

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL  
RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN REMOLACHA  
(Beta Vulgaris var. Crassa), PARA LA ZONA DE  
BARCENA, VILLA NUEVA

T E S I S

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la  
Facultad de Agronomía de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

P O R

JULIO FERNANDO CRUZ CORZO

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

Guatemala, julio de 1987

TESIS DE REFERENCIA

NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

DL  
01  
T(999)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. César Castañeda S.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
VOCAL TERCERO.	Ing. Agr. Mario Melgar M.
VOCAL CUARTO	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL QUINTO	T. U. Carlos Enrique Méndez M.
SECRETARIO	Ing. Agr. Luis A. Catañeda A.





FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia... IA-089-87.....

Asunto.....

7 de mayo de 1987

Ingeniero Agrónomo  
César Castañeda  
Decano, Facultad de Agronomía  
Ciudad de Guatemala.

Señor Decano:

En atención al nombramiento recibido de esa Decanatura, me permito manifestar a usted que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN REMOLACHA (Beta vulgaris variedad Crassa) PARA LA ZONA DE BARCENA, VILLA NUEVA", desarrollado por el estudiante Julio Fernando Cruz Corzo.

Considero que dicho trabajo de investigación cumple con los requisitos para ser presentado como Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, y constituye además un valioso aporte al desarrollo de la Agricultura bajo riego en Guatemala.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M. S. Jorge Sandoval I.  
A S E S O R

JSI/eqded.

Guatemala,  
julio de 1987.

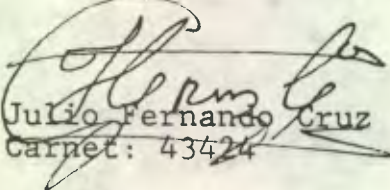
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

" EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN REMOLACHA (Beta vulgaris L. var. Crassa),, PARA LA ZONA DE BARCENA, VILLA NUEVA ".

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,

  
Julio Fernando Cruz Corzo  
Carnet: 43424

JFCC/.

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS

Fuente insuperable del conocimiento y el saber.

A:  
MI PADRE

Felipe Cruz Juárez  
Para que este triunfo llegue hasta el más allá, como recompensa a sus múltiples esfuerzos, y saber que sus sueños se han concretado.

A:  
MI MADRE

Nelly Corzo viuda de Cruz  
Para que observe que todos sus sacrificios no han sido en vano.

A:  
MI ESPOSA

Virginia de Cruz  
Por su gran apoyo, para ver coronado este triunfo.

A:  
MIS HIJOS

Rocío de la Paz y Julio Fernando  
Como un ejemplo de esfuerzo y superación para su futura vida.

A:  
MIS HERMANOS

Aura Aída, Ana Victoria, Eduardo Aníbal, Angel Arturo, Oscar Enrique y Héctor Felipe.  
Como un ejemplo de esfuerzo y superación

A:  
MIS SUEGROS, Sobrinos, Familiares y Amigos en general  
Con aprecio.

A:  
LOS CAMPESINOS de esta pródiga tierra, Guatemala.



## AGRADECIMIENTOS

A:                   Ing. Agr. M Sc. Jorge Enrique Sandoval  
                      Illescas.  
                      Por su valiosa asesoría, supervisión y  
                      revisión al trabajo de tesis presentado.

A:                   Ing. Agr. Mario Boanerges Sagastume  
                      Garza.  
                      Por su colaboración en la revisión del  
                      presente trabajo.

## INDICE GENERAL

	PAGINA
INDICE DE CUADROS . . . . .	i
INDICE DE FIGURAS . . . . .	iii
RESUMEN. . . . .	v
1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. HIPOTESIS . . . . .	3
3. OBJETIVOS . . . . .	4
4. REVISION DE LITERATURA . . . . .	5
4.1 Características y necesidades climáticas del cultivo. . . . .	5
4.2 Necesidades de Agua del cultivo de la <u>Re</u> molacha. . . . .	5
4.3 Evapotranspiración y métodos para deter_ minarla. . . . .	6
4.4 Descripción de los métodos a utilizar . . . . .	7
4.4.1 Método de parcelas de campo. . . . .	7
4.4.2 Método de Blaney-Criddle modifi_ cado por Hansen. . . . .	7
4.4.3 Método de Hargreaves . . . . .	9
4.4.4 Métodos basados en Dispositivos . . . . .	10
Evaporímetros. . . . .	10
4.4.5 Conclusiones de algunos trabajos realizados sobre Evapotranspiración. . . . .	11
5. METODOLOGIA . . . . .	14
5.1 Descripción y Localización del sitio <u>ex</u> perimental. . . . .	14
5.2 Análisis de suelo. . . . .	14
5.3 Manejo Agronómico. . . . .	15

	Página
5.4 Manejo del Experimento . . . . .	15
5.4.1 Diseño Estadístico. . . . .	18
5.4.2 Areas del Experimento . . . . .	18
5.4.3 Variables Respuesta. . . . .	19
5.5 Método de análisis de resultados . . . . .	19
6. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	21
6.1 Variables respuesta . . . . .	21
6.1.1 Rendimiento en raíces. . . . .	22
6.1.2 Rendimiento en plantas completas. . . . .	22
6.1.3 Número de plantas vivas por par cela al final del ciclo. . . . .	23
6.2 Uso del agua por el cultivo. . . . .	23
6.2.1 Evapotranspiración medida. . . . .	23
6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable. . . . .	24
6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney- Criddle modificada por Hansen y Hargreaves. . . . .	25
6.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación ET/Ev. . . . .	27
7. CONCLUSIONES . . . . .	28
8. RECOMENDACIONES . . . . .	30
9. BIBLIOGRAFIA . . . . .	31
10. APENDICE . . . . .	33



## INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 1	Resultados promedio de las diferentes variables respuesta por tratamiento. . . . .	21
CUADRO 2	Reindimiento en T.M./Ha. de raíces para cada tratamiento, cada repetición, totales y promedio. . . . .	34
CUADRO 3	Análisis de varianza para el rendimiento de raíces. . . . .	34
CUADRO 4	Prueba de Tukey para el rendimiento de raíces de remolacha, en T.M/Ha. . . . .	35
CUADRO 5	Rendimiento en T.M./Ha de plantas completas para cada tratamiento, cada repetición totales y promedio. . . . .	35
CUADRO 6	Análisis de Varianza para el rendimiento de plantas completas. . . . .	36
CUADRO 7	Prueba de Tukey para el rendimiento de plantas completas de remolacha en T.M/Ha. . . . .	36
CUADRO 8	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-6. . . . .	37
CUADRO 9	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-12. . . . .	38
CUADRO 10	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-18. . . . .	39
CUADRO 11	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-24. . . . .	39
CUADRO 12	Control de la humedad antes y después del	

	Página
riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-30. . . . .	40
CUADRO 13 Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-36. . . . .	40
CUADRO 14 Cálculo de la evapotranspiración semanal por la fórmula de Blaney-Criddle modificada por Hansen, para todo el ciclo del cultivo. .	41
CUADRO 15 Cálculo de la evapotranspiración semanal por la fórmula de Hargreaves para todo el ciclo del cultivo. . . . .	42
CUADRO 16 Valores de tasa de evapotranspiración <u>se</u> manal y total en milímetros para los diferen <u>tes</u> tratamientos, Blaney-Criddle modificada por Hansen, Hargreaves y evaporación del tan <u>que</u> Rossbach FV-122-R a partir de la diferen <u>ciación</u> de los tratamientos. . . . .	43
CUADRO 17 Coeficientes de determinación " $r^2$ " de la evapotranspiración semanal de los tratamientos Vrs. Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves. . . . .	43
CUADRO 18 Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y evaporación semanal del tanque evaporímetro a partir de la di <u>ferenciación</u> de los tratamientos. . . . .	44
CUADRO 19 Coeficiente "C" promedio de la relación evapotranspiración/Evaporación para los tratamientos F-6, F-12, y F-18 (de mayor rendimiento). . . . .	44

## INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Plano general del experimento. . . . .	45
FIGURA 2 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo para el tratamiento F-6. . . . .	46
FIGURA 3 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo para el tratamiento F-12. . . . .	47
FIGURA 4 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo para el tratamiento F-18 . . . . .	48
FIGURA 5 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo para el tratamiento F-24. . . . .	49
FIGURA 6 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo para el tratamiento F-30. . . . .	50
FIGURA 7 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo para el tratamiento F-36. . . . .	51
FIGURA 8 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-6, Blaney-Criddle y Hargreaves. . . . .	52
FIGURA 9 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-12, Blaney-Criddle y Hargreaves. . . . .	53
FIGURA 10 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-18, Blaney-Criddle y Hargreaves. . . . .	54
FIGURA 11 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-24, Blaney-Criddle y Hargreaves. . . . .	55
FIGURA 12 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-30, Blaney-Criddle y Hargreaves. . . . .	56



FIGURA 13	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-36, Blaney-Criddle, y Hargreaves. . . . .	57
FIGURA 14	Evapotranspiración acumulada de los diferentes tratamientos, Blaney-Criddle y Hargreaves. . . . .	58

## R E S U M E N

La presente investigación fue realizada en una parcela de la Sección de Hortalizas del Instituto Técnico de Agricultura Bárcena, Villa Nueva, del 16 de enero al 22 de abril de 1985, en un suelo de textura franco arcillosa. El experimento consistió en determinar el efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de la remolacha (Beta vulgaris Var Crassa).

Las frecuencias de riego evaluadas fueron 6, 12, 18, 24, 30 y 36 días, arregladas con un Diseño Experimental de Bloques al Azar, con 4 repeticiones, haciendo un total de 24 parcelas a las cuales se les midió el consumo de agua en forma directa, comparándose con el consumo calculado por las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves.

Para la determinación de la humedad del suelo se utilizó el método Gravimétrico tomando muestras con un barreno tipo Oakfield después de cada riego y antes del siguiente, a una profundidad de 0 - 30 cm., por ser esta la zona donde se encuentran concentradas la mayor cantidad de las raíces de la remolacha. Con estos datos la densidad aparente y el porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo se encontró la cantidad de agua a aplicar en cada riego y el agua consumida entre un muestreo y el siguiente.

El efecto que produjeron las diferentes frecuencias de riego evaluadas, se midió a través de las variables respuesta: rendimiento de raíces en toneladas métricas por hectárea, rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea y número de plantas vivas por parcela útil al finalizar el ciclo del cultivo. Se encontró que la frecuencia de riego de 6 días fue la que produjo los rendimientos más altos, tanto de raíces como de plantas completas en toneladas métricas por hectárea y que los tratamientos regados cada 12, 18 y 24 días produjeron iguales rendimientos. En relación con el número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo, se encontró que

las diferentes frecuencias de riego utilizadas no afectan esta variable.

