



**DEMANDAS HIDRICAS DE LOS CULTIVOS PARA EL USO EFICIENTE DEL
AGUA DE RIEGO**

DISERTACION

**Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería
de la
Universidad de Sonora**

Por

Rubén Ibarra Córdoba

**Como requisito parcial para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo
con especialidad en Fitotecnia**

Julio de 1997

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Esta disertación fue realizada bajo la dirección del consejo particular, aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**INGENIERO AGRONOMO CON ESPECIALIDAD EN
FITOTECNIA**

CONSEJO PARTICULAR

Asesor:



D.E.A. José Castillo Gurrola

Consejero:



M.C. Miguel Ángel Ríos Angulo

Consejero:



M.C. Maricela Martínez García

AGRADECIMIENTOS

A la memoria de mi padre Sr. Rubén Ibarra Ruelas, que me dió todo su apoyo y confianza, así mismo a mi abuelita Altagracia Ruelas Frías, de quien recibí su cariño y me enseñó los valores de la vida.

Con todo cariño a mis tíos,

En especial a mi tía Ma. Elena Ibarra Ruelas, de quien en los momentos difíciles he recibido su apoyo y ánimo para salir adelante.

Con todo mi amor de quien he recibido incondicionalmente todo su apoyo y confianza, a mi esposa Lorena Chaparro Solís y mis hijos:

Norma Leticia

Rubén Alejandro y

Claudia Lorena

A mis hermanos:

Norma Alicia, Leticia y José Angel

A mis primos de quienes guardo gratos recuerdos.

Para quienes han sabido salir adelante, a mis suegros: Don Fructuoso Chaparro Gastelum y Sra. Jacinta Solís Luna, así mismo a mis cuñados.

DEDICATORIA

Dedico esta disertación, a la Universidad de Sonora quien contribuyó a mi formación profesional y sigue haciéndolo con su lema "El saber de mis hijos hará mi grandeza".

A todos mis maestros que con su conocimiento y profesionalismo, fomentaron en mi el espíritu de superación.

En especial al Dr. José Castillo Gurrola, quien con sus conocimientos y acertadas recomendaciones, hizo posible la realización del presente trabajo.

A mis consejeros:

Ing. Miguel Angel Ríos Angulo, quien en todo momento me brindó su apoyo incondicional para cumplir con esta meta.

y

M.C. Maricela Martínez García por su acertada orientación fruto de su capacidad e inteligencia.

En especial para:

M.C. Griselda Macrina Moreno Ibarra, por su colaboración invaluable entre ello, la reproducción de este trabajo.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	2
2.1 Importancia del agua en la agricultura.....	2
2.2 Disponibilidad de agua.....	3
2.3 Necesidades Hídricas de los Cultivos.....	7
2.3.1 Métodos Directos.....	10
2.3.1.1 Lisímetros.....	10
2.3.1.2 Evaporómetro.....	11
2.3.1.3 Gravimétrico.....	11
2.3.1.4 Tensiómetros.....	12
2.3.1.5 Bloques de Impedancia.....	12
2.3.1.6 Atmómetros.....	13
2.3.2 Métodos Indirectos.....	13
2.3.2.1 Método de Thornthwaite.....	14
2.3.2.2 Método de Blaney-Criddle.....	17
2.3.2.3 Método de Blaney-Criddle simplificado.....	19

2.3.2.4 Método de Blaney-Criddle	
Ajustado por Phelan.....	20
2.3.2.5 Método de la Curva Unica de Hansen.....	21
2.3.2.6 Método de Grassi-Christiansen.....	23
2.3.2.7 Método de Penman Ajustado.....	25
2.4 Uso Eficiente del Agua de Riego.....	29
2.4.1 Eficiencia de Aplicación.....	29
2.4.2 Eficiencia de Conducción.....	29
2.4.3 Eficiencia en el Uso del Agua.....	30
2.4.4 Eficiencia de Requerimiento de Agua.....	31
2.4.5 Uniformidad de Riego.....	31
2.4.6 Prácticas para Eficientar el Agua de Riego.....	32
CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	41
APENDICE.....	47

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1. Cálculo de la Evapotranspiración por el método de Thornthwaite.....	16
CUADRO 2. Cálculo de Evapotranspiración por el método de Blaney Criddle.....	18
CUADRO 3. Cálculo de Evapotranspiración por método de Blaney-Criddle modificado por Phelan.....	21
CUADRO 4. Cálculo de Evapotranspiración por método de la Curva Unica de Hansen.....	22
CUADRO 5. Cálculo de evapotranspiración por el método de Grassi-Christiansen.....	25
CUADRO 6. Cálculo de Evapotranspiración por el método de Penman.....	28
FIGURA 1. Coeficiente de desarrollo K_c	56
FIGURA 2. Curva Unica de Hansen para cálculo del coeficiente de desarrollo	58
FIGURA 3. La temperatura en función de la variable	59

RESUMEN

En el presente trabajo, se aborda el tema del uso del agua, enfocado a la determinación de las demandas hídricas de los cultivos agrícolas; para ello se presentan diferentes métodos para el cálculo de la evapotranspiración, como parte esencial en la determinación, de la demanda de agua.

Para el mejor aprovechamiento del recurso agua, se describen prácticas agronómicas, que permiten su uso eficiente, complementándolo con los parámetros técnicos, desarrollados para este propósito.

En la última parte de esta disertación, se desarrollan ejemplos para el cálculo de la evapotranspiración, por diferentes métodos.

INTRODUCCION

Existen en el país zonas de riego que presentan serios problemas de insuficiencia en el abastecimiento de las demandas hídricas de los cultivos agrícolas por sobreexplotación de sus acuíferos, con el consecuente incremento en los costos de producción al extraer este elemento a mayores profundidades, afectando la calidad del mismo, además del daño al acuífero por la intrusión salina en las zonas costeras principalmente.

Ante la problemática antes descrita, el presente trabajo consiste en la revisión bibliográfica sobre este tema; en él se describe un panorama general, cuantificando los recursos hídricos del país al presentar un análisis de la disponibilidad del mismo. Parte central de este documento, es la presentación de los métodos existentes en la estimación de la demanda hídrica por los cultivos, analizando los principales procedimientos técnicos desarrollados para este propósito. Como parte medular de la problemática, es la utilización del agua en forma eficiente al describir los parámetros que determinan el uso eficiente del agua complementándose con la descripción de prácticas agronómicas para obtener un mejor aprovechamiento del agua de riego.

El objetivo del presente trabajo es presentar las principales técnicas encaminadas a determinar las demandas hídricas de los cultivos agrícolas con el propósito de utilizar eficientemente el recurso agua.

LITERATURA REVISADA

2.1 Importancia del Agua en la Agricultura.

La superficie irrigada en el mundo es de 210 millones de hectáreas y representan 1/5 de la superficie total, según datos de la Comisión Internacional para la Irrigación y Drenaje (CIID) y citados por Oropeza (1996). En México la superficie potencial cultivable, es de 23.4 a 36.9 millones de hectáreas, con pendientes menores o iguales al 5%, con un total de 6.124 millones de hectáreas irrigadas. (21)

Ante una población creciente, el producir alimentos es prioritario. Casi el 25% del valor de las cosechas producidas en el mundo, provienen de tierras de riego, que incluyen el 12% de la extensión cultivada.

El agua para uso agrícola constituye entre el 70 - 80 % del agua dulce líquida que se utiliza anualmente en el mundo. Sin embargo, el riego es un uso relativamente ineficiente del agua, ya que menos de la mitad del agua de riego es consumida realmente por los cultivos.

Se prevé que en los últimos 25 años del presente siglo, el consumo de agua se incrementará entre 200 % y 300 %, en todo el mundo. Sin discusión, la mayor parte de este incremento estará destinado al riego.(5)

2.2 Disponibilidad de Agua.

A nivel mundial se extraen de los acuíferos, alrededor de dos tercios de agua, para ser utilizados en la agricultura. Se espera hacia fines del siglo, que las extracciones destinadas a la agricultura aumenten levemente y las correspondientes a la industria es posible que se dupliquen.

El suministro de agua en el mundo está distribuido de manera desigual y con mucha frecuencia inestable. Por ello, la escasez de agua ya es aguda en muchas regiones y crónica en determinadas áreas del mundo. Algunos países, para enfrentar la escasez, están recurriendo a la desalinización de aguas oceánicas; otras opciones incluyen la reutilización de aguas residuales.(13)

Se calcula que la cantidad total de agua que hay en la hidrósfera es de 1,500 millones de Km^3 y de esta el 93 - 97% se encuentra en los océanos. De los recursos de agua dulce, aproximadamente 5% del volumen total, no es fácilmente aprovechable.

