistema radical. Tal vez esta sea la explicación de porque aun cuando en el árbol están sucediendo los eventos antes mencionados, el consumo del agua durante estos días todavía no es muy alto.

En el periodo de mayor crecimiento del brote y expansión de las hojas, el consumo de agua se incrementa de manera significativa. Además, se considera que el contenido de humedad del suelo no debe de descender más del 50% de la humedad aprovechable para no afectar estos eventos (Godoy, 1994; Miyamoto, 1983; Miyamoto, 1985; Worthington et al., 1992).

6.9.3 Receptividad del estigma a inicio del estado acuoso.

Durante lo primeros 35 años del periodo, la humedad del suelo no debe descender mas del 50% de la humedad aprovechable (Godoy, 1994; Miyamoto, et al., 1995) valores menores de este limite provocan aborto del fruto. Esta caída difiere entre variedades, encontrándose valores de 36, 28 y 6 veces mas aborto en Western y Cape Fear respectivamente, cuando se comparan con árboles irrigados a un nivel igual o superior al 50% de la humedad aprovechable en el suelo (Madden,1979; Sparks,1989). Esta diferencia entre variedades sugiere diferencia en tolerancia a sequía,

provocada por una diferencia en la profundidad de suelo que puede explorar la raíz.

En este último periodo mantener el 50% de la humedad aprovechable en el suelo permite que el periodo de rápido crecimiento radical, el cual ocurre del inicio de la receptividad del estigma y se prolonga hasta una o dos semanas después de haberse iniciado el llenado de la almendra, y no se vea afectado (Sparks 1979). Este último nivel de humedad aprovechable permite que la translocación bidireccional de las hojas ya maduras, que es hacia el desarrollo vegetativo y a otras partes incluyendo a las raíces, tampoco se vea afectada. En este periodo, es importante recordar, el crecimiento en tamaño y acumulación de peso seco del fruto es bastante bajo. Lo anterior justifica en gran parte en lo que todavía se puede manejar niveles bajos de humedad aprovechable en el suelo.

Después de los 35 días y hasta el inicio en el estado acuoso la acumulación de materia seca total del fruto se incrementa aunque no en una forma significativa. Sin embargo, es importante que la humedad aprovechable se mantenga en el suelo en un 60% para no afectar el crecimiento longitudinal y transversal del fruto, ya que en este periodo se alcanza hasta 35 y 50% del tamaño final respectivamente (Godoy, 1996; Godoy y Lagarda, 1986). Cualquier nivel de humedad aprovechable menor del 60% afectará directamente el tamaño final del fruto (Godoy, 1994; Miyamoto, 1983; Pivette, 1984).

6.9.4 Inicio del estado acuoso a máximo estado acuoso e inicio del endurecimiento de la Cáscara.

En este periodo que abarca alrededor de 25 días, la humedad aprovechable no debe descender más allá del 70%, ya que valores inferiores de este límite afectan el crecimiento del embrión, disminuye la acumulación de materia seca en el ruzno, tamaño final del fruto y las dimensiones finales de la almendra (Godoy, 1994; Herrera, 1990; Miyamoto 1985).

Alrededor de siete días de después de iniciado el estado acuoso ocurre la siguiente caída del fruto (Arreola y Lagarda, 1994). Los frutos son muy susceptibles a daño por influencia externa durante este periodo por causa de alta turgencia del embrión. Algunas de las que se mencionan pueden provocar esta caída son: un periodo en que la humedad aprovechable del suelo se mantenga por debajo del 70%; siguiendo por otro periodo con valores arriba del 70%. En este caso los frutos pueden no caer durante el periodo de menos del 70%, si no cuando existen cuando existen valores arriba del 70%, debido a la predisposición causada por el esfuerzo realizado durante el periodo que el árbol fue sometido a una humedad inadecuada del suelo (Godoy, 1994; Hammar y Hunter, 1945; Herrera 1983; Medina, 1983).

Daño de insectos u otra clase de daño al fruto que afecten la pared del embrión también causa caída del fruto (Herrera, 1983).

6.9.5 Inicio de endurecimiento de la cáscara hasta completo llenado de la almendra.

Este periodo final de engrosamiento de los cotiledones es la parte mas importante del crecimiento del embrión para la formación de una almendra llena. Una vez que se inicia el llenado de la nuez, aparte del riego, cualquier práctica de manejo que se realice ya no influirá en el tamaño final de la nuez; pero si será importante en el engrosamiento de los cotiledones para la formación de una almendra bien llena. En esta fase, los fotosintatos elaborados por las hojas son translocados en solución con el agua hacia frutos y otras partes del árbol para su almacenamiento; si la humedad aprovechable desciende abajo del 80 al 90%, se afecta el peso seco final de la almendra (Godoy, 1996; Herrera, 1990).

Debido a la alta frecuencia con lo que se deben aplicar los riegos en este periodo se sugiere que las laminas o volúmenes de agua sean reducidos para evitar largos periodos de encharcamiento. Laminas o volúmenes de agua en exceso pueden ser perjudiciales para el árbol como un estrés de agua e incluso ser peor que este (Miyamoto *et al.*, 1995). El encharcamiento o saturación del suelo en la zona radical puede inducir daño al sistema radical, dificulta la toma

de agua, amarillamiento de las hojas, necrosis, defoliación, disminución en la fotosíntesis y puede que árbol muera (Smith y Bourne, 1989; Mielke, 1981). Los árboles que están sujetos de una forma constante a altos niveles de humedad aprovechable en el suelo, más arriba que los señalados para el periodo y los anteriormente discutidos, pueden también llegar a tener un exceso en su crecimiento, especialmente cuando se combina con altas dosis de nitrógeno.

6.9.6 Condiciones hídricas del fruto y su relación con la disponibilidad de agua

En el tiempo en que el fruto esta creciendo longitudinalmente y transversalmente (amarre del fruto-fin del estado acuoso) y bajo un suministro adecuado de agua en el suelo, el agua en los frutos sale de estos a través del xilema y es translocada principalmente a las hojas durante parte de la mañana, medio día y en la tarde cuando el gradiente de potencial hídrico es a favor del xilema de la planta (During *et al.*, 1987; Findlay *et al.*, 1987; Huitrón y Godoy, 1996; Lang y During, 1991; Zhang y Luo, 1993); pero, los frutos capturan agua ya muy entrada la tarde (después de las 18 horas); durante la noche y parte de la mañana del día siguiente, debido a que durante este tiempo el gradiente de potencial hídrico es a favor de los frutos. Además, la transpiración en la cubierta vegetal del nogal cesa rápidamente y con esta el flujo de savia, prosigue a una tasa baja y constante hasta muy temprano al día siguiente, por lo que el retraso entre la transpiración y absorción que se presenta durante la mañana, medio día y parte de la tarde (de 8:00 a 18:00 horas), representa agua inmediatamente disponible que tiene la planta almacenada dentro de sus órganos, como lo son los frutos, hojas, pecíolos y ramas pero principalmente en la raíz (Hinckley y Ritchie, 1970; Lansberg *et al.*, 1976; Schultze *et el.*, 1985; Steinberg *et el.*, 1990).

Con relación a lo anterior, algunos autores (Pate *et al.*, 1985; Van Lersel *et al.*, 1990 y Osterhuis, 1993) han encontrado evidencias que cultivos como algodonoero, soya y vid, reciclan mas del 70% del agua que reciben,

devolviéndola a la planta madre. Así mismo, estudios anatómicos y experimentos directos (Pate et al., 1985; Zhang y Luo, 1993) usando solutos móviles en xilema hacia dentro y fuera del fruto invierte su dirección durante el día tal y como sucede en el nogal.

Si el fruto en este periodo se somete a un nivel de humedad aprovechable del suelo por debajo de lo que se ha venido recomendando, las variaciones diarias en el intercambio del agua entre los frutos y el xilema de la planta son similares a los que se presentan cuando el suministro de agua es adecuado. Sin embargo, la tasa de salida y entrada del agua en los frutos si cambian. La tasa de salida de agua en los frutos bajo estrés es mas alta y la de entrada es mas baja que en los que no estresados. En frutos no estresados y debido a mayor flujo de agua hacia ellos provocan una condición hídrica mas adecuada, lo que le confiere una mayor capacidad de crecimiento que se refleja en un mayor tamaño del flujo, (Zhang y Luo, 1993).

Durante el llenado de la almendra, y debido a que esta constituye una fuerte demanda de los azúcares transportados por el floema, el transporte de agua a través de este conducto juega un papel importante en el suministro de agua a los frutos. En este periodo el patrón de intercambio de agua entre el fruto y el resto del árbol cambia drásticamente ya que la contribución del agua del xilema hacia el fruto se reduce notablemente por el bloqueo en los elementos de este cultivo (Gleen et al., 1993). Lo anterior indica que durante esta fase la mayoría del agua que se acumula en el fruto procede de la savia del floema, y cualquier nivel de humedad aprovechable en el suelo por debajo del 80% al 90%, afectara no solo la translocación de agua, si no también la fotosíntesis afectando negativamente el tamaño y calidad de la almendra (Godoy, 1996; Godoy y Lagarda, 1986).