Se estableció que la evapotranspiración tiende a disminuir al alargarse el intervalo de riego, alcanzando valores desde 46.03 cms. para el intervalo de riego de 6 días hasta 13.62 cms. para el de 36 días, determinándose además que para los tratamientos regados con intervalos de 30 y 36 días la humedad aprovechable del suelo, alcanzó valores correspondientes al punto de marchitez permanente.

Al realizar la comparación entre evapotranspiración medida y calculada se determinó que los valores de la primera son diferentes a los calculados por las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves, no adaptándose por lo tanto ninguno de los dos métodos para estimar la evapotranspiración en la región para el cultivo de la remolacha.

Se calcularon los valores de la relación evapotranspiración medida en las parcelas y la evaporación medida con el tanque evaporímetro para diferentes etapas de desarrollo del cultivo, recomendándose utilizar los factores provenientes de dicha relación, ya que este constituye un método sencillo y práctico.



## 1. INTRODUCCION

El agua es esencial para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo pero su utilización en forma excesiva o escasa puede traer consecuencias perjudiciales, provocando bajos rendimientos o bien la pérdida de la cosecha, de allí la importancia de utilizarla eficientemente.

En Guatemala existe muy poca información sobre frecuencia de riego y cantidad de agua a aplicar en los cultivos, siendo esta una de las razones por la cual se hace un uso ineficiente de dicho recurso. Al aplicar cantidades excesivas a intervalos inadecuados, se reduce la aireación se lavan los elementos nutritivos, se tiene mayor incidencia de enfermedades fungosas y en consecuencia disminución del área potencialmente regable. Las consecuencias que manifiestan un déficit de agua, son también graves pues se disminuye el metabolismo y desarrollo de las plantas.

Conocer las necesidades reales de agua de cada cultivo permite utilizar eficientemente este recurso, esto está siendo logrado a través del Programa de Investigación sobre Frecuencias de Riego y Evapotranspiración que se desarrolla a través del Instituto de Investigaciones Agronómicas -IIA- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El presente trabajo de investigación forma parte de este programa del IIA, y se realizó en una parcela de la sección de hortalizas del Instituto Técnico de Agricultura Bárcena Villa Nueva, en el cultivo de la remolacha (Beta vulgaris L. variedad Crassa), el cual es muy importante en la región.

Como variable de estudio se tomó la frecuencia de riego con tratamientos de cada 6, 12, 18, 24, 30 y 36 días, midiéndose la evapotranspiración en el campo utilizándose parcelas experimentales, se correlacionó esta evapotranspiración con la obtenida por medio de las fórmulas de Hargreaves

ves y Blaney - Criddle modificado por Hansen para comprobar la adaptabilidad de estas fórmulas a las condiciones y época de investigación. Así mismo se obtuvieron coeficientes "C" de la relación Evapotranspiración/Evaporación del tanque evaporímetro "Rossbach" modelo FV-122-R, estos coeficientes pueden utilizarse para determinar indirectamente la evapotranspiración del cultivo en diferentes etapas fenológicas, a partir de datos de evaporación de tanque.

## 2 HIPOTESIS

- 2.1 Los rendimientos obtenidos en el cultivo de la remolacha serán diferentes con la aplicación de las frecuencias de riego de 6, 12, 18, 24, 30 y 36 días.
- 2.2 El valor de la evapotranspiración o consumo de agua por el cultivo será diferente en los tratamientos regados con distinto intervalo de riego.
- 2.3 La evapotranspiración medida en el campo durante todo el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente del valor de la evapotranspiración estimada con las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Hansen y Hargreaves.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 General

Determinar el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de la remolacha para la época y condiciones del área.

#### 3.2 Específicos

- 3.2.1 Determinar la frecuencia de riego más adecuada para el cultivo y condiciones del área.
- 3.2.2 Determinar la evapotranspiración total en el ciclo del cultivo para los diferentes tratamientos.
- 3.2.3 Establecer el agotamiento de la humedad aprovechable del suelo, para cada frecuencia de riego.
- 3.2.4 Verificar la adaptabilidad de las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves en la estimación de la evapotranspiración para la época y condiciones del área.
- 3.2.5 Establecer la relación evapotranspiración/ evaporación del tanque para diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con mayores rendimientos.

#### 4. REVISION DE LITERATURA

##### 4.1 Características y Necesidades Climáticas del Cultivo

La remolacha (Beta vulgaris L.), se cree que es un cultivo procedente de Asia, pertenece a la familia Quenopodiaceae, es una planta bianual cultivada para el aprovechamiento de su raíz, la cual se cosecha en el primer año, en el segundo año tiene lugar la floración (7).

La germinación de la semilla es posible a 5 °C, siendo preferible temperaturas más altas durante el crecimiento vegetativo, obteniéndose altos rendimientos con temperaturas diurnas y nocturnas que oscilan entre 15 y 25 °C durante la última parte del período vegetativo (5). Los mejores suelos son los profundos, bien drenados, como los aluviales, en todo caso friables. Los suelos orgánicos son apropiados y los arenosos también, siempre que estén provistos de nutrientes y humedad suficiente (2).

La remolacha es sensitiva a la acidez y es preferible que el suelo tenga un pH de 6 a 7 (2).

##### 4.2 Necesidades de agua del cultivo de la remolacha

El conocimiento de las necesidades de agua por el cultivo implica básicamente, saber cuando y cuanto regar o sea conocer la oportunidad del riego y la lámina de agua a aplicar, para obtener determinada productividad en determinado ambiente edafoclimático.