Por lo anterior, sólo el 1% del agua total que hay en la hidrósfera se encuentra fácil y económicamente aprovechable, de esta agua "disponible", el 79% es agua subterránea, pudiéndose encontrar la mitad de ella abajo de los mil metros de profundidad.(7)

La fuente principal de agua dulce en el planeta es la precipitación, contribuyendo con 520,000 kilómetros cúbicos por año, pero solo el 20 % de esa cantidad se precipita sobre la tierra y de esta cantidad el 65 % se evapora y regresa a la atmósfera.(13)

La superficie regable en México es de 18 millones de hectáreas y solo se riegan 6.24 millones de hectáreas de acuerdo a los informes reportados por SARH y citados por Oropeza (1996).(22)

Los recursos hidráulicos en México están constituidos por ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas, así como agua de lluvia. Corresponde a la lluvia la mayor parte de agua con 1'530 000 millones de m³, ríos con 410 000 millones de m³, presas con 107 000 millones de m³, el cuadro 1 del apéndice, presenta una información más detallada.(13)

Se puede indicar de acuerdo a los datos anteriores, que en la República Mexicana llueven en promedio anual 775 mm.

En nuestro territorio hay numerosos acuíferos que se están salinizando gradualmente por sobreexplotación. En las últimas tres décadas, la extracción de agua subterránea ha progresado a un ritmo acelerado hasta alcanzar la cifra de 28 mil millones de m³/año.(5)

La idea de que no se debía explotar más agua de los acuíferos de la que corresponde a la recarga hace mucho tiempo quedó atrás, debido a que el crecimiento demográfico ha rebasado con sus demandas a los valores de la recarga. El mejor ejemplo es la cuenca geohidrológica donde se asienta la Cd. de México y su zona conurbada, en donde se estima una extracción por medio de pozos, para sus habitantes de $40 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y los cálculos efectuados por varias instituciones oficiales y científicas y citados por Torres (1995) estiman que la recarga es de $20 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (30)

El mismo autor, menciona que parte de las reservas de aguas subterráneas en la República Mexicana, se explotan por medio de 90 000 pozos, que extraen un volumen anual estimado en 30 000 millones de m^3 , lo que corresponde a un caudal de $1\,000 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Se considera que el 70 % de esa cantidad se dedica a la agricultura, el 20 % a usos urbanos e industriales y el resto a otros usos.

Los estudios hechos en las diferentes cuencas hidrológicas en la República Mexicana aportan datos preliminares de una recarga equivalente a los 30 000 millones de m^3 . Esta cifra no toma en cuenta las sobreexplotaciones intensivas locales como las que se efectúan en las regiones agrícolas del Bajío, La Laguna, Costa de Sonora y Cuenca Baja de Río Colorado, Mexicali, en donde en algunas de estas partes, las sobreexplotaciones son alarmantes.(30)

La infraestructura hidráulica proporciona una capacidad de almacenamiento de

150 millones de m^3 equivalentes al 37% del escurrimiento medio anual. La mayoría de los ríos están parcial o totalmente controlados dentro de los límites técnicos y económicos.

Con 6 millones de hectáreas bajo riego, México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en área irrigada y con esta superficie contribuye con el 50% de la producción agrícola nacional.(13)

El consumo de agua para usos urbanos crecerá respecto al consumo actual, hacia el año 2 000, en 6 500 millones de m^3 por año. Esta agua provendrá del volumen actualmente asignado a la agricultura.(15)

El agua de mar desalinizada, es una fuente nueva, que por el momento está de hecho en etapa de experimentación, ya que no es posible económicamente utilizarla todavía masivamente, como complemento o sustituto del agua dulce, superficial o subterránea, existente en los macizos continentales.(5)

El problema de alta concentración salina es común en las zonas áridas, principalmente en los Valles de Mexicali, Juárez, Santo Domingo, Guaymas y Hermosillo, en el cual existen alrededor de 7 000 pozos profundos, cerca del 20 % de éstos extraen altas concentraciones de sales, existiendo 400 000 hectáreas con diversos grados de salinidad. (15)

2.3 Necesidades Hídricas de los Cultivos.

La determinación de las necesidades hídricas de los cultivos es bastante compleja, porque depende de varios factores, que a su vez son muy variables; el clima, el cultivo, el suelo, las fechas de siembra, etc.(27)

El requerimiento de riego de los cultivos, se define como la suma de la evapotranspiración real (ETr) y el requerimiento de lavado (RL), menos la precipitación efectiva (Pe), expresado todo en las mismas unidades. (14)

$$Rr = ETr + RL - Pe$$

Si no es necesario el sobre riego para el requerimiento de lavado por no tener problemas de sales se elimina el término RL y se obtiene:

$$Rr = ETr - Pe$$

Para el cálculo de la (Pe) se tienen varios métodos, Ogrosky y Mockus citados por Martínez y Palacios (1993) presentan la siguiente ecuación, que toma en cuenta el coeficiente de precipitación (Cp)

$$Pe = Cp (p)$$

$$Cp = \frac{Et/p}{1.53 + [0.8 Et/p]}$$

Donde:

p = Precipitación observada.

Et = Evapotranspiración

Palacios (1993) propone un método desarrollado por Zierold para estimar la precipitación efectiva para suelos de textura media con la formula:

$$Pe = p - 0.05 p^2$$

Para lluvias menores de 25 mm. y

$$Pe = 1.27 p^{0.75} - 0.0806 p^{1.5}$$

Para lluvias mayores de 25 mm.

El requerimiento del riego en una parcela, puede diferir en función del tipo de suelo, de como riega el agricultor, del microclima y del método general del cultivo.

(1)

En forma general el requerimiento de riego (Rr) puede expresarse como:

$$Rr = Et \left[1 - \frac{1}{1.53 + 0.8 Et/p} \right]$$

Para que los cultivos logren un desarrollo óptimo, no solo se requiere cierta cantidad de agua, sino que su aplicación debe dosificarse adecuadamente durante el tiempo que dura el ciclo vegetativo. Esta agua puede ser proporcionada por la lluvia, desafortunadamente en gran parte del país el agua de lluvia no es suficiente para lograr cosechas económicamente productivas, por lo que es necesario regar.(14)

Los mismos autores mencionan que el consumo mayor de este elemento no es en la formación de tejido, sino en el proceso de transpiración. Se estima que en la mayoría de los cultivos, el agua evapotranspirada durante su desarrollo representa más del 95 % del consumo de este elemento.

La mayor proporción de agua que requieren los cultivos para su desarrollo es transferida a la atmósfera a través de sus tejidos y de la evaporación directa del suelo. A la combinación de los dos procesos se le llama evapotranspiración (26)

Se han estimado numerosos métodos útiles para la estimación de la evapotranspiración para fines de riego, divididos en métodos directos e indirectos:

2.3.1 Métodos Directos.

- 1.- Lisímetro
- 2.- Evaporómetro
- 3.- Gravimétrico
- 4.- Atmómetro

2.3.1.1 Lisímetro.- Son tanques enterrados en el suelo para medir la percolación del agua a través del suelo. Pueden ser de dos tipos: de drenaje y de pesada. Son los medios directos mas confiables para determinar la tasa de evapotranspiración, su instalación debe cumplir cuatro requisitos para que sus datos sean representativos de las condiciones de campo.

- Ser suficientemente grandes y profundos para reducir el efecto de frontera y para evitar restringir el desarrollo de las raíces.
- Tener condiciones físicas internas comparables a las del exterior.
- El área cultivada del lisímetro no debe ser más alta, más corta, o más rala que el

área de cultivo de los alrededores que busca representar. El cultivo no debe estar en la periferia de una área no cultivada. (17)

2.3.1.2 Evaporómetro.- Son instrumentos de muy diversas formas, tamaños y modos de operar en los cuales se mide el agua evaporada. Estas pueden ser convertidas en valores de evapotranspiración, mediante un factor de corrección. (1)

2.3.1.3 Método gravimétrico.

En este método se extraen muestras de tierra para determinar % de humedad, pesando la muestra obtenida del terreno y secándola a temperatura de 105 a 110°C por 24 hrs. hasta que el peso sea constante. El contenido de humedad se obtiene mediante la ecuación:

$$Ps = \frac{Psh - Pss}{Pss} (100)$$

donde

Ps = Contenido de humedad, %

Psh = Peso del suelo húmedo, gr.

Pss = Peso del suelo seco, gr.

2.3.1.4 Tensiómetros.

Es un aparato que estima la humedad del suelo indirectamente, midiendo la tensión del suelo. Está compuesto por una copa de cerámica (arcilla porosa), conectada en un tubo delgado de vidrio, el cual se llena de agua y se tapa el extremo superior del tubo formando un sistema cerrado en el que hay contacto con el suelo únicamente a través de la copa y por otro lado, con un manómetro de mercurio o un tubo de mercurio. Las lecturas deben ser calibradas por método gravimétrico para transformarlos a % de humedad.