6.9.7 Apertura del ruezno

Una vez que la nuez esta madura, el factor principal que controla la apertura del ruezno es la disponibilidad de agua en el suelo (Godoy, 1996; Herrera, 1990; Sparks, 1989), mantener un nivel superior al 50% de la humedad aprovechable acelera la apertura del ruezno y no afecta la translocación de carbohidratos, ya que en este periodo y hasta la caída de la hoja en forma natural (primera helada), todas la hojas están enviando carbohidratos hacia los órganos de reserva para su uso en la próxima brotación. El mantener este nivel de humedad en el suelo, cosechar temprano y la remoción de frutos, cuando hay demasiada carga, disminuye notablemente el número de nuez germinada (Sparks et al., 1995).

El rendimiento de la nuez también depende en gran medida de la forma de la nuez, ya que esta es menor a medida que la nuez tiende a la forma redonda como en la variedad Choctaw (Herrera, 1993).

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Localización geográfica de la comarca lagunera.

El área de estudio se encuentra ubicado dentro de la Comarca Lagunera se localiza en la parte suroeste del estado de Coahuila y noroeste del estado de Durango. Comprendida entre los paralelos 24° 05' y 26° 54' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 105° 01' de longitud oeste de Greenwich y una altitud de 1150 msnm. Colinda al norte con el estado de Chihuahua, al sur con el estado de Zacatecas y el municipio de Guadalupe Victoria, Durango, y al oeste con los municipios de Hidalgo, San Pedro del Gallo, Inde, Coneto de Comonfort y San Juan del Rio, Durango.

7.2 Características climáticas.

7.2.1 Temperatura.

La zona esta caracterizado por tres tipos de clima; BSiK, que significa semiseco templado en la parte alta, la parte baja como BSoK, que quiere decir seco templado y la mayor extensión lo ocupa el valle donde se encuentra un clima de tipo BWh, que es muy seco y semicálido (INEGI, 2002).

La temperatura media anual es de 22.6 °c (Figura 9), la mínima promedio es de 14.1 °c en el mes de enero y la máxima promedio es de 29 °c en el mes de junio (INEGI, 2002)

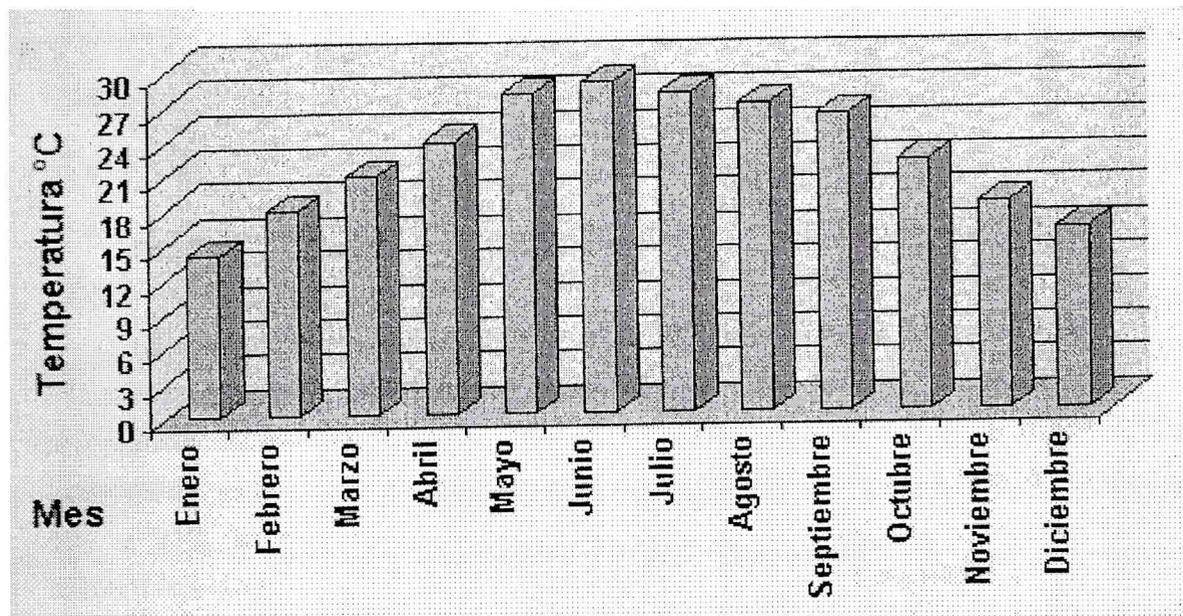


Figura 7. Temperatura promedio mensual de la comarca lagunera.

7.2.2 Precipitación.

La precipitación promedio anual de la región lagunera es de 215.5 mm, siendo el mes de septiembre el mes mas lluvioso con 44.9 mm, y marzo es el menor con 1.5 mm, la variación se presenta (Figura 10)(INEGI, 2002).

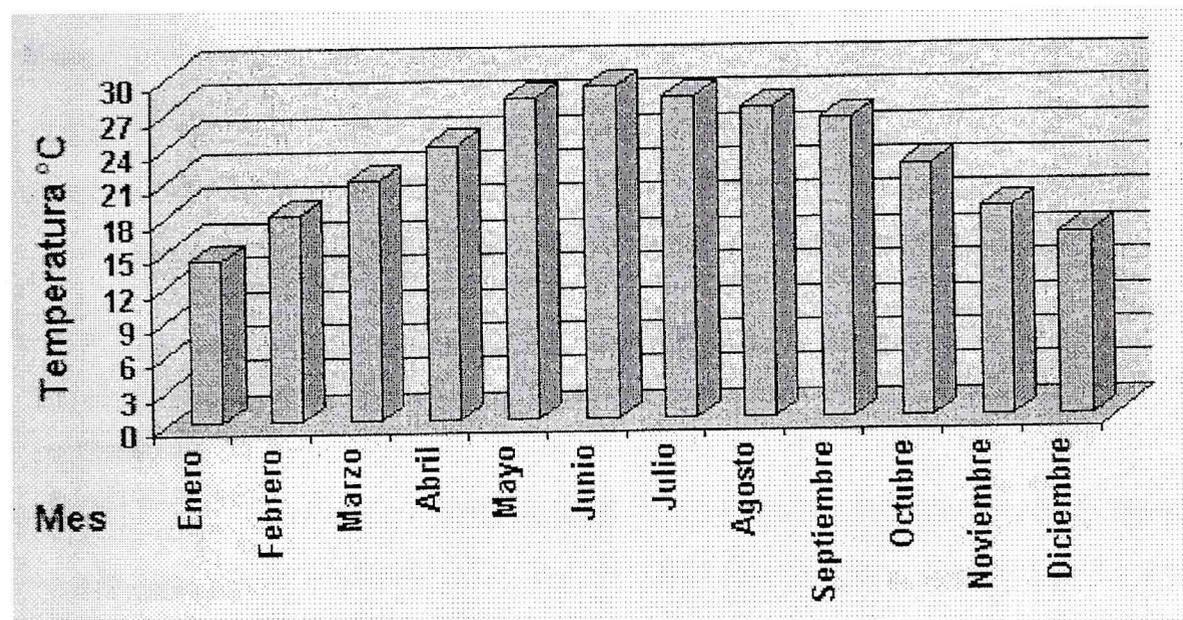


Figura 8. Precipitación promedio mensual de la comarca lagunera.

7.2.3 Evaporación

La evaporación registrada en la región lagunera es muy intensa con un promedio anual de 2500 mm. En cuanto a datos adicionales se tiene que el número de días despejados al año oscila entre 199 y 213, el número de días nublados es aproximadamente 40 días durante el año y con número de heladas al año con 22 días (INEGI, 2002).

7.3 Fuentes de abastecimiento de agua.

El área hidrográfica de la comarca lagunera esta constituida principalmente por la cuenca del Nazas y del Aguanaval; una tercera fuente es el agua subterráneo (bombeo).

El río Nazas nace en el centro del estado de Durango, cuenta con una cuenca de 36,323 km², con una longitud de 220 Km., con un escurrimiento medio anual de 1,098 millones de M³, sobre el río se localizan las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco.

El río Aguanaval nace en el estado de Zacatecas con una superficie de 2,534 km², una longitud de 305 Km. Y un escurrimiento anual de 160 millones de M³. A lo largo del río Aguanaval hay dos presas construidas en el estado de Zacatecas, el Leobardo Reynosa y el Cazadero.

Como tercer fuente de abastecimiento de la comarca lagunera es el acuífero subterráneo con el cual se riegan aproximadamente 55,542 hectáreas, con un promedio de 1600 pozos.

7.4 Infraestructura hidráulica

Una vez que las aguas avenidas” y “crecientes” son derivadas del río Aguanaval mediante presas derivadoras del tipo fijo y mampostería; y mecanismos de control a base de compuertas metálicas de tipo manual y deslizante, y de tamaño variable según el área hidráulica del canal; estas son conducidas por canales principales, que en su trayecto pueden dividirse en

canales secundarios, y éstos a su vez en canales terciarios y que conducen el agua hasta los compartidores, donde se originan las acequias, que corren paralelas al canal principal o canales secundarios o terciarios, según sea el caso, y que se utilizan para conducir el agua a las parcelas, en donde al inicio de cada parcela se originan las contra-acequias, que corren perpendiculares a las acequias y sirven para introducir el agua a los cuadros, previa construcción de un represo rústico a base de tierra y ramas sobre el cauce de la acequia. Adicionalmente la infraestructura indicada, en los márgenes del río Aguanaval, también existen los bordos de protección que resultan indispensables para el control de las inundaciones.