De acuerdo a Israelsen y Hansen (8) los factores que influyen en el momento decisivo y oportuno para realizar el riego son, la necesidad de agua del cultivo, la disponibilidad de agua para el riego y la capacidad de la zona radicular para almacenar ésta. Pero uno de los factores más importantes para establecer la frecuencia y la duración de cada riego es la necesidad de agua de cada cultivo.

De acuerdo a Doorembos y Kassam (5) las necesidades



totales de agua para el cultivo de la remolacha son de 550 a 750 mm para el período vegetativo, pero puede variar según el clima y la duración del período vegetativo total. Este cultivo es especialmente sensible a los déficit de agua desde su germinación hasta un mes aproximadamente, durante este período es preferible riegos frecuentes y ligeros. Un exceso de riego inicial puede retrasar el desarrollo de las hojas y puede estimular la floración durante el primer año.

#### 4.3 Evapotranspiración y métodos para determinarla

Según Israelsen y Hansen (8), la evapotranspiración es la suma de la evaporación y transpiración del agua.

Los métodos para determinar la evapotranspiración, pueden clasificarse en Directos e Indirectos.

Los métodos directos (8) proporcionan el consumo del agua requerida por los cultivos, utilizando para ello aparatos e instrumentos. Estos métodos proporcionan valores muy apegados a la realidad y sirven para ajustar los parámetros de los métodos indirectos. Entre los métodos directos tenemos: Parcelas de campo, Lisimétrico, Evapotranspirómetro de Thornwaite y Atmómetros.

En los métodos indirectos, varios investigadores han relacionado los diferentes datos climatológicos con la evapotranspiración, logrando fórmulas que permiten estimar ésta con diferentes aproximaciones.

Algunas de las fórmulas más utilizadas son las de: Penman, Thorntwaite, Lowry-Jhonson, Blaney-Criddle modificado, Evaporímetros de Tanque, Hargreaves, Jensen y Haise.



#### 4.4 Descripción de los métodos a utilizar

##### 4.4.1 Método de Parcelas de campo.

La medición de la evapotranspiración en parcelas experimentales consiste en determinar ésta en el campo para un cultivo en particular. La medición de la humedad del suelo en parcelas experimentales es más real que las realizadas en tanques y lisímetros.

Witsoe citado por Tello ( 16) fue el primero en medir el consumo de agua por las plantas bajo esta modalidad. Para la obtención del contenido de humedad del suelo se recurre al método Gravimétrico, que aunque laborioso es de gran valor. Este método consiste en barrenar hasta la profundidad deseada, extraer las muestras de suelo húmedo obtenidas, colocarlas en cajas de aluminio con tapaderas herméticas, determinando en el laboratorio su peso y desecación. Las muestras de suelo se colocan en hornos de 105 a 110 °C hasta que quedan exentas de humedad y luego se calcula el porcentaje de humedad en base a peso de suelo seco.

$$P_s = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

##### 4.4.2 Método de Blaney-Criddle modificado por Hansen

Este método relaciona valores reales de Evapotranspiración, con la temperatura media mensual "t", y el porcentaje mensual de las horas anuales de brillo solar p. La fórmula general para determinar la evapotranspiración real del mes es la siguiente:

$$Et_R = K_g \cdot F$$

Para el ciclo vegetativo de un cultivo de n meses

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

Donde:

$f$  = Es el factor de uso consuntivo mensual.

$K_g$  = Es el coeficiente global de uso consuntivo del cultivo.

$F$  = Es la suma de los factores mensuales de uso consuntivo,  $f$ .

Para temperatura en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) la expresión de  $f$  sería:

$$f = \left( \frac{t + 17.8}{21.8} \right) p$$

Experimentos realizados posteriormente han conducido a la formulación de gráficas, que permiten conocer el coeficiente de uso consuntivo en función del desarrollo de las plantas, dentro de estas gráficas se puede mencionar la propuesta por Hansen, una curva que relaciona la evapotranspiración relativa  $K_c$  con el crecimiento y maduración relativa. Para el cálculo del coeficiente  $K_c$  de la etapa de desarrollo del cultivo se tiene que precisar, sobre el eje de las abscisas, el tramo de curva correspondiente al período vegetativo real del cultivo y luego dividirlo entre el número de meses que dura en el campo para así obtener el dato del período vegetativo correspondiente a cada mes. Para cada mes se calcula sobre la curva una ordenada media (promedio de 3 ó 4 ordenadas del intervalo), la cual representa el valor mensual de  $K_c$ .

La evapotranspiración mensual será el producto de  $f \times K_c$  y los valores obtenidos serán ajustados con un factor de ajuste (F.A.). (1)

$$\text{F.A.} = \frac{K_g}{K'}$$



Donde:

$$K' = \frac{Et'}{F}$$

$Et'$  = Sumatoria evapotranspiración no ajustada.

#### 4.4.3 Método de Hargreaves

Grassi, citado por Méndez (10) éste método también sirve para determinar la evapotranspiración, proporcionando el consumo de agua en función de la humedad relativa al medio día, la temperatura media y la duración del día dependiendo de la latitud. La fórmula incluye coeficientes de efecto del cultivo.