2.3.1.5 Bloques de Impedancia.

Estima la humedad del suelo de manera indirecta al medir la resistencia eléctrica entre dos electrodos que son cubiertos por un material poroso (yeso, arcilla, otros) formando un bloque, el cual se coloca a la profundidad deseada en el terreno y se mide la resistencia eléctrica; si el suelo está húmedo mide baja resistencia y viceversa. El método debe calibrarse con el gravimétrico.(14)

2.3.1.6 Atmómetros.- Están formados por una esfera de cerámica porosa barnizada y que tiene un vástago de vidrio que se introduce dentro de un recipiente graduado que contiene agua, la esfera se encuentra pintada de blanco o de negro. Al recibir la energía de la atmósfera se produce una evaporación que se traduce en una succión en el depósito graduado el cual mide el agua evaporada. Para la estimación de la evapotranspiración se calibra por un factor de ajuste.(1)

2.3.2 Métodos Indirectos (Partiendo de datos meteorológicos).

Se han desarrollado muchas fórmulas basadas en datos meteorológicos promedio, como temperatura, tensión de vapor, humedad relativa, viento, radiación, etc. Dentro de los principales métodos se tienen:(8)

- 1.- Blaney y Criddle
- 2.- Blaney y Criddle Modificado
- 3.- Blaney y Criddle Ajustado por Phelan
- 4.- Grassi & Christiansen

- 5.- Thornthwaite
- 6.- Penman Ajustado
- 7.- Hargreaves
- 8.- Turc
- 9.- Papadakis
- 10.- Davydov
- 11.- Meyer
- 12.- Makkink
- 13.- Evaporímetro "tipo A"

A continuación se describe el procedimiento de la estimación de la evapotranspiración de los principales métodos mencionados:

2.3.2.1. Método de Thornthwaite

Aparicio (1993) refiere que este método fue desarrollado en 1944 y calcula el uso consuntivo (U_j) como función de la temperatura media mensual mediante la fórmula: (2)

$$U_j = 1.6 K_a \left[\frac{10 T_j}{I} \right]^a$$

donde

U_j = uso consuntivo en el mes j , en cm.

T_j = temperatura media en el mes j , en °C.

a, I = constantes.

K_a = Constante que depende de la latitud y el mes del año (Cuadro 2, del apéndice)

El cálculo de las constantes I y a ; se obtiene de la siguiente manera:

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij$$

donde

$$ij = \left(\frac{T_j - 1.514}{5} \right)$$

j = número de mes

La constante "a" se obtiene a partir de :

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 179 \times 10^{-4} I + 0.492$$

A continuación se describe un ejemplo ilustrativo en el cuadro 1.

CUADRO 1.- Cálculo de evapotranspiración por el método de Thornthwaite

MES	$(Tj/5)^{1.51}$ 4	a	Ka	$Et = 1.6$ $Ka(10Tj/I0)^a$
ENERO	4.24	2.326		
FEBRERO	5.70	2.326		
MARZO	7.18	2.326	1.03	5.957
ABRIL	9.81	2.326	1.05	9.796
MAYO	11.71	2.326	1.13	13.610
JUNIO	12.84	2.326	1.11	15.646
JULIO	12.63	2.326	1.14	15.657
AGOSTO	12.20	2.326		
SEPTIEMBRE	10.88	2.326		
OCTUBRE	8.78	2.326		
NOVIEMBRE	5.92	2.326		
DICIEMBRE	4.02			
	105.95			60.666

2.3.2.2 Método de Blaney - Criddle

Este método toma en cuenta la temperatura, horas de sol diarias, el tipo de cultivo, duración del ciclo vegetativo, la temporada de siembra y la zona. (2)

Para el cálculo de evapotranspiración se emplea la fórmula:

$$Et = KG (F)$$

donde

Et = evapotranspiración durante el ciclo vegetativo, en cm.

F = factor de temperatura y luminosidad.

KG = Coeficiente global de desarrollo. (Cuadro 3 apéndice)

La obtención del factor F se calcula como:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i$$

Donde

$$f_i = P_i \left(\frac{T_i + 17.8}{21.8} \right)$$

P_i = Porcentaje de horas de sol del mes i (Cuadro 4, apéndice)

T_i = temperatura del mes i en °C

Si la zona es árida se ajusta su valor multiplicando los valores de f_i por el factor K_{ti} , donde:

$$K_{ti} = 0.03114 T_i + 0.2396$$

Para estimaciones parciales se usa el coeficiente de desarrollo parcial K_c (figura 1 apéndice).

Ejemplo del método en el cuadro 2.

CUADRO 2.- Cálculo de evapotranspiración por el método Blaney-Criddle

MES	%DE hrs. LUZ	f_i	K_c	E_t
MARZO	8.41	13.96	0.57	7.95
ABRIL	8.52	15.78	0.92	14.52
MAYO	9.15	18.13	1.08	19.58
JUNIO	9.00	18.49	0.71	13.13
JULIO	9.25	18.88	0.45	8.50

Ajuste de la Ec. Blaney-Criddle

El valor de evapotranspiración ajustada (E_t') se obtiene al multiplicar por el factor "C" por la evapotranspiración [$E_t' = E_t C$] donde:

$$C = K_G / K'$$

$$K' = \sum E_t / \sum f$$

2.3.2.3 Método de Blaney - Criddle simplificado

Blaney y Criddle han propuesto la siguiente fórmula modificada:

$$U.C. = K (F)$$

donde

$$F = | P (8.12 + 0.457 t) |$$

por lo tanto

$$U.C. = K \times \Sigma | P (8.12 + 0.457 t) |$$

donde:

U.C = Evapotranspiración, en mm.

F = Suma de los productos de la temperatura media mensual por el % de iluminación mensual, respecto al anual.

2.3.2.4 Método de Blaney y Criddle Ajustado por Phelan.

El ajuste se realizó para adaptarlo a algunas zonas áridas, mediante un factor de corrección, que toma en cuenta la radiación, temperatura y evapotranspiración.(8)

El factor f_i de temperatura y luminosidad

$$f_i = P_i \left(\frac{T_i + 17.8}{21.8} \right)$$

es modificado en P_i por el valor de K_t donde:

$$K_t = 0.0311 (t^\circ) + 0.24$$

identificando esta expresión como " t_a " donde:

$$t_a = K_t \left(\frac{T^\circ + 17.8}{21.8} \right)$$

Ejemplo del método en el cuadro 3

CUADRO 3.- Cálculo de evapotranspiración por el método de Blaney-Criddle ajustado por Phelan

MES	ta	P	F=Ta(P)	Kc	Et=F(Kc)
MARZO	1.349	8.41	11.34	0.540	6.123
ABRIL	1.748	8.53	14.91	0.870	12.970
MAYO	2.442	9.14	18.66	1.075	20.050
JUNIO	2.220	9.00	19.98	0.780	15.580
JULIO	2.186	9.23	20.17	0.450	9.070
TOTAL					63.793

2.3.2.5 Método de Curva Unica de Hansen.

Este método también se conoce como el método racional, toma en cuenta la evaporación (EV) del tanque tipo "A" y la evapotranspiración del cultivo. El factor (K) que relaciona estos factores se obtiene como:

$$K = \frac{U.C}{EV} ;$$

de la cual se obtiene la gráfica de la curva única de Hansen (Figura 2, del Apéndice) cuya ordenada es el valor K y en la abscisa el % del ciclo vegetativo equivalente a los días que dura el cultivo. Para el caso de aplicar este método a un cultivo específico, el eje de las abscisas se divide proporcionalmente entre el número de meses del ciclo, para obtener los valores de Kc para cada mes, se toma el promedio del valor inicial, medio y final sobre la curva.(8)

La evapotranspiración se obtiene como :

$$Et = Kc (EV)$$

Ejemplo del método en el cuadro 4

CUADRO 4.- Cálculo de evapotranspiración por el método de curva única de Hansen

MES	$f_i = P_i(T_i + 17.8) / 21.8$	Kc	UC	J	Et
MARZO	13.96	0.340	4.75	1.09	5.17
ABRIL	15.78	0.713	11.25	1.09	12.26
MAYO	18.13	0.943	17.09	1.09	18.62
JUNIO	18.49	0.933	17.95	1.09	18.80
JULIO	18.88	0.640	12.08	1.09	13.16
	85.94		62.42		68.45

$$C = Et/fi = 62.42/85.94 = 0.73$$

$$j = KG/c$$

$$KG = 0.80$$

$$J = 0.80/0.73$$

$$J = 1.09$$

2.3.2.6 Método de Grassi - Christiansen

Estos investigadores tomaron en cuenta tres ecuaciones para obtener el coeficiente de desarrollo del cultivo (K_c) a partir de:(8)

$$KG = \frac{E_{tr}}{E_{tp}}$$

$$KG = \frac{E_{tr}}{R_g}$$

$$KG = \frac{E_{tr}}{E_v}$$

donde

KG = Coeficiente global de evapotranspiración del cultivo

Etr = Evapotranspiración real, en mm/día

Etp = Evapotranspiración potencial, calculada con la formula de Grassi-Christiansen para un terreno total y permanentemente cubierto de vegetación, en mm/día

Ev = Evaporación de una superficie libre de agua, medida en tanque tipo "A", en mm/día.