Los compartidores son estructuras de concreto, fijas y sin compuertas; diseñados de tal manera que el caudal que transita por el canal, pueda ser distribuido de forma equitativa entre dos o más acequias y el propio canal; y las acequias, como se dijo anteriormente, están construidas en tierra, corren paralelas a los canales, y conducen el agua hasta el punto donde se originan las contra acequias. Los cuadros de 2.5 hectáreas, catalogados como depósitos artificiales para almacenar el agua bronca de las "crecientes", están delimitados por bordos principales en tierra, de forma trapezoidal, de 1 a 2 m de altura, de 2 a 3 m de base y 0.5 a 1 m de corona, sin afine; también están subdivididos por bordos secundarios, cuya altura y número depende de la pendiente del terreno. Los bordos secundarios se trazan perpendiculares a las contra-acequias y permiten seccionar la superficie en cuadros más pequeños, denominados localmente como "cuadro de arriba" o "cuadro de abajo", cuya función consiste en lograr una distribución uniforme del agua a nivel de parcela. De esta manera, puede decirse que para los productores que disponen de presas derivadoras y red hidráulica, el aniego consiste en llenar a los cuadros hasta que el agua alcance una altura de 0.80 m a un metro o bien, hasta que a criterio del agricultor, se considere que los cuadros tienen la máxima cantidad de agua que puede introducirse, sin poner en peligro la resistencia de los bordos; mientras que para los productores que se encuentran en el delta del río Aguanaval, el

aniego consiste en inundar los cuadros según la magnitud de la corriente del río Aguanaval.

7.5 Descripción de la metodología utilizada.

La metodología utilizada comprendió las siguientes actividades o fases:

- Acopio de la información climática
- Digitalización del plano del distrito de riego 017 con sus módulos de riego.
- Localización espacial de las estaciones climáticas en el plano del distrito de riego
- Conformación de un año promedio típico de las variables climáticas.
- Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o)
- Cálculo de la evapotranspiración real (ET_r) utilizando los valores de K_c generados por Miyamoto
- Cálculo de los valores de K_c utilizando los consumos de agua presentados por Godoy.

7.5.1 Acopio de la información climática.

La información de clima de cada una de las estaciones termopluviométricas fue proporcionada por la Gerencia de las Cuencas Centrales del Norte de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Las variables climáticas analizadas fueron: la temperatura máxima, mínima, promedio y precipitación pluvial diaria por un período de tiempo de 20 a 25 años.

7.5.2 Digitalización del plano del distrito de riego 017 con sus módulos de riego.

A partir de un plano del distrito de riego con sus módulos de riego se escaneo para posteriormente georeferenciarlo en Arc-view y poder manipularlo

7.5.3 Localización espacial de las estaciones termopluviométricas en el plano del distrito de riego.

Una vez que se dispuso del plano del distrito de riego en Arc-view y conociendo las coordenadas geográficas de cada estación estas se ubicaron en el área de influencia del distrito de riego.

7.5.4 Conformación de un año típico de las variables climáticas para cada estación.

La conformación de un año típico para cada estación climática consistió en obtener el promedio diario de los datos de temperatura máxima, mínima y promedio de todos los años de registro disponibles

7.5.5 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o).

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) se utilizó la ecuación de Hargreaves y Samani (1985) la cual se describe a continuación:

$$E_{to} = 0.0023 * R_a * (T_m + 17.8) * TD^{0.5}$$

Donde:

E_{to} = Evapotranspiración de cultivo de referencia en (mm/día).

R_a = radiación extraterrestre (mm/día).

T_m = temperatura media diaria en (°C).

TD = Diferencia de temperatura máxima media – temperatura mínima media (°C).

$$R_a = (24 (60) / \pi) * (G_{sc}) * (d_r) * [(W_s) \text{seno}(\varnothing) \text{sen}(\zeta) + \text{cos}(\varnothing) \text{cos}(\zeta) \text{sen}(ws)]$$

R_a = radiación extraterrestre (mm/día).

G_{sc} = constante solar.

d_r = distancia relativa de la tierra al sol (radianes).

W_s = Angulo horario de salida al sol (radianes).

\varnothing = latitud (radianes)

δ = declinacion solar.

$$d_r = 1 - 0.0167 * \cos [(2) * (\pi) * (J-3) / 365].$$

7.5.6 Cálculo de la evapotranspiración real (ET_r) utilizando los valores de K_c generados por Miyamoto (1983).

La evapotranspiración real (ET_r) para cada estación climática se obtuvo al multiplicar la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o) por un valor de K_c del cultivo. Los valores utilizados se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3.- valores de K_c mensuales en función del diámetro del tronco y el número de nogales por hectárea (Miyamoto, 1983).

Factor ø x Pob.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre.
1000	0.18	0.21	0.26	0.32	0.35	0.32	0.28
1500	0.23	0.3	0.41	0.5	0.54	0.51	0.44
2000	0.28	0.39	0.58	0.72	0.77	0.73	0.63
2500	0.33	0.49	0.76	0.93	0.98	0.94	0.82
3000	0.36	0.57	0.91	1.1	1.14	1.11	0.99
3500	0.38	0.62	1.02	1.22	1.26	1.23	1.11
4000	0.39	0.66	1.09	1.29	1.3	1.3	1.18
4500	0.39	0.68	1.14	1.33	1.37	1.35	1.23

Nota: Para los meses de Noviembre y Diciembre se utilizó el valor del K_c del mes de Octubre y para Enero, Febrero, y Marzo se utilizaron los valores del K_c del mes de Abril.

7.5.7 Cálculo de los valores de K_c utilizando los consumos de agua (ET_r) presentados por Godoy *et al* (2000).

Con la finalidad de poder determinar la variación espacial de la evapotranspiración real (ET_r). Los valores de K_c se obtuvieron al dividir la evapotranspiración de referencia (ET_o) mensual promedio de todas las

estaciones entre los valores de ETr presentados por Godoy *et al* (2000). Estos valores de consumo de agua se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4.- Consumo de agua mensual (cm.) para el nogal variedad Western con diferentes diámetros de tronco y densidades de población (Godoy *et al* 2000).

Factor D. x P.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Total
1000	1.60	3.6	4.50	5.82	6.40	7.50	7.80	4.50	3.60	45.32
1500	2.03	4.10	6.03	9.00	10.35	11.98	10.50	6.60	4.00	64.59
2000	3.00	4.90	7.60	12.63	15.00	16.00	14.50	9.20	4.90	87.73
2500	4.37	6.45	9.30	16.02	20.05	21.70	20.00	10.00	5.73	113.62
3000	5.00	7.00	10.03	18.02	23.31	24.00	21.50	12.60	6.02	127.48
3500	5.89	7.35	11.30	21.30	26.00	26.20	23.00	13.80	8.02	142.86
4000	6.03	7.98	12.33	23.09	27.90	28.50	24.00	14.00	9.37	153.02
4500	6.73	8.02	12.50	23.70	28.50	29.70	25.80	14.70	9.50	159.15

Nota: Para el mes de Diciembre se tomaron los valores del Kc del mes de Noviembre y para Enero y Febrero se tomaron los valores del Kc del mes de Marzo.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Módulos de riego:

En el distrito de riego 017 en el año 2005 se regó una superficie de total de 48,401.10 ha. dividida en 17 módulos de riego (Figura 1). El módulo con mayor superficie irrigada fue San Jacinto (Módulo III) con una superficie de 6371 ha y el de menor superficie fue San Miguel (Módulo VII) con una superficie de 1774 has. En la Figura 1 se presentan los módulos de riego y en el cuadro 5 la superficie y número de usuarios.

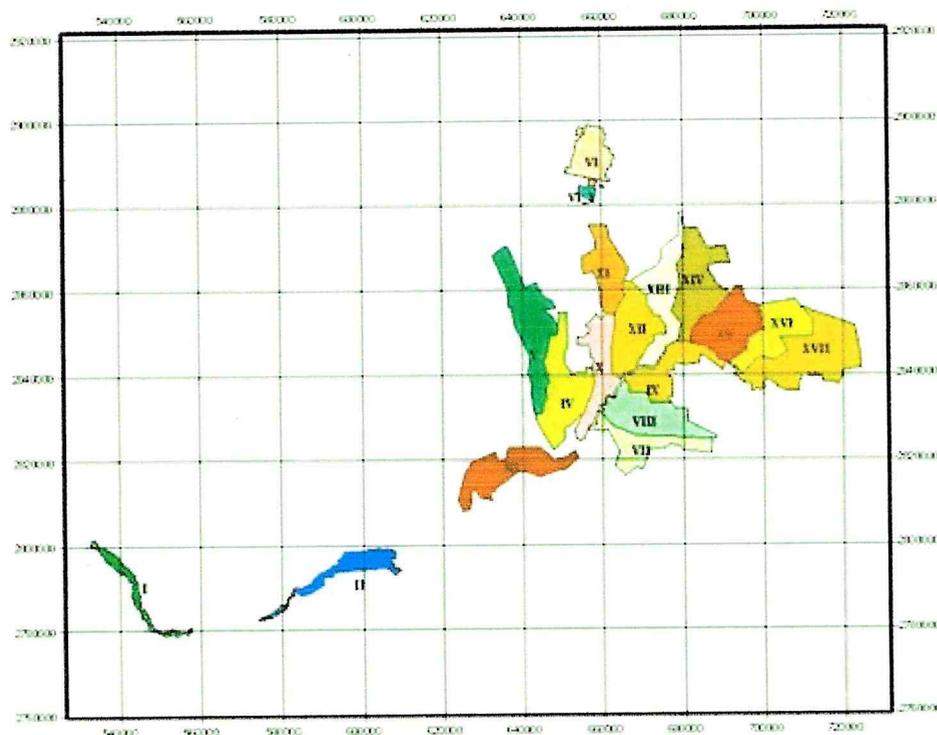


Figura 9.- Módulos de riego del distrito 017 de la Región Lagunera

Cuadro 5.- Superficie de riego (año 2005) y número de usuarios de cada módulo del distrito 017.