En unidades métricas y con temperatura en grados centígrados la fórmula se expresa:

$$Et = 17.37 kdt (1.0 - 0.01 Hn)$$

- $Et$  = Evapotranspiración real en mm/mes  
 $k$  = Es un coeficiente empírico del cultivo.  
 $d$  = Es un coeficiente mensual de duración del día.  
 $t$  = Es la temperatura media mensual en °C.  
 $Hn$  = Es la humedad relativa media al medio día en %.

El coeficiente  $d$  está relacionado con el valor  $p$  de Blaney-Criddle de modo que  $d = 0.12 p$ .

Dado que los valores de humedad relativa H.R. que generalmente se publican en las estadísticas meteorológicas corresponden a la media diaria, Al Barrak (1964) ha obtenido una relación entre dicho valor y la humedad relativa al medio día ( $Hn$ ). Los valores de  $k$  se consignan en función del porcentaje de la época de crecimiento. (3).



#### 4.4.4 Métodos basados en Dispositivos Evaporímetros.

Según Grassi (6) los métodos de Blaney-Criddele y Hargreaves no toman en cuenta todos los datos climáticos que pueden influir en la evapotranspiración del agua, ya que incluyen observaciones meteorológicas y términos de corrección empíricos.

Grassi, citado por Aguilera y Martínez (1) indica que las medidas de evaporación en una superficie libre de agua en el tanque evaporímetro, integra los efectos de los diferentes factores meteorológicos que influyen en la evapotranspiración. Por lo tanto, dichos autores mencionan que la evapotranspiración potencial puede ser estimada con más precisión por los métodos que consideran la evaporación medida en el tanque. Aguilera y Martínez (1) mencionan que frecuentemente se encuentra una estrecha proporcionalidad entre la evaporación medida por ejemplo, en un evaporímetro estándar y la evapotranspiración de un cultivo bien provisto de agua. Esto se debe a que los fenómenos de evaporación y evapotranspiración son originados por las mismas causas y factores.

Grassi (6) indica que los estudios de correlación hechos en diferentes cultivos y períodos del ciclo vegetativo permiten obtener coeficientes para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua. Estos coeficientes sirven para ajustar la fórmula que se usa en la estimación potencial de la evapotranspiración. Dicha fórmula es:

$$E_{tp} = E_v \times C$$

Donde:

$E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial.

$E_v$  = Evaporación medida en el tanque.

$C$  = Coeficiente de ajuste adimensional.

La variación del coeficiente "C" depende de factores como el tamaño, color y estado de conservación del tanque, así como la turbiedad y profundidad del agua. Estudios realizados por Pruitt (1960) demuestran que la relación  $E_t/E_v$  oscila 0.75 y 1.25. Grassi (6) indica que el tanque que se ha usado más frecuentemente es el tanque evaporímetro estándar tipo "A" del servicio metereológico de los Estados Unidos, dada su mayor universalidad, ya que se emplea en la mayoría de partes en los servicios metereológicos.

Ciertas limitantes del evaporímetro tipo "A", como el no encontrarse en regiones aisladas de un país y donde se requieren, ha llevado a investigadores a diseñar otro tipo de evaporímetros de más fácil instalación y transporte, los cuales puedan ser utilizados en el cálculo de la evapotranspiración, y un ejemplo de ello es el caso del evaporímetro Rossbach modelo FV-122-R utilizado en la presente investigación, cuyas características son descritas por Sagastume (14).

En estudios realizados en Davis, California, se ha encontrado que la Tasa de Evapotranspiración máxima para el cultivo de la remolacha es de 7.6 mm/día, además se encontró que la relación Evapotranspiración/evaporación para dicho cultivo en la región oeste fué: 0.12 para inicios del ciclo, 0.41 para mediados del ciclo y 0.90 durante la madurez del cultivo (4).

#### 4.4.5 Conclusiones de algunos de los trabajos realizados sobre Evapotranspiración.

Los métodos indirectos para determinar evapotranspiración que existen han sido desarrollados bajo condiciones diferente a las de nuestro país,



debido a lo cual es necesario comprobar su adaptabilidad a través de comparaciones con métodos directos como el de parcelas experimentales, lo cual ya ha sido realizado en cultivos de importancia económica, siendo algunos de los resultados siguientes.

Sagastume Garza (14) trabajando con cebolla en la zona de Bárcena, Villa Nueva, determinó que las comparaciones entre evapotranspiración medida para los tratamientos 8, 16, 20 y 24 y la calculada por la fórmula de Hargreaves manifiesta una alta correlación por lo que la fórmula puede ser ajustada para usarla en el cálculo de la Evapotranspiración para éstas frecuencias de riego.

Oliva Cermeño (12) en su trabajo realizado en tomate en el Valle de la Fragua, Zacapa, concluye que el único método que se adapta para estimar la evapotranspiración en dicho cultivo es el de Hargreaves modificado en 1983.

Sánchez Chávez (15) trabajando con cebolla en la zona de Bárcena, Villa Nueva, concluye que la tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Hargreaves modificada y la medida en el tratamiento regado cada 4 días son iguales.

Morales Milián (11) en su trabajo realizado en pepino en el Valle de la Fragua, Zacapa, concluye que los valores de la evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por la fórmula de Blaney-Criddle y la evaporación del tanque, no adaptándose ninguno de los métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración, en la región.

Méndez García (9) trabajó en melón en el Valle de La Fragua, Zacapa, concluye que los valores



de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación de tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los tres métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración en la región.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Descripción y Localización del Sitio Experimental

La realización del experimento para determinar la evapotranspiración por los diferentes métodos citados anteriormente, se llevó a cabo, en una parcela de la sección de hortalizas, del Instituto Técnico de Agricultura Bárcena, Villa Nueva, del 16 de enero al 22 de abril de 1985.