Rg = Radiación global, expresada en lámina equivalente agua evaporada por día.

Para determinar los valores promedios de KG, Grassi propone una ecuación única, que toma en cuenta el % del ciclo vegetativo del cultivo, mediante la siguiente expresión;

$$K = 0.0942 + 0.02774 t - 0.0002126 t^2$$

t = Porcentaje del ciclo vegetativo, adimensional.

Ejemplo del método en el cuadro 5.

CUADRO 5.- Cálculo de evapotranspiración por el método de Grassi-Christiansen

MES	P	$F=P(t+17.8/2)$ 1.8)	Kc	Et	C	Et'
MARZO	8.41	13.96	0.54	7.53	1.07	8.06
ABRIL	9.15	15.78	0.87	13.72	1.07	14.78
MAYO	9.25	18.30	1.07	19.39	1.07	20.75
JUNIO	9.00	18.9	0.78	14.42	1.07	14.43
JULIO	9.25	18.88	0.45	8.49	1.07	9.08
		85.24		63.55		67.99

2.3.2.7 Método de Penman Ajustado

Este método se dificulta por requerir de mucha información de instrumentos meteorológicos que en la mayoría de las estaciones climatológicas no existen, el procedimiento de los cálculos es laborioso por lo que se han desarrollado nomogramas que facilitan la obtención de resultados.(8)

A continuación se presentan las ecuaciones de este método.

$$Et = \frac{\Delta H + 0.486 Ea}{\Delta + 0.486}$$

donde:

$H = RA (1 - \mu)(0.18 + 0.55 n/N) - \sigma Ta^4 (0.56 - 0.0092 ed) \Delta = d ea/d Ta$, es decir, la tangente en un punto de la curva de la presión de saturación del vapor del agua, expresada en mm de Hg., en función de la temperatura media del aire en °C. (Figura 3 apéndice)

$$Ea = 0.55 (ea - ed) (1 + 0.0061U^2)$$

donde los términos se definen como:

H = Balance de calor diario en la superficie, en mm de agua por día.

RA = Media mensual de radiación en mm de agua por día (Cuadro 5 del apéndice).

μ = Coeficiente de reflexión de la superficie, cuyos coeficientes varían desde 0.25 para zacates hasta 0.05 para superficies libres de agua.

n = Duración máxima posible de insolación.

N = Duración máxima posible de insolación (Cuadro 6 apéndice)

σT_a^4 = Milímetros de agua por día (Cuadro 7 apéndice)

e_d = Presión de saturación del vapor en el punto medio de rocío, en mm de Hg.

E_a = Evaporación de agua en mm por día.

e_a = Presión de saturación de vapor de agua a la temperatura media del aire, expresada en mm de Hg. (Cuadro 8 del apéndice)

U_2 = Velocidad media del viento a dos metros de la superficie del terreno, en Km por día.

σ = Constante de Stefan - Boltzman (0.817×10^{-10} cal/cm²/min)

Para facilitar los cálculos de las ecuaciones del método de Penman son útiles los cuadros 7 y 8 del apéndice.

Ejemplo del método de Penman se encuentra en el cuadro 6.

CUADRO 6. Cálculo de Evapotranspiración por el método de Penman.

DATOS	MARZ	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
TEMPERATURA DEL AIRE EN °C	18.4	20.	21.6	21.3	0.4
HUMEDAD RELATIVA%	26	25	29	40	45
INSOLACION N/n %	70.0	67.4	69.4	67.6	69.6
VEL. DEL VIENTO U2 A MEDIO DIA A 2 M DEL	34.10	37.38	33.44	43.28	40.0
INTENSIDAD DE LA RADIACION. RA. EN mm DE	13.9	15.2	15.7	14.8	15.7
COEFICIENTE DE REFLEXION % P/MAIZ	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
CALCULO DE RA (1-r)(0.18+0.55n/N)					
(1-R)	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
(0.18+0.55n/N)	0.56	0.55	0.56	0.55	0.56
CALCULO DE LA EXPRECION (5X7X8)	5.99	6.44	6.76	6.26	6.77
CALCULO DE LA EXPRECION Ta= (0.56-					
TENSION DE VAPOR a)e*SATURADO EN mm b)	15.87	17.85	19.34	18.99	17.97
Ta*	14.24	14.81	1.37	15.37	14.81
(0.56-0.092 e*)	0.37	0.36	0.34	0.30	0.29
(0.100.90 n/N)	0.73	0.70	0.72	0.71	0.72
CONCEPTO 11X12X13	3.84	3.73	3.76	3.39	3.09
CALCULO DE H					
CONCEPTO DE (9-14)	2.15	2.71	3.00	2.87	3.68
CALCULO DE Ea=0.35 (e*-e*) (1+0.0061U2)					
(1+0.0061U2)	4.11	4.68	4.8	3.99	3.46
CONCEPTO 16X17= Ea					
calculo de Et= H+0.486Ea/ +0.486	1.21	1.23	1.20	1.26	1.24
H* = (9-14)(19)	0.99	1.09	1.16	1.15	1.10
Ea** = (0.486)(18)	2.12	2.95	3.48	3.30	4.05
+ 0.486	1.99	2.79	2.80	3.44	2.08
Et = mm agua x dia	1,476	1,576	1.66	1,636	1.58
Et = mm agua x mes	2.78	3.64	3.81	3.51	3.88
	86.18	109.2	118.11	105.3	120.28
DÍAS DE MES	31	30	31	30	31

Todos los ejemplos anteriores se desarrollaron utilizando los siguientes

datos:

Cultivo: Maíz

Fecha de siembra: 1° de abril

Fecha de cosecha: 31 de julio

Latitud: 20° 00'N

y se utilizó la información meteorológica de los datos del Cuadro 9 del apéndice.

2.4 Tecnología para el uso Eficiente del Agua.

2.4.1 Eficiencia de Aplicación.

La eficiencia de aplicación del agua, (E_a) se define como la relación entre la lámina o volumen aplicado a la zona de raíces y el agua servida a la parcela y se puede expresar de la siguiente manera:(26)

$$E_a = \frac{LZR}{LN} \cdot 100$$

donde:

E_a = Eficiencia de aplicación, %

LZR = Lámina aplicada a la zona de raíces, cm.

LN = Agua servida a la parcela o lámina neta, cm.

2.4.2 Eficiencia de conducción.

La eficiencia de conducción (E_c) es la relación entre el volumen de agua que se entrega a las parcelas para riego (V_p) y el volumen que se deriva de la fuente de abastecimiento (V_d), expresado como:(26)

$$E_c = \frac{V_p}{V_d} \cdot 100$$

Se estima que en promedio en los Distritos de Riego del país se pierde un 40% del agua en la conducción.

Las pérdidas por conducción pueden subdividirse en :

- a) por infiltración.
- b) por evaporación.
- c) por fugas en estructuras en mal estado.
- d) por manejo del agua en la red de distribución.

2.4.3 Eficiencia en el Uso del Agua.

Para evaluar la eficiencia en el uso del agua para riego, es necesario conocer el volumen de agua que consumen las plantas en el proceso evapotranspirativo y la cantidad de precipitación que puede ser aprovechada de dicho proceso.

Una función que permite dicha eficiencia, bajo el supuesto de que no hay aportación de agua del manto freático es:(26)

$$Eu = \frac{Et + Rl - Pe}{Lr}$$

donde:

E_t = Lámina de evapotranspiración real, mm.

R_l = Lámina de requerimiento de lavado, mm.

P_e = Precipitación efectiva, mm.

L_r = Lámina de riego aplicada, mm.