Modulo de riego	Superficie (ha)	Número de usuarios
I (Rodeo)	2247.20	628
II (Nazas)	3797.02	1017
III (San Jacinto)	6371.56	1545
IV (Vergel)	2248.01	1851
V (Britinham)	2198.18	1845
VI (Tlahualilo)	1805.57	1619
VII (San Miguel)	1774.22	1536
VIII (El Consuelo)	3372.26	2710
IX (Buen Abrigo)	2489.90	2129
X (Masitas)	2538.64	2178
XI (Jiménez)	2412.11	1996
XII (Porvenir)	2488.74	2072
XIII (La Marinera)	3892.37	3165
XIV (Santa Teresa)	3445.33	2767
XV (La Rosita)	2616.12	2126
XVI (El Áncora)	2708.65	1678
XVII (J. Samarripa)	3045.22	2498
Total	48401.10	32360

Nota: Información proporcionada por la jefatura de operación del Distrito de riego 017 (año 2005).

8.2 Estaciones climáticas.

En el cuadro 6 se presentan las estaciones climáticas que se utilizaron para el estudio, en forma promedio se dispuso de un período de información de las variables climáticas de 20 años para cada estación. En la Figura 2 se presenta el área de influencia de cada estación definida mediante la técnica de los polígonos de Thiessen y los módulos de riego.

Cuadro 6.- Estaciones climáticas utilizadas ubicadas en el distrito de riego 017 y sus coordenadas geográficas.

Estación	Coordenadas geográficas	
	N	W
Mapimí	25.8166	103.8500
Presa Coyote	25.5166	103.4930
Presa Guadalupe	25.7666	103.2333
Presa Cuije	25.7050	103.3015
San Pedro	25.7500	103.0050
Lerdo	25.5333	103.5316
Tlahualilo	26.1333	103.4666
Emiliano Zapata	25.4666	102.9333
Bajío de Ahuichila	25.6166	102.6166
Nazas	25.2333	104.1166
Rodeo	25.2500	104.6700

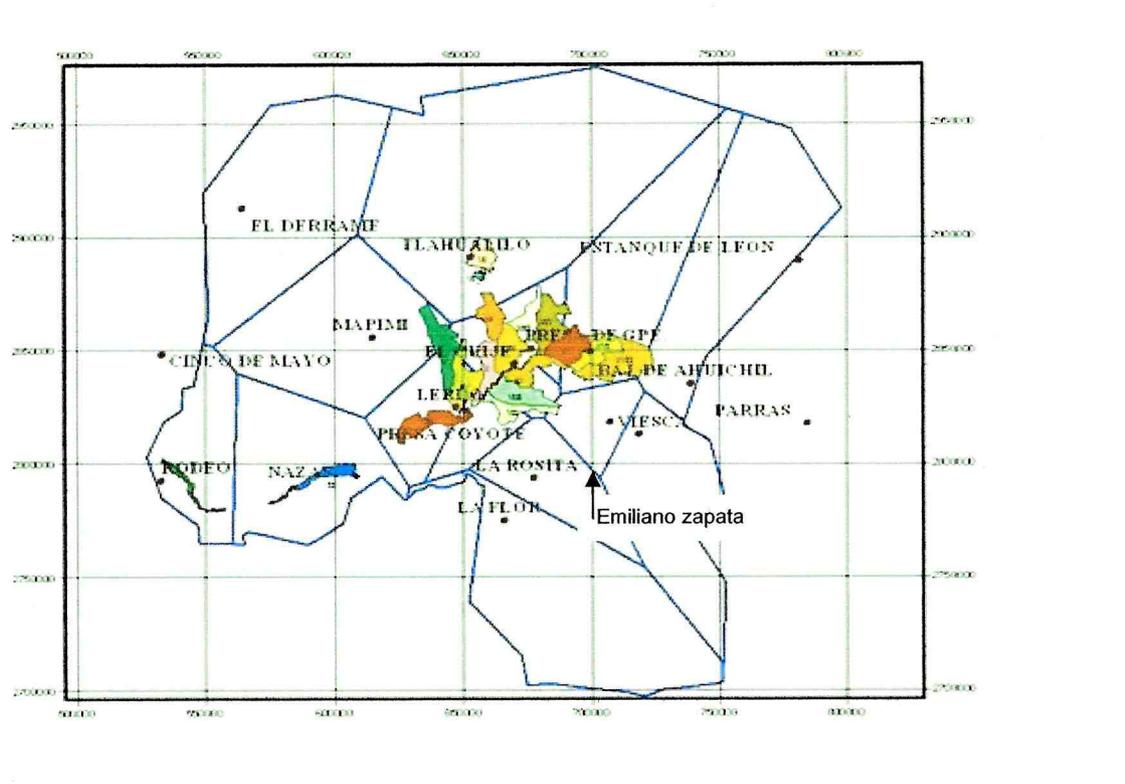


Figura 10.- Estaciones climáticas y su área de influencia en los módulos del distrito de riego 017 de la Región Lagunera.

8.3 Valores de kc obtenidos a partir de los datos de consumo de agua presentados por godoy *et al* (2000).

Como se mencionó en la sección de materiales y métodos a partir de los datos de consumo de agua mensuales presentados por Godoy *et al* (2000) estos se dividieron entre los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) promedio mensual de todas las estaciones climáticas. Los valores generados se presentan en el Cuadro 7. Los valores mayores de K_c se presentan para los meses de Agosto y Septiembre. Coincidiendo con la etapa fenológica del nogal de llenado de almendra. Los valores de K_c mayores de 1 indican que la evapotranspiración real (ET_r) es mayor que la evapotranspiración de referencia (ET_o).

Cuadro 7.- Valores de K_c generados a partir de datos de ET_r. reportados por Godoy *et al* (2000).

Factor D. x P.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1000	0.10	0.10	0.10	0.19	0.21	0.28
1500	0.13	0.13	0.13	0.22	0.28	0.43
2000	0.19	0.19	0.19	0.26	0.35	0.60
2500	0.27	0.27	0.27	0.34	0.43	0.76
3000	0.31	0.31	0.31	0.37	0.46	0.86
3500	0.36	0.36	0.36	0.39	0.52	1.01
4000	0.37	0.37	0.37	0.42	0.57	1.10
4500	0.42	0.42	0.42	0.43	0.58	1.13
Factor	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1000	0.31	0.39	0.48	0.32	0.34	0.34
1500	0.50	0.63	0.65	0.48	0.38	0.38
2000	0.73	0.84	0.90	0.66	0.47	0.47
2500	0.97	1.14	1.24	0.72	0.55	0.55
3000	1.13	1.26	1.33	0.91	0.58	0.58
3500	1.26	1.37	1.43	1.00	0.77	0.77
4000	1.35	1.50	1.49	1.01	0.90	0.90
4500	1.38	1.56	1.60	1.06	0.91	0.91

8.4 Variación espacial del consumo de agua.

En el Cuadro 8 se presenta el consumo de agua anual y de Marzo a Septiembre estimado para cada una de las estaciones climáticas para un factor diámetro de tronco por población igual a 1000. Se puede apreciar que el consumo de agua anual (ETr) varía en un rango de 48.89 a 54.75 cm. utilizando los kc. generados a partir de los valores de la ETr reportados por Godoy et al (2000). Los valores más altos los presentó la estación climática de Emiliano Zapata y los más bajos la estación Presa Guadalupe. Para todas las estaciones los valores de consumo de agua se obtienen con los valores de Kc generados.

La diferencia máxima entre los consumos de agua anuales entre estaciones es de 5 cm. de lámina evapotranspirada para el factor diámetro de tronco x población de 1000.

Cuadro 8.- Valores de consumo de agua (ETr) estimados para cada una de las estaciones climáticas del Distrito de Riego 017 para un factor diámetro de tronco por población de 1000.

Estación	Factor (D. * P.)	Valores generados		Miyamoto(1983)	
		ETr anual (cm)	ETr Mar. a Sep. (cm)	ETr anual (cm)	ETr Mar. a Sep. (cm)
Mapimí	1000	49.70	37.13	45.04	34.58
Presa Coyote	1000	49.29	36.69	44.80	34.19
Presa Guadalupe	1000	48.89	36.08	43.63	32.97
Presa Cuije	1000	52.57	38.64	48.57	36.33
San Pedro	1000	49.45	36.60	44.89	34.19
Lerdo	1000	51.92	37.45	47.03	29.35
Tlahualilo	1000	51.69	38.57	46.95	35.97
Emiliano Zapata	1000	54.75	40.75	49.65	37.75
Bajío de Ahuichila	1000	49.44	36.22	44.99	34.01
Rodeo	1000	49.79	36.08	45.19	33.80
Nazas	1000	50.01	36.29	45.42	34.00

En el Cuadro 8 se presenta el consumo de agua estimado para cada una de las estaciones climáticas para un factor diámetro de tronco por población de 2500. Se puede apreciar que el consumo de agua (ETr) varía en un rango de 120.23 a 135.11 cm utilizando los kc. generados, de nuevo los valores mas altos los presenta la estación climática de Emiliano Zapata y los mas bajos la estación de Presa Guadalupe.