Datos obtenidos en el INSIVUMEH, indican que esta localidad coincide con la intersección de las coordenadas geográficas de 14° 30' 15" latitud norte y 90° 36' 35" longitud oeste y una altitud de 1,300 m.s.n.m.. La precipitación media pluvial es de 1000 mm/año caídos en un total medio de 111 días, la cual ocurre entre los meses de mayo a octubre principalmente. Una temperatura máxima de 24.8 °C y una mínima de 14.5 °C, con una media de 19.65 °C. La humedad relativa promedio durante todo el año es de un 75%.

Suelos pertenecientes a la serie Guatemala, textura franco arcillosa, poseen un pH de 6.8, su topografía es regular, con pendientes que oscilan de 2 a 5%, poseen buen drenaje y una adecuada retención de humedad (15).

### 5.2 Análisis de Suelo

Para el análisis físico del suelo, se tomaron los resultados obtenidos por Sánchez (15), debido a que la presente investigación se realizó en la misma área, profundidad muestreada de 0 a 30 cm. con una textura franco-arcillosa, con 21.74% de capacidad de campo, densidad aparente de 1.26 gr/cc y un punto de marchitez permanente de 10.0%.

Para la realización del análisis químico del suelo se tomó una muestra compuesta, la cual se envió al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología



Agrícola para su análisis y su aplicación en cuanto a fertilización del cultivo se refiere.

### 5.3 Manejo Agronómico

El experimento se llevó a cabo con el cultivo de la remolacha, variedad Detroit, estableciéndose el 16 de enero y cosechándose el 22 de abril de 1985. La siembra fue efectuada en surcos distanciados 0.5 mts., con pendientes de 0.2% realizados en forma directa, colocándose una semilla a continuación de la otra, posteriormente a los 25 días se efectuó un raleo dejando una distancia entre plantas de 8 a 10 cm. El control de malezas se realizó cada 20 días después de la siembra, hasta el final del ciclo del cultivo, las plagas y enfermedades fueron manejadas de acuerdo a criterios de umbrales económicos. Las fertilizaciones se hicieron con base a los requerimientos del cultivo y los resultados de análisis químico del suelo.

### 5.4 Manejo del Experimento

El método de riego fue el de gravedad por surcos, desviando el agua de una toma principal para una secundaria que la llevó hasta un costado del experimento, ésta toma se revistió con nylon para evitar infiltración y de la misma forma fueron revestidas las tomas terciarias de las que se sacó el agua para cada unidad experimental mediante el uso de mangueras de 2 pulgadas de diámetro, que se sujetaron al nylon en el fondo de la misma.

En la toma secundaria se construyó una caja con una salida de agua para las tomas terciarias, mediante una sección de mangueras de 2 pulgadas de diámetro y un vertedor de demacias que sacó los excesos de agua. Esto dió un caudal conocido y constante para las tomar terciarias con lo que se pudo calcular el tiempo de riego de cada unidad experimental de acuerdo a sus requerimientos. La longitud de las mangueras fue de 0.60 m. con un tapón



de madera que se quitaba solo cuando se regaba la unidad experimental.

Para desviar toda el agua que se conducía por las tomas terciarias, a la unidad experimental, se utilizaron bolsas de nylon llenas de tierra. Para dominar todos los surcos de cada unidad experimental (5 en total) se hizo uso de un instrumento diseñado por Sánchez (15) el cual consiste de un tubo de poliducto de 2.5 mts. de largo con orificios a cada 0.50 mts., el cual podía sujetarse a cada tubo que poseía cada parcela, el cual distribuía el caudal entre todos los surcos simultáneamente. El cultivo de la remolacha en la zona de estudio, es regado por los agricultores cada 4 días, lo cual se considera que son aplicaciones excesivas y muy frecuentes. Según experimentos realizados, dentro de éste programa de investigación en melón, cebolla, chile pimiento y tomate, se considera que una frecuencia de riego de 6 días es muy corta y una frecuencia de 36 días lleva a la planta a sufrir tensiones de humedad muy altas y basándose en lo anterior las frecuencias de riego usadas fueron: 6 días (F-6); 12 días (F-12); 18 días (F-18); 24 días (F-24); 30 días (F-30); y 36 días (F-36).

Desde el momento de la siembra a campo definitivo se regó todo el experimento uniformemente cada 3 días para proporcionarle a las plantas las condiciones de humedad necesarias para que se establecieran lo cual se hizo por un término de 44 días. Seguidamente se principió a regar cada tratamiento en forma individual según la frecuencia de riego establecida. Para determinar la humedad que poseía el suelo, se tomaron dos muestras compuestas por cada unidad experimental, cada muestra compuesta estaba formada por dos muestras simples, para obtener una mejor homogeneidad de la unidad experimental. La toma de muestras se efectuó para verificar si el suelo había llegado a capacidad de campo después de regar, y

para saber la cantidad de agua que se había consumido y así poder determinar la cantidad de agua a reponer. La toma de muestras se efectuó con el barreno Oakfield en el estrato de 0 - 30 cm. que es el lugar donde se encuentran concentradas la mayor parte de las raíces de la remolacha.

Para verificar que el agua de una parcela no humedecía las parcelas vecinas debido al movimiento lateral del agua en el suelo, se barrenó constantemente el espacio entre unidades experimentales encontrándose este siempre seco.