2.4.4 Eficiencia de requerimiento.

Existen casos en que la lámina de riego aplicada es menor a la lámina requerida, por la que la evaluación parcial del método de riego, deberá hacerse en base a la eficiencia de requerimiento.

$$E_r = \frac{L_a}{L_r} 100$$

2.4.5 Uniformidad de riego.

La uniformidad en la aplicación de una determinada lámina de riego, puede calcularse en base al coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUch) :

$$CUch = \left[1.0 - \frac{\sum |Y_i - Y|}{n Y} \right]$$

donde:

Y_i = Observación individual de agua aplicada, cm.

Y = Lámina media aplicada, cm.

n = Número total de observaciones.

Generalmente se acepta un coeficiente de uniformidad mayor o igual a 80%.⁽³⁾

2.4.6 Prácticas Para Eficientar el Agua de Riego.

En investigaciones realizadas por la SARH, se permite con la tecnología presente, aumentar en un 20 % la actual eficiencia del uso del agua de riego (50%), lo cual significa un ahorro importante de los volúmenes empleados en la agricultura.⁽¹⁵⁾

- Manejo Agronómico del Cultivo para eficientar el agua de riego.

Es reconocido que los riegos de superficie son los que tiene menor eficiencia en el uso del agua de riego, pues en la generalidad de los casos se manejan "riegos pesados", ocasionando pérdidas de agua por percolación y escurrimiento superficial. Estas deficiencias pueden ser corregidas optimizando la longitud-gasto más conveniente. El mismo autor reporta resultados de investigaciones, sobre la óptima relación de longitud de surcos y gastos, en terrenos del Bajío de Guanajuato; encontrando para el

caso del trigo en surcos con gastos de 1.3 lps. y longitudes de 100 m., se incrementó la eficiencia de aplicación hasta el 86.3%; en melgas correspondió un gasto de 7.8 lps y 100 m. de longitud la máxima eficiencia de requerimiento con un 83.4 %; en longitudes de 180.00 m, la eficiencia de aplicación disminuyó hasta un 71.4% en surcos y 74.3% para melgas. En el cultivo de alfalfa al sembrarlo en seis diferentes formas, la máxima eficiencia en el uso del agua (EUA) se logró con tratamientos manejados en surcos de una y dos hileras.(3)

Experimentos realizados en los Valles Centrales de Zacatecas, en el cultivo de Maíz y Frijol para determinar la fecha de siembra más eficiente en el aprovechamiento del agua de lluvia y reducir los volúmenes de extracción de agua para riego se concluye que el maíz es más eficiente que el frijol y la fecha de siembra en la segunda quincena de mayo es más eficiente en el uso del agua. (31)

En condiciones de temporal para evitar daños por sequía, se ha generado tecnología sobre labranza mínima en el Valle del Yaqui, Sierra de Chihuahua, Altiplano, Durango, Zacatecas y otras localidades. Esta técnica permite además, la incorporación de materia orgánica que mejora las condiciones físicas del suelo favoreciendo la retención de humedad.(15)

El desarrollo de cultivo bajo el sistema de relevos trigo- sorgo en surcos se reporta como un sistema, que permite el uso eficiente del agua de riego, al reducir en

uno o dos riegos de auxilio con este sistema de producción, lo que representa un ahorro de 22 al 25 % de agua. (20)

Experimentos realizados en el Valle del Yaqui; Sonora, para la determinación de las demandas de agua del plantago (Plantago ovata L.), se encontró que el mejor tratamiento, con rendimientos de 1,623 Kg/Ha, fue al aplicar únicamente el riego de presiembra. (23)

Se evaluó la aplicación del CaCl_2 en el cultivo de soya, variedad cajeme, con el objetivo

de incrementar la eficiencia y uso del agua en condiciones de campo, en el Valle del Yaqui, Son. Las aplicaciones del CaCl_2 se realizaron en tres épocas diferentes cada cinco días y en dos aplicaciones por día, se logró el objetivo de incrementar la eficiencia del agua sobre el testigo en 32.5 %. (18)

- Sistemas de riego.

Uno de los métodos que ofrece buenas perspectivas para eficientar el uso del agua, es una modalidad de los sistemas de riego por subirrigación, denominado riego por succión. Este sistema de riego, consiste en aplicar el agua a través de un sistema

de emisores porosos, las cuales están interconectados entre si, y de una fuente de agua cuyo nivel esta por debajo del nivel de la instalación de la cápsula, según García citado por Tijerino et. al. Al evaluar este sistema de riego en el cultivo de fresa, concluye que es más eficiente que el sistema tradicional.(29)

El sistema de riego intermitente consiste en la aplicación del agua en pulsaciones, ya sea en surcos o en melgas, controlando el tiempo de abertura/cierre, de una serie de compuertas, mediante una válvula de mariposa de accionamiento automático; Briones y Rodríguez (1990) evaluaron el avance en flujo continuo e intermitente en surcos, encontrando que el avance presenta más ventajas en el flujo intermitente, particularmente en la prueba de 1.43 lps., con un tiempo de apertura y cierre de 15 minutos cada uno, ya que representa un 25 % más en la velocidad de avance en comparación del flujo continuo. (6)

La productividad del agua fue comparada en el sistema de riego de aspersión y superficie, en avena forrajera (Avena sativa L.) en la Comarca Lagunera, no encontrando diferencias estadísticas de producción en los dos métodos de riego, no así en la productividad del agua, donde el riego por aspersión tuvo mayor eficiencia con un ahorro de agua del 34.3 %. (4)

- Acolchado.

En experimentos realizados en la Comarca Lagunera, para evaluar la eficiencia en el uso del agua en lechuga (Lactuca sativa L.) bajo el sistema de riego por goteo y en condiciones de acolchado con plástico, en cuatro regímenes de humedad; se observó un significativo ahorro de agua, ya que se aplicó 45 % menos en comparación con sistema tradicional de riego.(10)

En condiciones de agricultura de temporal, el acolchado con polietileno negro fue probado en terrenos del CIFAP- Zacatecas en el cultivo de maíz para aprovechar mejor la humedad del suelo, logrando con el acolchado, un incremento en rendimiento por mantener mejor las condiciones de humedad en el suelo. (9)

- Experimentos Relacionados con la Evapotranspiración.

La evapotranspiración es afectada por los factores climáticos; se han desarrollado modelos matemáticos para predecir la evapotranspiración, Fas y Reta citados por Singh y Wolkewitz (1988) desarrollaron un modelo para predecir el rendimiento de grano en el cultivo de maíz H - 412, en función de la evapotranspiración, encontrando buenos resultados con la función $RG = - 3194.24 + 117.6 \text{ Etr.}$ con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.74$. (28)

Donde:

RG = rendimiento de Grano en Kg./ha.

Etr = Evapotranspiración real en cm.

El comportamiento más importante del balance de agua es la evapotranspiración real (Etr), la cual se puede conocer usando una relación $Etr = Etp \times Kc$ (12)

Donde:

Etp = Evapotranspiración potencial.

Kc = Coeficiente del cultivo.

La proporción del coeficiente Kc, fue estudiada por Godoy (1991) en el cultivo de algodónero, utilizando el Cv. Laguna 89 sembrada a dos hileras y encontró que al ocurrir una desviación de la Etr y Etp ocurre una disminución de la materia seca, con efectos en la caída de flores. (11)

Se realizaron estudios sobre el estrés hídrico en el cultivo de algodónero en la variedad Delta Pine 80, en la Comarca Laguna sometiendo al cultivo a diferentes contenidos de humedad y su relación con la temperatura del follaje, determinando que existe una alta relación entre la humedad del suelo y el comportamiento térmico del

cultivo, ésto podría ser un indicador de deficiencia hídrica para ser utilizado en la programación de riego. (16)

El efecto del déficit hídrico sobre la temperatura del follaje y rendimiento de maíz (*Zea mais*), fue estudiado en terrenos del Centro de Investigación Disciplinaria de Relaciones agua-suelo-atmósfera, Gómez Palacios, Durango. Las mediciones de temperatura del cultivo se realizaron, con termómetro infrarojo AG-42. y concluye que existe una alta asociación entre el agua consumida y el comportamiento térmico del cultivo. (19)

Palacios S.(1990) desarrolló un modelo lineal para determinar la evapotranspiración en el cultivo de trigo en el Valle del Mayo, con la función: (24)

$$E_t = 28.35 + 0.242 X_1 + 0.606 X_2 + 0.292 X_3$$

Donde:

X_1 = Humedad aprov. en la etapa vegetativa.

X_2 = Humedad aprov. en la etapa de floración.

X_3 = Humedad aprov. en la etapa de maduración.