La diferencia máxima entre los consumos de agua anuales entre estaciones es de 15 cm. de lámina evapotranspirada para el factor diámetro de tronco x población de 2500.

Cuadro 9.- Valores de consumo de agua (ETr) estimados para cada una de las estaciones climáticas del Distrito de Riego 017 para un factor diámetro de tronco por población de 2500.

Estación	Factor (D. * P.)	Valores generados		Miyamoto(1983)	
		ETr anual (cm)	ETr. Marz. a Sept (cm)	ETr. Anual (cm.)	ETr Marzo a Sep. (cm.)
Mapimí	2500	122.69	97.87	114.26	81.38
Presa Coyote	2500	121.84	96.83	124.28	96.83
Presa Guadalupe	2500	120.23	94.97	109.91	86.41
Presa Cuije	2500	129.34	101.86	122.93	95.72
San Pedro	2500	121.74	96.35	113.53	89.80
Lerdo	2500	126.72	98.19	118.22	75.08
Tlahualilo	2500	127.39	101.50	118.93	94.54
Emiliano Zapata	2500	135.11	107.30	125.61	99.12
Bajío de Ahuichila	2500	121.52	95.46	113.38	89.13
Rodeo	2500	122.04	94.99	113.42	88.24
Nazas	2500	122.15	95.06	114.04	88.81

El consumo de agua estimado para un factor de 4500 para cada una de las estaciones se presenta en el cuadro 8. al igual que para los otros factores de 1000 y 2500 este sigue la misma tendencia (Cuadro 9).

La diferencia máxima entre los consumos de agua anuales entre estaciones es de 21 cm. de lámina evapotranspirada para el factor diámetro de tronco x población de 4500.

Cuadro 10.- Valores de consumo de agua (ETr) estimados para cada una de las estaciones climáticas del Distrito de Riego 017 para un factor diámetro de tronco por población de 4500

Estación	Factor (D. * P.)	Valores generados		Miyamoto(1983)	
		ETr Anual (cm.)	ETr. Mar. a Sep. (cm.)	Etr anual (cm)	ETr. Mar. a Sep. (cm.)
Mapimí	4500	173.71	134.94	159.83	129.02
Presa Coyote	4500	172.44	133.40	175.63	133.40
Presa Guadalupe	4500	170.36	130.87	152.12	120.98
Presa Cuije	4500	183.37	140.42	170.42	134.20
San Pedro	4500	172.51	132.86	157.35	125.81
Lerdo	4500	179.97	135.39	163.57	103.45
Tlahualilo	4500	180.35	139.92	164.93	132.47
Emiliano Zapata	4500	191.28	147.92	174.08	138.80
Bajío de Ahuichila	4500	172.54	131.79	156.95	124.80
Rodeo	4500	173.18	130.90	156.79	123.40
Nazas	4500	173.39	131.06	157.71	124.25

IX. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

Existe variación espacial de consumo de agua del nogal entre el área de influencia de las estaciones climáticas del distrito de riego 017.

Los valores mas altos de consumo de agua se obtuvieron para el área de influencia de la estación climática de Emiliano Zapata y los más bajos para la estación Presa Guadalupe.

Se encontraron diferencias entre consumo de agua (ETr) entre estaciones de 5, 15 y 21 cm. para los factores (diámetro del troncos x población) de 1000, 2500 y 4500 respectivamente.

Los consumos de agua para el nogal calculados con los valores de Kc generados en este trabajo fueron mayores que los estimados con los Kc de Miyamoto (1983).

X. RECOMENDACIÓN.

Es necesario validar los valores de Kc generados en esta investigación para el cultivo del nogal en los diferentes módulos del Distrito de riego 017 de la Región lagunera.

XI. LITERATURA REVISADA.

Aboukhaled, A.; Alfaro, F.J.; Smith, M. (1986): "Los lisímetros". FAO serie riego y drenaje n° 39, pág. 60.

Avalos M, A. 1994. Uso del agua durante la brotación y crecimiento inicial en el nogal (*carya illinoensis* k.) a diferentes inicios de riego. Tesis de Postgrado. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. ITA 10. 10:80. p.

Alben A. O. 1956. Results of an irrigation experiment on stuars pecan tress in East Texas. Crop Research Division, Agricultural service U. S. Departamento of Agricultura: pp 61-62.

Brison, R. F. 1976. Cultivo del nogal pecanero. Conafrut, México: P.P 79-99.

Bustamante, G. M. 1977. Respuesta del nogal (*carya illinoensis* koch) a tres niveles de humedad en la región de saltillo. Coahuila. Tesis de la división de ingeniería de la U.A.A.A.N. Buena vista, saltillo, Coahuila.

Daniel Moss y Deal, 1979. The use of irrigation in pecan orchards. Pecan south. Vol. 6, No. 3 April. P. 40-41.

CNA. 1992. Plano de isotermas de la Comarca de la Laguna.

Dozier, N.A. y H.J. Amling. 1974. Fruit growth and embryological development of the Stuart Pecan. Auburn Agr. Exp. Sta. Bull. 27: 7-9.

Federes, E. (1987). "Necesidades hídricas de los cultivos y su abastecimiento "Simposio AERYD. Nov., pp. 1-33.

Frevert, D. K.; Hill. R.W., BRAATENB. C. (1983). "Estimation of FAO evapotranspiration coefficients". Journal of Irrigation and drainage engineering. Vol 109 nº 2, pág. 5.

George. W. (1998). "New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops". California Agriculture, vol 52, nº 1, pp. 16-21.

Godoy A.C. y A. Lagarda M. 1986. Effect of different levels of Evapotranspiration in pecan nut development. Western pecan conference proceeding New México State University. Pág. 45-57.

Godoy A.C. 1994. Manejo del agua en diferentes etapas fonológicas del nogal. Memoria del X11 conferencia internacional sobre el cultivo del nogal. Delicias, Chih. Pág. 128-137.

Godoy, A.C. y J.C. López Ch. 1997. Patrón de extracción y requerimiento de agua en diferentes etapas fenológicas en el cultivo de nogal. Terra.15 (19):1-6.

Godoy A., C. 1996. Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero (*Carya illinoensis* K.) cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días. ITEA 92: 49-57.

Godoy A, C. 1999. Problemas asociados con la disponibilidad del agua. pp. 43-48. *In*: Tecnología de riego en nogal pecanero. Libro Científico No. 1. Primera Edición. SAGAR. INIFAP. CIFAP-Comarca Lagunera.

Godoy A., C. y M.V. Huitrón R. 1998. Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. Agrociencia 32: 331-337.

García Arellano, David. 2000. Estudio de la eficiencia de conducción y de aplicación del agua de riego en el Módulo X de Masitas del Distrito de Riego 017, Región Lagunera. Gómez Palacio, Dgo.

García Arellano, David. 2002. Diagnóstico del aprovechamiento del agua en el Módulo V Brittingham del Distrito de Riego 017, Región Lagunera. Gómez Palacio, Dgo.

SAGAR, Delegación en La Región Lagunera Coahuila – Durango, Unidad de Planeación. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. Cd. Lerdo, Dgo.

Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A. (1985): "Reference crop evapotranspiration from temperature". Applied Eng. in Agric., nº 1, pp. 96-99.

Hargreaves, H.G. (1994): "Defining and using reference evapotranspiration". Jour. Irrig. and drain. Eng. ASCE. nº 120, pp. 1132-1139.

Hernandez. B. A. 1984. Comportamiento del nogal (*carya illinoensis koch*). Western bajo diferentes condiciones de humedad del suelo. Tesis. División de ingeniería de la U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. 70 p.

Herrera, E. 1990. Fruit growth and development of Ideal and Western pecans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 915-923.

Jensen, M.E. (1974): "Consumptive use of water and irrigation water requirements". ASCE. Report of Irrig. Water Requer. N. York. pág. 215.

Jensen, M. E.; Berman, R.D.; Allen, R.G. (1990): "Evapotranspiration and irrigation Water requirements". Manual nº70. ASCE. N. York, pág. 327.

Jensen, D.T.; Hargreaves, G.H.; Temesgen, B.; Allen, R.G. (1997): "Computation of ETo under nonideal conditions". Journal of irrig. and drain. Sep.-Oct., pp. 394-400.

Medina M., Ma. del C. 1998. Marco de referencia regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación del Nogal. CIFAP-Comarca Lagunera. INIFAP.

Miyamoto, S. 1983. Consumptive water use of irrigated pecans. J. Amer. Hort. sci. 108: 676-681.

Miyamoto, S. 1985. Water Consumption. Growers need to know this to plan irrigation. Pecan south. P. 8-13

Miyamoto, S.J. Henggeler and J.B. Storey. 1995. Water management in irrigated pecan orchards in the southwestern United States. Hort technology 5: 214-218.

Morillo-Velarde, R. (1999): "Manejo del riego para un rendimiento máximo en la remolacha otoñal". I.I.R.B. 62 Congreso. Sevilla. En prensa.

Ramírez L. J. 2000. 10 Congreso Nacional de Irrigación, Operación, Modernización y Transferencia de Distritos de Riego. En Chihuahua.

Reyes J. L. 1989. Efecto de diferentes niveles de evapotranspiración en el desarrollo del fruto del nogal. Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, unidad laguna. 60 p.

Sparks, D. 1996. A climatic model for pecan production under humid condition. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121: 908-914.

Sparks, D. 1993. Growing pecans at low elevation in a hot climate. Annu. Rep. Northern Nut Growers Assn. 85: 103-112.