El porcentaje de humedad se obtuvo por medio del método gravimétrico. Siguiendo con este procedimiento se pudo obtener la evapotranspiración para un período determinado y la total del cultivo de la manera siguiente:

Se obtuvieron los porcentajes de humedad 24 horas después de un riego y 24 horas antes del siguiente y luego se usó la ecuación:

$$Li = \frac{Psi}{100} \times Da \times Pr$$

Donde:

Li = Lámina consumida en un período determinado (cm).

Psi = Diferencia de porcentaje de humedad para un período determinado.

Da = Densidad aparente (gr/cc)

Pr = Profundidad radicular (30 cm).

Como entre los muestreos antes y después de un mismo riego existe un período de tres días en los cuales no se conoce el consumo, es necesario efectuar un ajuste proporcional relacionando mediante una regla de tres simple el período de consumo conocido con los tres días comprendidos entre muestreos.

Para determinar la cantidad de agua a aplicar o lá-



mina de auxilio se utilizó la fórmula siguiente: (10).

$$La = \frac{(pscc - psar) \times Dap \times Pr}{100}$$

Donde:

- La = Lámina de auxilio (cm)  
 pscc = Porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo.  
 psar = Porcentaje de humedad del suelo antes del riego.  
 Pr = Profundidad de la zona radicular 30 cm.  
 Da = Densidad aparente (gr/cc)

#### 5.4.1 Diseño Estadístico

Se utilizó el diseño experimental Bloques al Azar, con 6 tratamientos: F-6, F-12, F-18, F-24, F-30 y F-36 y 4 repeticiones.

La utilización de este diseño Bloques al Azar, se debió a que existía una gradiente en sentido definido dada por la pendiente del terreno, debido a lo cual se colocaron bloques homogéneos de terreno perpendicular a dicha gradiente. (13).

El modelo matemático para el diseño a utilizar fue:  $Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$

#### 5.4.2 Areas del Experimento:

-Area total del experimento:	867 mts <sup>2</sup>
-Area neta del experimento:	360 mts <sup>2</sup>
-Area por unidad experimental:	15 mts <sup>2</sup>
-Area útil por unidad experimental:	7.5 mts <sup>2</sup>
-Distancia entre bloques:	2.0 mts <sup>2</sup>
-Número de surcos por unidad experimental:	5
-Densidad de plantas por parcela neta:	300
-Densidad de plantas por parcela útil:	150



En la figura 1 se incluye un plano del experimento, así como la ubicación aleatoria de los diferentes tratamientos y la ubicación de la infraestructura para la aplicación de los riegos.

#### 5.4.3 Variables respuesta

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos se analizaron las variables respuesta:

- Rendimiento de raíces en toneladas métricas por hectárea.
- Rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea.
- Número de plantas vivas por parcela útil para cada tratamiento al finalizar el experimento.

#### 5.5 Método de Análisis de Resultados

A los resultados obtenidos de las variables respuesta medidas, se les aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%. Así mismo en vista de que se encontraron diferencias entre tratamientos, se hicieron pruebas de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculados con las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves equivalían a los valores de evapotranspiración medidos en el campo, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente (valores de evapotranspiración calculados por las fórmulas) era explicado por el modelo de regresión lineal simple,  $Y = b_0 + b_1 X$ , considerándose para éste análisis un nivel de significancia del 1% para mayor confiabilidad de los resultados.

Se consideró que cuando los coeficientes de deter-

minación " $r^2$ " calculados fueran menores a los tabulados con un nivel de significancia del 1% y  $n - 2$  grados de libertad, el modelo de regresión lineal simple no explicaba satisfactoriamente la relación entre los datos medidos y los calculados, lo que indicaba que las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves no se adaptaban a la región. Para coeficientes de determinación " $r^2$ " calculados, mayores a los tabulados para el nivel de significancia y grados de libertad mencionados, se efectuaron dos pruebas de hipótesis para determinar que la pendiente de la recta era igual a uno y que el intercepto es igual a cero, de ser así, esto indicaría que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes con los medidos directamente por lo que las fórmulas de Blaney-Criddle y Hargreaves se adaptan a la región. En el caso de rechazar las hipótesis planteadas nos indicarían que los datos calculados no son equivalentes a los medidos en el campo, pero que podrían ajustarse por tener un coeficiente de determinación " $r^2$ " alto.

La prueba de hipótesis para determinar que la pendiente de la recta es igual a uno, se efectuó mediante comparaciones entre " $t$ " calculada ( $t_c$ ) y " $t$ " tabulada ( $t_t$ ) de los valores de dos colas al 5% de significancia y  $n - 2$  grados de libertad de la distribución  $t$  de Student.

Además de éste análisis estadístico, también se efectuó una comparación gráfica, ploteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración acumulada, ambos con respecto al tiempo de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves, para observar la tendencia que siguió cada una de las curvas y determinar si los valores medidos son equivalentes a los valores acumulados.



## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el experimento y su discusión. Se encuentran divididos en cuatro partes, en primer lugar se discuten los resultados y análisis de las variables respuesta en las cuales se apoyó el experimento, luego se hace un enfoque sobre el uso del agua. La tercera parte hace referencia a la comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Hansen y Hargreaves por último se analiza se analiza la relación evapotranspiración/evaporación para diferentes etapas del cultivo.

6.1 VARIABLES RESPUESTA

Las variables respuesta evaluadas fueron rendimiento en T.M./Ha, tanto de raíces como de plantas completas y el número de plantas vivas por parcela al final del ciclo del cultivo.