El mismo investigador para el caso del cultivo de maíz en el valle del Mayo, Son. obtuvo la ecuación de Evapotranspiración como:

$$Et = 36.56 + 0.265 X_1 + 0.495 X_2 + 0.277 X_3$$

Donde X_1 , X_2 y X_3 , corresponden a los mismos parámetros de la ecuación para trigo.(25)

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua aplicó un modelo llamado días-grado-crecimiento, para determinar el coeficiente de desarrollo del cultivo (K_c), el modelo se basa en la determinación de los rangos de temperatura, específicos para cada cultivo, en las cuales éstos presentan algún grado de desarrollo; la determinación del K_c se obtiene al acumular grados de temperatura en intervalos de tiempo muy cortos; de 15 minutos, y hasta completar el ciclo del cultivo, relacionando los grados con el crecimiento del cultivo; con este modelo se logra una mayor precisión en la estimación del K_c y sus valores puede extrapolarse a otras regiones. (21)

IV. CONCLUSIONES.

1.- La eficiencia del agua para uso agrícola puede ser mejorada con la tecnología actual disponible.

2.- Es indispensable que el agricultor utilice las técnicas disponibles para aplicar de manera racional el agua de riego a fin de preservar este recurso y evitar daños a los sistemas agrícolas.

3.- De los métodos presentados, para determinar el consumo del agua por el cultivo a través de la evapotranspiración, el de Grassi-Christiansen es el que más sobreestima este fenómeno, en comparación con el de Thornthwaite presentando el valor mas bajo de evapotranspiración; el resto de los métodos presentan valores intermedios.

4.- Los métodos para el cálculo de evapotranspiración deben ser comparados con la evapotranspiración del lugar de interés y determinar cual es el que mejor se adapta a esas condiciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aguilera, C. M. y Martínez, E. R. 1986. Relación agua suelo planta atmósfera. Editorial UACH. Chapingo, México. 283 - 284 PP.
- 2.- Aparicio, M.F.J. 1993. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. D. F., México. 56 -59 PP.
- 3.- Arreola, T.J. M. 1993. Recomendaciones prácticas para aumentar la eficiencia en el uso del agua. Memoria de la II Reunión. La modernización del uso del agua en la agricultura de Guanajuato. Gobierno del Estado de Gto. México 173 - 184 PP.
- 4.- Berumen, P. S. y Figueroa V.R. 1990. Análisis de la productividad del agua y la relación beneficio costo en avena forrajera (Avena sativa) bajo riego por aspersión y superficie. XXII Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A., Comarca Lagunera, México. 216 PP.
- 5.- Bracamontes L.E. 1984. Alternativas Tecnológicas No. 5 Academia Mexicana de Ingeniería. P. 3 - 5

- 6.- Briones S. y Rodríguez R. 1990. Evaluación del flujo intermitente en un método artificial. XXIIICongreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A., Comarca Lagunera, México. 188 PP.
- 7.- Campos, A.D.F. 1987. Procesos del Ciclo Hidrológicos. Editorial Universitaria Potosina. San Luis Potosí, México. 8-9PP.
- 8.- Coras, M.P. M. 1994. Programación de riego. Editorial, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 26 - 54 PP.
- 9.- Esquivel V.F. y Ramos C. J. M. 1990. Acolchado plástico del con variedades de maíz de temporal, dosis de fertilización y densidad de población. XXIIICongreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A., Comarca Lagunera, México. 206 PP.
- 10.- Figueroa V. y Berumen P. 1991. Evaluación del desarrollo y productividad del agua en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) bajo cuatro regímenes de humedad con y sin acolchado. XXIIICongreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A., Comarca Lagunera, México. 117 PP.

- 11.- Godoy A. G. 1991. Relación entre el coeficiente de cultivo (Kc) y algunos parámetros de fructificación en el algodónero bajo diferentes niveles de humedad del suelo. Editorial Tovar S. J. L. Pachuca Hidalgo, México. 139 PP.
- 12.- Goldhamer A. D. 1989. Irrigation and scheduling. A guide for efficient on-farm water management. Univ. of California. Division de Agricultura and Natural Resources. U.S.A. Publication 21454: 23-31 PP.
- 13.- I.N.E.G.I.1994. Estadísticas del Medio Ambiente. Editorial Instituto Nacional de Estadística e Informática. D. F. México. P. 92-95
- 14.- Martínez E. R. y Palacios V.E. 1993 Importancia del riego en los cultivos. II Curso Internacional de Sistemas de Riego. Editorial Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 1, 59, 87 PP.
- 15.- Martínez, P. R. A. 1990 Utilización y recuperación de los recursos naturales de las zonas áridas y semiáridas de México. Revista Terra, Editorial Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 128 - 133 PP.
- 16.- Martínez, R. y Montes, E. 1991. Efecto del riego sobre la temperatura del follaje y rendimiento de algodónero. XXIV Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Tovar S. J. L., Pachuca Hidalgo, México. 141 PP.

- 17.- Monter, P. R. 1993. Estimación de la evapotranspiración de referencia de los cultivos (ET_o) en "El Copal" Irapuato. Editorial Universidad de Gto., Irapuato México. 11 - 12 PP.
- 18.- Moraila, V. S. y Gutiérrez, C. M. A. 1990. Evaluación de la aplicación de CaCl₂ en diferentes etapas fenológicas en soya para incrementar la eficiencia del uso del agua. XXIII Congreso Nacional de ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A., Comarca Lagunera, México. 219 PP.
- 19.- Montes, H. y Martínez, R. 1991. Efecto del déficit hídrico sobre la temperatura del follaje y rendimiento de maíz. XXIV Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Tovar S. J. L., Pachuca Hidalgo, México. 132 PP.
- 20.- Murrieta, B. y Díaz, T. 1991. Eficiencia del uso del agua y suelo bajo el sistema de trigo en surcos - relevo. XXIV Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Tovar S. J. L., Pachuca Hidalgo, México. 155 PP.
- 21.- Ojeda, B. W. 1997. Comunicación directa del autor. I.M.T.A Cuernavaca Morelos, México
- 22.- Oropeza, M. J. L. y Ríos B, J. D. 1996. Memoria del Curso Conservación de Suelo y Agua. Editorial UACH. Chapingo, México. 1-3 PP.

- 23.- Ortiz, E. J. E. 1991. Efecto de la humedad aprovechable bajo suelos de barrial en el cultivo de plantago (Plantago ovata), en el Valle del Yaqui, Sonora. XXIV Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Tovar S. J. L., Pachuca Hidalgo, México. 124 PP.
- 24.- Palacios, S. J. E. 1990. Modelo para la optimización del uso del agua en el cultivo de trigo en el Valle del Mayo, Sonora. XXIII Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A. Comarca Lagunera, México. 184 PP.
- 25.- _____ . 1990. Modelo para la optimización del uso del agua en el cultivo de maíz en el Valle del Mayo, Sonora. XXIII Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Editorial Aguilar S. A., Comarca Lagunera, México. 185 PP.
- 26.- Palacios, V. E. 1993. La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. Memoria de la II Reunión. La modernización del uso del agua en la agricultura del Estado de Guanajuato. Editorial Gob. del Edo. de Gto. Celaya, México. 135 - 136 PP.
- 27.- Quiñones, P. H. E. 1994. Programación de riego. Editorial, Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Cuernavaca Morelos, México. 1 PP.

- 28.- Singh, P. and Wolkewitz, H. 1988. Evapotranspiration and evaporation and soil water relations under high temperature (Triticum coarctatum). Agr. Water Manage. U. S. A., 13: 65 -81 PP.
- 29.- Tijerina, Ch. L. 1991. Riego por succión en fresa. Revista Terra, Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo. Editorial J. Etchevers, México. 116 PP.
- 30.- Torres, I. Lorenzo. 1995. Alternativa Tecnológica 54, Editorial Academia Mexicana de Ingeniería. Chapingo México. 3 - 5 PP.
- 31.- Verastequi, Ch. 1988. Eficiencia del uso del agua de riego en maíz y frijol con aprovechamiento de agua de lluvia en diferentes fechas de siembra. Revista Terra, Editorial Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 86-91 PP.

APENDICE

CUADRO 1 Distribución de los recursos hidráulicos en la República Mexicana.

DISTRIBUCION	VOLUMEN DE AGUA (millones de m3)
RIOS	410,000
PRESAS	107,000
AGUAS SUBTERRANEAS	70,000
RECARGA DE AGUA SUBTERRANEA	5,000
LAGOS Y LAGUNAS	14,000
LLUVIA	1,530,000

FUENTE: I.N.E.G.I. (1994) Estadística del Medio Ambiente. p. 94

CUADRO 2 Valores de Ka para el método de Blaney-Criddle

LATITUD GRADOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
-30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.76	0.76	0.70

FUENTE: Amparicio M.F. (1993) Fundamentos de Hidrología de Superficie, p.57

CUADRO 3 Valores de KC Coeficiente global de desarrollo kg.