Sparks, D. 1995. Water, especially in September. Pecan South 28: 4-5.

XII. APÉNDICE

Cuadro 11. Consumos de agua para cada estación climática utilizando los Kc generado.

D. x p.		MAPIMI												total(Anual) (cm.)	Total (Mar. A Sep.) (cm.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
1.000	0.87	1.00	1.45	3.49	4.45	5.90	6.51	7.63	7.70	4.26	3.37	3.06	49.70	37.13	
1.500	1.11	1.27	1.84	3.98	5.96	9.12	10.53	12.19	10.36	6.24	3.75	3.40	69.76	53.98	
2.000	1.64	1.88	2.72	4.75	7.51	12.80	15.25	16.29	14.31	8.70	4.59	4.17	94.61	73.64	
2.500	2.39	2.73	3.97	6.26	9.19	16.23	20.39	22.09	19.74	9.46	5.37	4.88	122.69	97.87	
3.000	2.73	3.13	4.54	6.79	9.91	18.26	23.71	24.43	21.22	11.92	5.64	5.12	137.39	108.86	
3.500	3.22	3.68	5.34	7.13	11.17	21.58	26.44	26.67	22.70	13.05	7.51	6.82	155.33	121.04	
4.000	3.29	3.77	5.47	7.74	12.19	23.40	28.37	29.01	23.69	13.24	8.78	7.97	166.93	129.87	
4.500	3.68	4.21	6.11	7.78	12.36	24.02	28.98	30.23	25.46	13.90	8.90	8.08	173.71	134.94	

D. X P.		PRESA COYOTE												Total(anual) (cm.)	Total (Marzo A Sep.) (cm.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
1.000	0.90	1.08	1.56	3.47	4.18	5.40	6.42	7.86	7.80	4.28	3.33	3.01	49.29	36.69	
1.500	1.15	1.37	1.98	3.96	5.61	8.35	10.38	12.55	10.50	6.28	3.70	3.34	69.15	53.32	
2.000	1.69	2.02	2.93	4.73	7.06	11.72	15.04	16.76	14.50	8.75	4.53	4.09	93.83	72.74	
2.500	2.47	2.94	4.26	6.22	8.64	14.86	20.10	22.74	20.00	9.51	5.30	4.79	121.84	96.83	
3.000	2.82	3.36	4.88	6.76	9.32	16.72	23.37	25.15	21.50	11.98	5.57	5.03	136.46	107.69	
3.500	3.33	3.96	5.75	7.09	10.50	19.76	26.06	27.45	23.00	13.12	7.42	6.70	154.15	119.62	
4.000	3.41	4.06	5.88	7.70	11.46	21.42	27.97	29.86	24.00	13.31	8.67	7.83	165.57	128.30	
4.500	3.80	4.53	6.57	7.74	11.62	21.99	28.57	31.12	25.80	13.98	8.79	7.94	172.44	133.40	

D. x P.		PRESA GUADALUPE											Total(anual)	Total(Marzo A Sep.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	(cm.)
1.000	0.92	1.04	1.50	3.49	4.32	5.51	6.01	7.86	7.39	4.19	3.49	3.18	48.89	36.08
1.500	1.16	1.32	1.91	3.97	5.79	8.52	9.72	12.55	9.95	6.15	3.87	3.53	68.44	52.41
2.000	1.72	1.94	2.82	4.74	7.30	11.96	14.09	16.76	13.74	8.57	4.75	4.32	92.71	71.41
2.500	2.50	2.83	4.10	6.24	8.93	15.17	18.84	22.74	18.96	9.31	5.55	5.06	120.23	94.97
3.000	2.86	3.24	4.69	6.78	9.63	17.06	21.90	25.15	20.38	11.74	5.83	5.31	134.57	105.58
3.500	3.37	3.82	5.53	7.12	10.85	20.17	24.43	27.45	21.80	12.85	7.77	7.08	152.23	117.34
4.000	3.45	3.91	5.66	7.73	11.84	21.86	26.21	29.86	22.75	13.04	9.07	8.27	163.65	125.90
4.500	3.86	4.36	6.32	7.76	12.00	22.44	26.77	31.12	24.45	13.69	9.20	8.38	170.36	130.87

D. x P.		PRESA EL CUIJE											Total(anual)	Total (Marzo A Sep.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	(cm.)
1.000	0.95	1.11	1.63	3.54	4.64	5.97	6.78	7.83	8.25	4.67	3.79	3.42	52.57	38.64
1.500	1.20	1.41	2.07	4.03	6.22	9.23	10.97	12.51	11.10	6.84	4.21	3.80	73.59	56.12
2.000	1.78	2.09	3.06	4.81	7.84	12.95	15.90	16.71	15.33	9.54	5.15	4.66	99.81	76.59
2.500	2.59	3.04	4.45	6.34	9.60	16.42	21.25	22.66	21.14	10.37	6.03	5.45	129.34	101.86
3.000	2.97	3.48	5.09	6.88	10.35	18.47	24.71	25.06	22.73	13.06	6.33	5.73	144.85	113.29
3.500	3.49	4.10	6.00	7.22	11.66	21.84	27.56	27.35	24.31	14.31	8.43	7.63	163.91	125.95
4.000	3.58	4.19	6.14	7.84	12.72	23.67	29.58	29.76	25.37	14.52	9.85	8.91	176.13	135.08
4.500	3.99	4.68	6.85	7.88	12.90	24.30	30.21	31.01	27.27	15.24	9.99	9.04	183.37	140.42

D. x P.		SAN PEDRO											Total(anual)	Total (Marz. A Sep.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	(cm.)
1.000	0.88	1.04	1.53	3.51	4.43	5.77	6.33	7.48	7.56	4.36	3.52	3.06	49.45	36.60
1.500	1.12	1.32	1.94	3.99	5.94	8.92	10.23	11.94	10.18	6.40	3.91	3.40	69.28	53.15
2.000	1.65	1.94	2.87	4.77	7.48	12.52	14.83	15.95	14.06	8.91	4.79	4.16	93.94	72.49
2.500	2.40	2.83	4.18	6.28	9.15	15.88	19.83	21.63	19.39	9.69	5.60	4.86	121.74	96.35
3.000	2.75	3.24	4.78	6.82	9.87	17.87	23.05	23.92	20.85	12.21	5.88	5.11	136.35	107.16
3.500	3.24	3.82	5.64	7.16	11.12	21.12	25.71	26.12	22.30	13.37	7.84	6.81	154.23	119.16
4.000	3.31	3.91	5.77	7.77	12.14	22.89	27.59	28.41	23.27	13.57	9.16	7.95	165.74	127.84
4.500	3.70	4.36	6.44	7.81	12.30	23.50	28.18	29.61	25.02	14.24	9.28	8.07	172.51	132.86

D. x P.		LERDO											Total(anual)	Total (Marz. A Sep.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	(cm.)
1.000	1.01	1.14	1.66	3.68	4.68	6.04	6.20	7.30	7.88	4.82	3.96	3.53	51.92	37.45
1.500	1.29	1.45	2.11	4.20	6.27	9.33	10.03	11.65	10.61	7.07	4.41	3.92	72.34	54.21
2.000	1.90	2.14	3.12	5.01	7.91	13.10	14.54	15.56	14.65	9.85	5.40	4.81	97.99	73.90
2.500	2.77	3.12	4.55	6.60	9.68	16.61	19.44	21.11	20.21	10.71	6.31	5.62	126.72	98.19
3.000	3.17	3.57	5.20	7.16	10.44	18.69	22.60	23.35	21.73	13.49	6.63	5.90	141.92	109.16
3.500	3.73	4.20	6.13	7.52	11.76	22.09	25.21	25.49	23.24	14.78	8.83	7.87	160.84	121.43
4.000	3.82	4.30	6.27	8.17	12.83	23.95	27.05	27.72	24.25	14.99	10.32	9.19	172.86	130.24
4.500	4.26	4.80	7.00	8.21	13.01	24.58	27.63	28.89	26.07	15.74	10.46	9.32	179.97	135.39

D. x P.													TLAHUALILO	
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
1.000	0.90	0.99	1.58	3.69	4.66	6.09	6.65	7.82	8.08	4.52	3.56	3.14	51.69	38.57
1.500	1.15	1.26	2.01	4.20	6.24	9.41	10.76	12.50	10.87	6.63	3.96	3.48	72.47	55.99
2.000	1.69	1.86	2.96	5.02	7.87	13.21	15.60	16.69	15.01	9.25	4.85	4.27	98.28	76.36
2.500	2.47	2.72	4.32	6.61	9.63	16.75	20.85	22.63	20.71	10.05	5.67	4.99	127.39	101.50
3.000	2.82	3.11	4.94	7.18	10.38	18.84	24.24	25.03	22.26	12.66	5.96	5.24	142.66	112.87
3.500	3.32	3.66	5.82	7.54	11.70	22.27	27.03	27.33	23.81	13.87	7.94	6.98	161.27	125.50
4.000	3.40	3.75	5.96	8.18	12.76	24.14	29.01	29.73	24.85	14.07	9.27	8.16	173.28	134.63
4.500	3.80	4.18	6.65	8.22	12.94	24.78	29.63	30.98	26.71	14.77	9.40	8.27	180.35	139.92