CULTIVO	CICLO VEGETATIVO	COEFICIENTE GLOBAL KG
Aguacate	Perenne	0.50-0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre hileras	0.80-0.85
	En invierno	0.60
Algodón	6 a 7 meses	0.60-0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00-1.20
Cacahuate	5 meses	0.60-0.65
Cacao	Perenne	0.75-0.80
Café	Perenne	0.75-0.85
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de azúcar	Perenne	0.75-0.90
Cartamo	5 a 8 meses	0.55-0.65
Cereales de grano pequeño (alpiste, avena, cebada, centeno, trigo)	3 a 6 meses	0.75-0.85
Cítricos	7 a 8 meses	0.50-0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárrago	6 a 7 meses	0.60
Fresa	Perenne	0.45-0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60-0.70
Frutales de hueso y pepita (hoja caduca)	Entre hileras	0.60-0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60- 0.70
Girasol	4 meses	0.50- 0.65
Gladiola	3 a 4 meses	0.60
Haba	4 a 5 meses	0.60- 0.65
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70
Lechuga y col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 meses	0.60- 0.70
Mango	Perenne	0.75- 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60
Nogal	Entre hileras	0.70
Papa	3 a 4 meses	0.65- 0.75
Palma datilera	Perenne	0.65- 0.80
Palma cocotera	Perenne	0.80- 0.90
Papaya	Perenne	0.60- 0.80
Plátano	Perenne	0.80- 1.00
Pastos de gramíneas	Perenne	0.75
Remolacha	6 meses	0.65- 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sorgo	3 a 5 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60-0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70- 0.80
Tomate	4 a 5 mese	0.70- 0.80
Trébol de ladino	Perenne	0.80- 0.85
Zanahoria	2 a 4 meses	0.60

Fuente: Aparicio M.F. (1993) Fundamentos de hidrología de superficie. p. 58

CUADRO 4. PORCENTAJES DE HORAS LUZ O INSOLACIÓN

LATITUD NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
15	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

FUENTE: MERINO P. M.P. (1994) EVAPOTRANSPIRACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE RIEGO P.10

CUADRO 5 La Radiación Extraterrestre Ra, Expresada en Equivalente de Evaporación en mm/día
 Fuentes Merino P. M.P. (1994) Evapotranspiración y Programa de riego. P. 69

HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR												
ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	LAT	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50*	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8*	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8*15.7	13.9	11.6	9.5	8.3		30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	11.4	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

CUADRO 6. Duración máxima diaria media de las horas fuerte insolación (N) en diferentes meses y latitudes.

Lat. Norte	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
Lat. Sur	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	M	J
50°	8.50	20.10	11.80	13.80	15.40	16.30	15.96	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1	
48°	8.80	10.20	11.80	13.60	15.20	16.00	15.80	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3	
46°	9.10	10.40	11.90	13.50	14.90	15.70	15.40	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7	
44°	9.30	10.50	11.90	13.40	14.70	15.40	15.20	14	12.6	11	9.7	8.9	
42°	9.40	10.60	11.90	13.40	14.60	15.20	14.90	13.9	12.9	11.1	9.8	9.1	
40°	9.60	10.70	11.90	13.30	14.40	15.00	14.70	13.7	12.5	11.2	10	9.3	
35°	10.10	11.00	11.90	13.10	14.00	14.50	14.30	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8	
30°	10.40	11.10	12.00	12.90	13.60	14.00	13.90	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	
25°	10.70	11.30	12.00	12.70	13.30	13.70	13.50	13	12.3	11.6	10.9	10.6	
20°	11.00	11.50	12.00	12.60	13.10	13.30	13.20	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	
15°	11.30	11.60	12.00	12.50	12.80	13.00	12.90	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	
10°	11.60	11.80	12.00	12.30	12.60	12.70	12.60	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	
5°	11.80	11.90	12.00	12.20	12.30	13.40	12.30	12.3	12.1	12	11.9	11.8	
0°	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	

FUENTES: Merino P. M. P. (1994) Evapotranspiración y Programa de Riego p. 81

CUADRO 7 Valores $\sigma_{Ta 4}$ para el método de Penman

TEMPERATURA ° Absolutos	$\sigma_{Ta 4}$ mm H ₂ O/día	TEMPERATURA ° Centígrados	$\sigma_{Ta 4}$ mm H ₂ O/día
270	10,73	1,67	11,48
275	11,51	4,45	1,96
280	12,4	7,23	12,45
285	13,2	10	12,94
290	14,26	12,78	13,45
295	15,3	15,56	13,96
300	16,34	18,34	14,52
305	17,46	21,12	15,1
310	18,6	23,89	15,65
315	19,85	25,56	16,25
320	21,15	29,45	16,85
325	22,5	32,23	17,46
		35	18,1
		37,78	18,8

FUENTE: Merino P. (1994) Evapotranspiración y programación de riego p. 70

CUADRO 8 Presión del vapor de saturación e_s (en mb)

t	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	6.11	6.15	6.20	6.24	6.29	6.33	6.38	6.43	6.47	6.52
1	6.57	6.61	6.66	6.71	6.76	6.81	6.86	6.90	6.95	7.00
2	7.05	7.11	7.16	7.21	7.26	7.31	7.36	7.42	7.47	7.52
3	7.28	7.63	7.68	7.74	7.79	7.85	7.90	7.96	8.02	8.07
4	8.13	8.19	8.24	8.30	8.36	8.42	8.48	8.54	8.60	8.66
5	8.72	8.78	8.84	8.90	8.97	9.03	9.09	9.15	9.22	9.28
6	9.35	9.41	9.48	9.54	9.61	9.67	9.74	9.81	9.88	9.94
7	10.01	10.08	10.15	10.22	10.29	10.36	10.43	10.51	10.58	10.65
8	10.72	10.80	10.87	10.94	11.02	11.09	11.17	11.24	11.32	11.40
9	11.47	11.55	11.63	11.71	11.79	11.87	11.95	12.03	12.11	12.19
10	12.27	12.36	12.44	12.52	12.61	12.69	12.79	12.86	12.95	13.03
11	13.12	13.21	13.30	13.38	13.47	13.56	13.65	13.74	13.83	13.93
12	14.02	14.11	14.20	14.30	14.39	14.49	14.58	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.37	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87
14	15.98	16.08	16.19	16.29	16.40	16.50	16.10	16.72	16.83	16.94
15	17.04	17.15	17.26	17.38	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.00
16	18.17	18.29	18.41	18.53	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.25
17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.12	20.24	20.37	20.50
18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.16	21.29	21.42	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.09	23.23
20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71
21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.64	25.79	25.95	26.11	26.27
22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.25	27.41	27.58	27.75	27.92
23	28.09	28.26	28.43	28.60	28.77	28.95	29.12	29.30	29.48	29.65
24	29.83	30.01	30.19	30.37	30.56	30.74	30.92	31.11	31.30	31.48
25	31.67	31.86	32.05	32.24	32.43	32.63	32.82	33.02	33.21	33.41
26	33.61	33.81	34.01	34.21	34.41	34.62	34.82	35.03	35.23	35.44
27	35.65	35.86	36.07	36.28	36.50	36.71	36.92	37.14	37.36	37.58
28	37.80	38.02	38.24	38.46	38.69	38.91	39.14	39.37	39.59	39.82
29	40.06	40.29	40.52	40.76	40.99	41.23	41.47	41.71	41.95	42.19
30	42.43	42.67	42.92	43.17	43.41	43.66	43.91	44.17	44.42	44.67
31	44.93	45.18	45.44	45.70	45.96	46.22	46.49	46.75	47.02	47.28
32	47.55	45.82	48.08	48.36	48.64	48.91	49.19	49.47	49.75	50.03
33	50.31	50.59	50.87	51.16	51.45	51.74	52.03	52.32	52.61	52.90
34	53.20	53.50	53.80	54.10	54.40	54.70	55.00	55.31	55.62	55.93
35	56.24	56.55	56.81	57.18	57.49	57.81	58.13	58.45	58.77	59.10
36	59.42	59.75	60.08	60.41	60.74	61.07	61.41	61.74	62.08	62.42
37	62.76	63.11	63.45	63.80	64.14	64.49	64.84	65.20	65.55	65.91
38	66.26	66.26	66.99	67.35	67.71	68.08	68.45	68.82	69.19	69.56
39	69.93	70.31	70.69	71.07	71.45	71.83	72.22	72.61	72.99	73.39

CUADRO 9.- Datos climatológicos para el cálculo de evapotranspiración.