D. x P.													EMILIANO ZAPATA	
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
1.000	0.96	1.15	1.74	3.87	4.80	6.43	6.98	8.23	8.70	4.95	3.49	3.44	54.75	40.75
1.500	1.22	1.46	2.21	4.40	6.44	9.95	11.29	13.15	11.71	7.27	3.87	3.82	76.79	59.14
2.000	1.81	2.15	3.26	5.26	8.11	13.96	16.37	17.56	16.17	10.13	4.75	4.68	104.21	80.69
2.500	2.64	3.14	4.75	6.93	9.93	17.71	21.88	23.82	22.30	11.01	5.55	5.48	135.11	107.30
3.000	3.02	3.59	5.43	7.52	10.70	19.92	25.43	26.34	23.97	13.87	5.83	5.76	151.38	119.32
3.500	3.55	4.23	6.40	7.89	12.06	23.55	28.37	28.76	25.64	15.19	7.77	7.67	171.07	132.66
4.000	3.64	4.33	6.55	8.57	13.16	25.53	30.44	31.28	26.76	15.42	9.07	8.96	183.70	142.28
4.500	4.06	4.83	7.31	8.61	13.34	26.20	31.09	32.60	28.76	16.19	9.20	9.08	191.28	147.92

D. x P.		BAJIO DE AHUICHILA											Total(anual)	Total (Marz. A Sep.
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	(cm.)
1.000	0.92	1.08	1.69	3.51	4.19	5.87	6.48	7.00	7.48	4.35	3.60	3.27	49.44	36.22
1.500	1.17	1.37	2.14	4.00	5.61	9.08	10.48	11.19	10.07	6.38	4.00	3.64	69.11	52.56
2.000	1.72	2.03	3.16	4.78	7.07	12.74	15.19	14.94	13.91	8.89	4.90	4.45	93.78	71.79
2.500	2.51	2.95	4.61	6.29	8.65	16.16	20.30	20.27	19.18	9.66	5.73	5.21	121.52	95.46
3.000	2.87	3.38	5.27	6.82	9.33	18.17	23.60	22.41	20.62	12.17	6.02	5.47	136.16	106.24
3.500	3.38	3.98	6.21	7.16	10.51	21.48	26.33	24.47	22.06	13.33	8.02	7.29	154.23	118.23
4.000	3.47	4.07	6.36	7.78	11.47	23.29	28.25	26.62	23.02	13.52	9.37	8.52	165.73	126.78
4.500	3.87	4.54	7.10	7.82	11.63	23.90	28.86	27.74	24.74	14.20	9.50	8.64	172.54	131.79

D. x P.		RODEO											Total(anual)	Total (Marz. A Sep.
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	(cm.)
1.000	0.97	1.11	1.62	3.68	4.73	5.59	6.02	7.15	7.48	4.54	3.75	3.34	49.98	36.27
1.500	1.23	1.41	2.06	4.19	6.33	8.64	9.74	11.41	10.06	6.66	4.16	3.71	69.63	52.45
2.000	1.81	2.08	3.05	5.01	7.98	12.13	14.12	15.24	13.90	9.29	5.10	4.55	94.26	71.43
2.500	2.64	3.03	4.44	6.60	9.77	15.39	18.92	20.69	19.20	10.09	5.97	5.32	122.04	94.99
3.000	3.02	3.47	5.08	7.16	10.54	17.30	21.91	22.87	20.61	12.72	6.27	5.59	136.52	105.46
3.500	3.56	4.08	5.98	7.52	11.87	20.45	24.48	24.96	22.04	13.93	8.35	7.44	154.67	117.30
4.000	3.65	4.18	6.12	8.16	12.95	22.17	26.27	27.15	23.00	14.13	9.76	8.70	166.24	125.83
4.500	4.07	4.67	6.83	8.20	12.79	22.96	26.90	28.41	24.81	14.84	9.89	8.82	173.18	130.90

D. x P.				NAZAS										
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
1.000	0.97	1.11	1.62	3.68	4.57	5.77	6.02	7.15	7.48	4.55	3.75	3.35	50.01	36.29
1.500	1.23	1.41	2.06	4.19	6.12	8.92	9.74	11.41	10.06	6.67	4.17	3.72	69.71	52.51
2.000	1.82	2.08	3.05	5.01	7.72	12.52	14.11	15.24	13.90	9.29	5.11	4.55	94.40	71.55
2.500	2.65	3.03	4.44	6.60	9.45	15.88	18.87	20.68	19.17	10.10	5.97	5.32	122.15	95.06
3.000	3.04	3.47	5.08	7.16	10.19	17.86	21.93	22.87	20.61	12.73	6.27	5.59	136.79	105.69
3.500	3.58	4.09	5.98	7.52	11.48	21.11	24.46	24.96	22.04	13.94	8.36	7.45	154.97	117.55
4.000	3.66	4.18	6.12	8.16	12.52	22.88	26.25	27.15	23.00	14.14	9.76	8.71	166.56	126.10
4.500	4.09	4.67	6.83	8.20	12.70	23.49	26.82	28.30	24.73	14.85	9.90	8.83	173.39	131.06

Cuadro 12. Consumos de agua para cada estación climática utilizando los Kc (Miyamoto, 1983).

D. x P.		MAPIMI												Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
1.000	1.59	1.82	2.65	3.29	4.51	5.54	6.72	6.79	5.09	3.67	1.76	1.60	45.04	34.58	
1.500	2.04	2.33	3.38	4.21	6.44	8.73	10.50	10.48	8.11	5.76	2.25	2.05	66.28	51.85	
2.000	2.48	2.84	4.12	5.12	8.37	12.35	15.12	14.94	11.61	8.25	2.74	2.49	90.44	71.63	
2.500	2.92	3.34	4.85	6.04	10.52	16.19	19.53	19.01	14.95	10.74	3.23	2.94	114.26	91.09	
3.000	3.19	3.65	5.29	6.59	12.24	19.38	23.10	22.12	17.65	12.97	3.53	3.20	132.90	106.37	
3.500	3.36	3.85	5.59	6.95	13.31	21.73	25.62	24.44	19.56	14.54	3.72	3.38	146.06	117.20	
4.000	3.45	3.95	5.73	7.14	14.17	23.22	27.09	25.80	20.67	15.46	3.82	3.47	153.97	123.82	
4.500	3.45	3.95	5.73	7.14	14.60	24.28	27.93	27.68	21.67	16.11	3.82	3.47	159.83	129.02	

D. x P.		PRESA COYOTE												Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
1.000	1.65	1.96	2.85	3.28	4.24	5.07	6.62	6.98	5.16	3.69	1.74	1.57	44.80	34.19	
1.500	2.10	2.51	3.64	4.19	6.06	8.00	10.35	10.77	8.22	5.79	2.23	2.01	65.85	51.21	
2.000	2.56	3.05	4.43	5.10	7.87	11.31	14.90	15.35	11.76	8.30	2.71	2.45	89.80	70.73	
2.500	3.02	3.60	5.22	6.01	9.89	14.82	19.25	19.54	15.14	10.80	3.19	2.89	113.37	89.87	
3.000	3.29	3.92	5.69	6.55	11.51	17.75	22.77	22.73	17.88	13.04	3.48	3.15	131.77	104.88	
3.500	3.48	4.14	6.01	6.92	12.52	19.89	25.25	25.12	19.82	14.62	3.68	3.32	144.76	115.53	
4.000	3.57	4.25	6.17	7.10	13.33	21.26	26.70	26.52	20.94	15.54	3.78	3.41	152.56	122.01	
4.500	3.57	4.25	6.17	7.10	13.73	22.23	27.53	27.32	21.75	16.20	3.78	3.41	157.02	125.82	

D. x P.		PRESA GUADALUPE												Total(anual)	Total (Marz. A Sep. (cm.))
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	Sep. (cm.)	
1.000	1.67	1.89	2.74	3.29	4.38	5.18	6.21	6.29	4.89	3.61	1.82	1.66	43.63	32.97	
1.500	2.14	2.42	3.50	4.20	6.26	8.16	9.70	9.70	7.79	5.68	2.33	2.12	64.00	49.31	
2.000	2.60	2.94	4.26	5.11	8.13	11.55	13.97	13.84	11.15	8.13	2.84	2.58	87.11	68.01	
2.500	3.06	3.47	5.02	6.03	10.22	15.13	18.04	17.61	14.36	10.58	3.34	3.05	109.91	86.41	
3.000	3.34	3.78	5.48	6.58	11.89	18.12	21.34	20.49	16.96	12.78	3.65	3.32	127.71	100.84	
3.500	3.53	3.99	5.78	6.94	12.93	20.30	23.66	22.64	18.79	14.33	3.85	3.51	140.26	111.06	
4.000	3.62	4.10	5.94	7.12	13.77	21.70	25.02	23.90	19.86	15.23	3.95	3.60	147.81	117.31	
4.500	3.62	4.10	5.94	7.12	14.18	22.69	25.80	24.62	20.62	15.87	3.95	3.60	152.12	120.98	