MES	TEMP. PROM.C	PRECIP. mm.	VIENTO Km/ DIA	HUMED. %	INSOL . HRS.	RADIACIÓ N MJ/m2/DÍA
ENERO	13.0	0.0	406	32	7.7	6.5
FEBRERO	15.8	0.0	415	28	7.3	7.7
MARZO	18.4	0.0	420	26	8.4	10.0
ABRIL	22.6	0.0	393	25	8.5	11.2
MAYO	25.4	6.0	275	29	9.1	12.3
JUNIO	27.0	8.0	240	40	9.0	12.7
JULIO	26.7	10.0	268	45	9.2	13.0
AGOSTO	26.1	7.0	280	48	9.0	12.7
SEPTIEMBR E	24.2	0.0	223	41	8.3	11.0
OCTUBRE	21.0	0.0	180	36	8.2	9.1
NOVIEMBRE	16.2	0.0	197	34	7.6	7.0
DICIEMBRE	12.6	0.0	209	33	7.7	6.0

FIGURA NO. 1 Coeficiente de desarrollo Kc

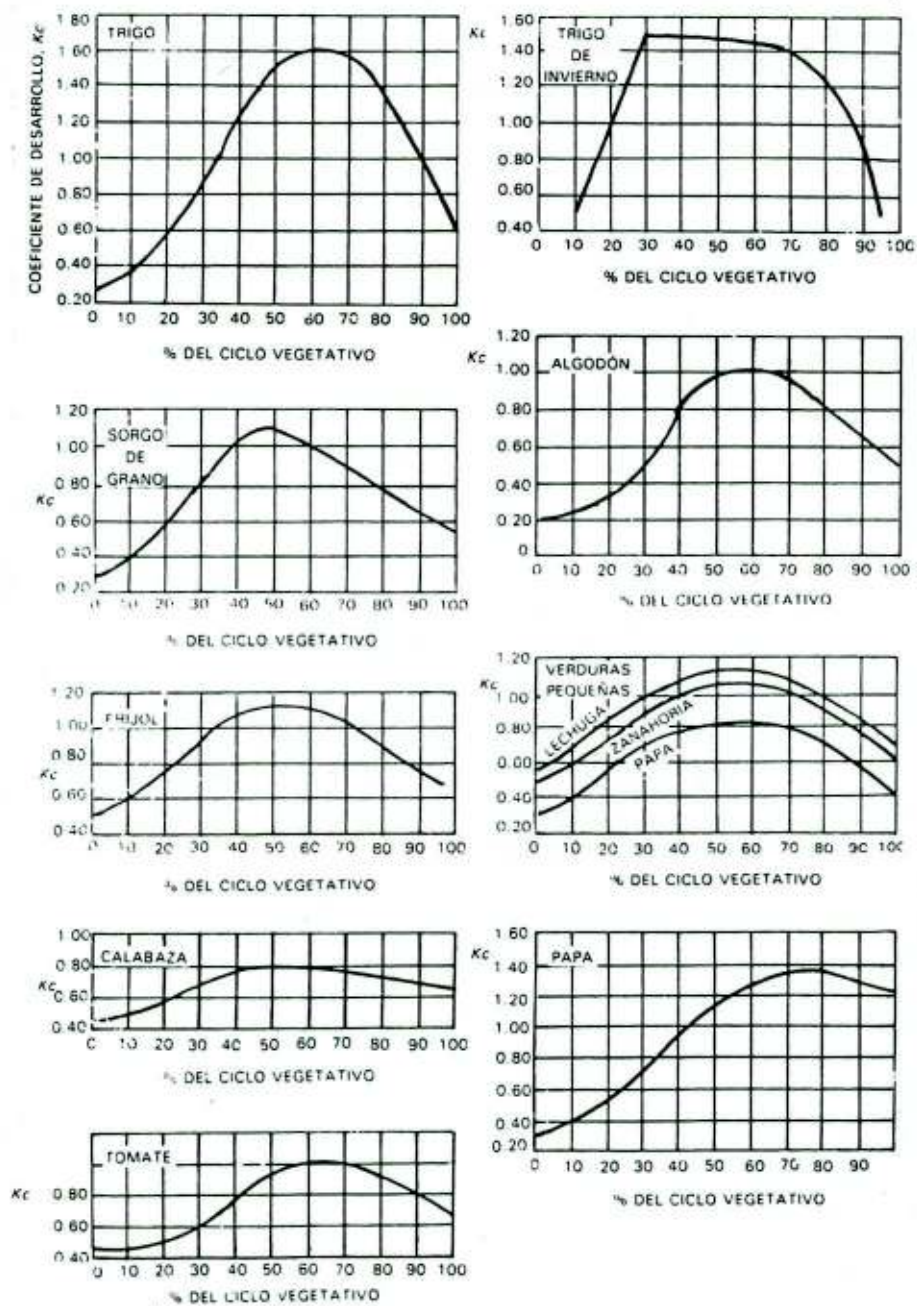
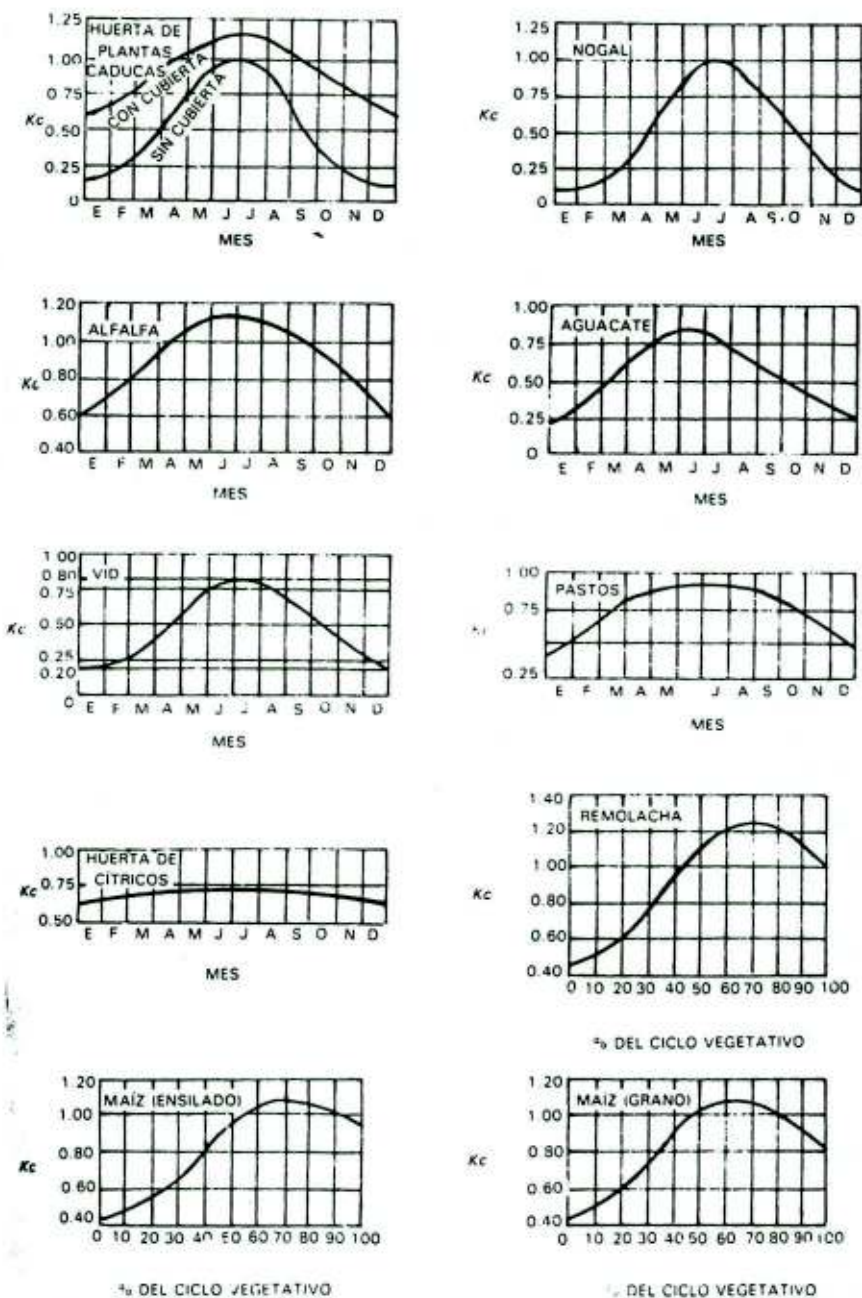


FIGURA NO. 1 Continuación



Fuente: Aparicio M. F. (1993) Fundamentos de Hidrología de Superficie. P. 62 - 63

Pro. T. 2728

FIGURA 3. LA TEMPERATURA EN FUNCION DE LA VARIABLE Δ .

FUENTE: MARINO P. M., P. (1994) EVAPOTRANSPIRACION Y PROGRAMACION DE RIEGO P. 75