D. x P.		PRESA EL CUIJE												Total(anual)	Total (Marz. A Sep. (cm.))
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(cm.)	Sep. (cm.)	
1.000	1.79	2.03	2.95	3.29	4.69	5.62	7.02	7.02	5.74	4.35	2.03	2.04	48.57	36.33	
1.500	2.29	2.59	3.77	4.21	6.70	8.86	10.97	10.83	9.15	6.84	2.60	2.60	71.40	54.48	
2.000	2.79	3.16	4.59	5.12	8.71	12.53	15.80	15.44	13.09	9.80	3.16	3.17	97.35	75.28	
2.500	3.29	3.72	5.41	6.04	10.95	16.41	20.40	19.65	16.86	12.75	3.73	3.73	122.93	95.72	
3.000	3.59	4.06	5.90	6.59	12.73	19.65	24.13	22.86	19.91	15.39	4.07	4.07	142.95	111.77	
3.500	3.79	4.28	6.22	6.95	13.85	22.03	26.77	25.26	22.06	17.26	4.29	4.30	157.07	123.15	
4.000	3.88	4.40	6.39	7.13	14.74	23.54	28.30	26.67	23.32	18.35	4.40	4.41	165.54	130.09	
4.500	3.88	4.40	6.39	7.13	15.19	24.62	29.18	27.47	24.21	19.13	4.40	4.41	170.42	134.20	

D. x P.		PRESA SANPEDRO											Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.))
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1.000	1.60	1.89	2.79	3.31	4.49	5.42	6.54	6.65	5.00	3.76	1.84	1.60	44.89	34.19
1.500	2.05	2.41	3.56	4.23	6.42	8.55	10.21	10.26	7.97	5.91	2.35	2.04	65.96	51.20
2.000	2.49	2.94	4.34	5.14	8.34	12.09	14.71	14.63	11.40	8.46	2.86	2.49	89.90	70.66
2.500	2.94	3.46	5.11	6.06	10.48	15.85	19.00	18.62	14.69	11.01	3.38	2.93	113.53	89.80
3.000	3.21	3.78	5.58	6.61	12.19	18.97	22.47	21.66	17.34	13.30	3.68	3.20	131.99	104.83
3.500	3.38	3.99	5.89	6.98	13.26	21.27	24.92	23.94	19.22	14.91	3.89	3.38	145.02	115.47
4.000	3.47	4.09	6.04	7.17	14.12	22.73	26.35	25.27	20.31	15.85	3.99	3.47	152.85	121.98
4.500	3.47	4.09	6.04	7.17	14.54	23.77	27.17	26.03	21.09	16.52	3.99	3.47	157.35	125.81

D. x P.		LERDO											Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.))
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1.000	1.85	2.08	3.03	3.47	4.74	5.67	6.41	6.49	5.21	4.15	2.07	1.85	47.03	29.35
1.500	2.36	2.66	3.88	4.44	6.76	8.94	10.01	10.02	8.30	6.53	2.65	2.36	68.91	43.41
2.000	2.88	3.24	4.72	5.40	8.79	12.65	14.41	14.28	11.89	9.35	3.23	2.87	93.71	59.50
2.500	3.39	3.82	5.56	6.37	11.05	16.57	18.62	18.18	15.30	12.17	3.80	3.39	118.22	75.08
3.000	3.70	4.16	6.07	6.94	12.85	19.84	22.02	21.15	18.07	14.69	4.15	3.69	137.35	87.11
3.500	3.90	4.39	6.41	7.33	13.98	22.24	24.42	23.37	20.03	16.47	4.38	3.90	150.83	95.54
4.000	4.00	4.51	6.58	7.52	14.88	23.77	25.83	24.67	21.17	17.51	4.49	4.00	158.93	100.64
4.500	4.00	4.51	6.58	7.52	15.33	24.86	26.63	25.41	21.98	18.25	4.49	4.00	163.57	103.45

D x P.		TLAHUALILO												Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
1.000	1.65	1.93	2.88	3.48	4.72	5.72	6.87	6.96	5.34	3.90	1.86	1.64	46.95	35.97	
1.500	2.10	2.46	3.68	4.45	6.75	9.02	10.74	10.74	8.51	6.13	2.38	2.10	69.05	53.88	
2.000	2.56	3.00	4.48	5.42	8.77	12.75	15.46	15.31	12.18	8.77	2.90	2.55	94.15	74.37	
2.500	3.02	3.53	5.29	6.38	11.02	16.71	19.97	19.48	15.68	11.42	3.42	3.01	118.93	94.54	
3.000	3.29	3.85	5.77	6.96	12.82	20.01	23.62	22.66	18.52	13.78	3.73	3.28	138.30	110.36	
3.500	3.48	4.07	6.09	7.35	13.94	22.43	26.20	25.05	20.52	15.45	3.93	3.46	151.97	121.58	
4.000	3.57	4.18	6.25	7.54	14.84	23.97	27.70	26.44	21.69	16.43	4.04	3.55	160.20	128.43	
4.500	3.57	4.18	6.25	7.54	15.29	25.07	28.56	27.24	22.53	17.13	4.04	3.55	164.93	132.47	

D. x P.		EMILIANO ZAPATA												Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
(1000cm/ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
1.000	1.76	2.09	3.17	3.65	4.87	5.78	7.21	7.33	5.75	4.27	1.96	1.81	49.65	37.75	
1.500	2.25	2.68	4.05	4.66	6.96	9.12	11.27	11.30	9.16	6.71	2.51	2.31	72.97	56.52	
2.000	2.74	3.26	4.93	5.67	9.04	12.90	16.23	16.12	13.11	9.61	3.06	2.81	99.47	78.00	
2.500	3.23	3.84	5.81	6.69	11.36	16.91	20.96	20.51	16.88	12.51	3.60	3.31	125.61	99.12	
3.000	3.52	4.19	6.34	7.29	13.22	20.25	24.79	23.86	19.94	15.10	3.93	3.61	146.03	115.68	
3.500	3.71	4.42	6.69	7.70	14.38	22.69	27.50	26.37	22.09	16.93	4.15	3.81	160.45	127.42	
4.000	3.81	4.54	6.87	7.90	15.30	24.25	29.07	27.84	23.35	18.00	4.26	3.91	169.10	134.58	
4.500	3.81	4.54	6.87	7.90	15.77	25.36	29.98	28.67	24.25	18.76	4.26	3.91	174.08	138.80	

D. x P.		BAJIO DE AHUICHILA											Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.))
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1.000	1.68	1.97	3.08	3.31	4.24	5.51	6.69	6.23	4.94	3.75	1.88	1.71	44.99	34.01
1.500	2.14	2.52	3.93	4.23	6.06	8.69	10.46	9.61	7.88	5.89	2.41	2.19	66.00	50.86
2.000	2.61	3.07	4.79	5.15	7.88	12.30	15.06	13.71	11.28	8.43	2.93	2.66	89.84	70.15
2.500	3.07	3.61	5.64	6.07	9.90	16.11	19.45	17.44	14.52	10.97	3.45	3.14	113.38	89.13
3.000	3.35	3.94	6.15	6.62	11.52	19.29	23.00	20.29	17.15	13.25	3.77	3.42	131.75	104.02
3.500	3.54	4.16	6.49	6.98	12.53	21.62	25.51	22.43	19.00	14.85	3.97	3.61	144.72	114.57
4.000	3.63	4.27	6.67	7.17	13.34	23.11	26.97	23.67	20.09	15.79	4.08	3.71	152.49	121.01
4.500	3.63	4.27	6.67	7.17	13.74	24.17	27.81	24.39	20.86	16.46	4.08	3.71	156.95	124.80

D x P.		RODEO											Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.))
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1.000	1.76	2.02	2.96	3.47	4.63	5.22	6.22	6.36	4.94	3.91	1.94	1.75	45.19	33.80
1.500	2.25	2.58	3.78	4.44	6.62	8.23	9.72	9.81	7.87	6.15	2.48	2.23	66.17	50.47
2.000	2.74	3.14	4.61	5.40	8.60	11.65	13.99	13.98	11.27	8.81	3.02	2.72	89.94	69.50
2.500	3.23	3.71	5.43	6.37	10.81	15.26	18.07	17.80	14.51	11.46	3.56	3.20	113.42	88.24
3.000	3.53	4.04	5.92	6.94	12.57	18.27	21.37	20.70	17.14	13.84	3.89	3.50	131.72	102.93
3.500	3.72	4.27	6.25	7.33	13.68	20.48	23.70	22.88	18.99	15.52	4.10	3.69	144.62	113.32
4.000	3.82	4.38	6.42	7.52	14.56	21.89	25.06	24.15	20.07	16.50	4.21	3.79	152.37	119.67
4.500	3.82	4.38	6.42	7.52	15.00	22.89	25.84	24.88	20.84	17.20	4.21	3.79	156.79	123.40

D. x P.		NAZAS											Total(anual) (cm.)	Total (Marz. A Sep. (cm.)
(1000cm/ha	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1.000	1.77	2.02	2.96	3.47	4.63	5.42	6.22	6.36	4.94	3.91	1.96	1.75	45.42	34.00
1.500	2.26	2.59	3.78	4.44	6.62	8.54	9.72	9.81	7.87	6.15	2.51	2.24	66.52	50.77
2.000	2.76	3.15	4.61	5.40	8.60	12.08	13.99	13.98	11.27	8.81	3.05	2.72	90.42	69.94
2.500	3.25	3.71	5.43	6.37	10.81	15.83	18.07	17.80	14.51	11.46	3.60	3.21	114.04	88.81
3.000	3.54	4.05	5.92	6.94	12.57	18.96	21.37	20.70	17.14	13.84	3.92	3.50	132.46	103.61
3.500	3.74	4.27	6.25	7.33	13.68	21.25	23.70	22.88	18.99	15.52	4.14	3.69	145.45	114.08
4.000	3.84	4.38	6.42	7.52	14.56	22.70	25.06	24.15	20.07	16.50	4.25	3.79	153.25	120.49
4.500	3.84	4.38	6.42	7.52	15.00	23.75	25.84	24.88	20.84	17.20	4.25	3.79	157.71	124.25