En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en los seis tratamientos.

CUADRO 1. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS DIFERENTES VARIABLES RESPUESTA POR TRATAMIENTO.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO T.M./Ha		NUMERO DE PLANTAS VIVAS POR PARCELA AL FINAL DEL CICLO
	RAICES	PLANTAS COMPLETAS	
F - 6	31.66	44.55	150
F - 12	21.96	29.83	150
F - 18	18.00	25.80	150
F - 24	17.40	24.73	150
F - 30	14.20	21.80	150
F - 36	11.40	17.20	150



### 6.1.1 Rendimiento en Raíces

En el cuadro 1 se tiene el rendimiento promedio en T.M./Ha de raíces para cada tratamiento. Se observa que invariablemente los rendimientos disminuyen a medida que se alargaron los intervalos de riego lo cual coincide con resultados obtenidos en investigaciones realizadas en otros cultivos dentro de esta misma línea de investigación del IIA.

Según el análisis de varianza que se presenta en el cuadro 3 existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

En el cuadro 4 se comparan mediante las prueba de Tukey las medias de rendimiento de raíces para los diferentes tratamientos, concluyéndose que riegos a cada 6 días producen los rendimientos más altos, seguidos por los tratamientos regados cada 12, 18 y 24 días, siendo los tratamientos regados con un intervalo de 30 y 36 días los que produjeron los rendimientos menores.

### 6.1.2 Rendimiento de Plantas Completas

En el cuadro 1 se presenta el rendimiento en T.M./Ha. de plantas completas para cada tratamientos, al igual que para la variable rendimiento en T.M./Ha en raíces, en ambos casos se puede notar que el rendimiento disminuye a medida que el intervalo de riego se alarga.

En el análisis de varianza que se presenta en el cuadro 6 se observan diferencias significativas entre tratamientos y en el cuadro 7 se comparan las medias de rendimiento de plantas completas de los diferentes tratamientos por medio de la prueba de Tukey, concluyéndose que el

tratamiento regado cada 6 días produce los rendimientos más altos, y que regándose cada 12, 18, 24 y 30 días se obtiene el mismo rendimiento y regar cada 36 días produce los rendimientos más bajos.

#### 6.1.3 Número de Plantas Vivas por Parcela utilizada al final del ciclo.

En el cuadro 1 se observa que aún en los tratamientos más secos no hubo muerte de plantas, lo cual muestra la gran resistencia de la remolacha a la sequía.

### 6.2 Uso del Agua por el Cultivo

#### 6.2.1 Evapotranspiración medida

Tomando en cuenta la humedad del suelo, antes y después de cada riego, se determinaron las láminas consumidas entre un riego y el siguiente, efectuando un ajuste proporcional para tres días que es el período comprendido entre muestreos de los cuales no se conoce el consumo, esto puede observarse en los cuadros del 8 al 13. Durante la etapa de establecimiento la lámina consumida fue 5 cm, para todos los tratamientos.

En todos los casos puede observarse una reducción de la evapotranspiración total conforme se alarga el intervalo de riego, siendo para los tratamientos regados cada 6, 12, 18, 24, 30 y 36 días de 46.03, 21.48, 16.42, 15.83, 13.79, y 13.62 cms. respectivamente.

El número de riegos efectuados después de la etapa de diferenciación para el tratamiento regado cada 6 días fue de 8 riegos, para el de 12 días 4 riegos, para los tratamientos regados



con un intervalo de 18 y 24 días fue de 2 riegos y por último a los tratamientos regados cada 30 y 36 días se les aplicó un solo riego.

#### 6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable

Durante todo el ciclo del cultivo se llevó a cabo un control de la humedad del suelo. De la figura 2 a la 8 se grafica el porcentaje de humedad en el suelo y el porcentaje de humedad aprovechable para cada uno de los tratamientos. Los primeros 44 días corresponden a la etapa de establecimiento del cultivo en donde todas las unidades experimentales fueron regadas por igual, donde se trato de mantener el suelo a capacidad de campo, por lo tanto en las figuras esta etapa se grafica con una línea recta que coincide con la capacidad de campo.

La figura 2 corresponde al tratamiento F-6 en el cual se observa que los primeros 68 días, el agotamiento máximo de la humedad aprovechable fue del 58% con un promedio de 47%. De los 68 días en adelante el cultivo consumió en promedio un 76% de la humedad aprovechable no llegando en ningún caso a valores del punto de marchitez permanente.

En la figura 3 se grafica el comportamiento del aprovechamiento de la humedad del tratamiento F-12, se puede observar que a los 56 días el agotamiento de la humedad aprovechable fue de 50%, de aquí en adelante se mantuvo relativamente constante el consumo de agua hasta la cosecha, siendo su mayor porcentaje de humedad aprovechable agotado de 79% y su promedio 75%. No llegándose a valores de punto de marchitez.

La figura 4 es la representación gráfica



del aprovechamiento de la humedad del tratamiento F-18. en la que se puede observar que la humedad es aprovechable en forma cada vez mayor conforme avanza el ciclo del cultivo así se tiene que para el día 62 el agotamiento de la humedad aprovechable es de 73% y para el día 80 es de 90%.

En la figura 5 se grafica el comportamiento del aprovechamiento de la humedad del tratamiento F-24 y se observa que a los 68 días la humedad aprovechable agotada fue 92% y 3 días antes de la cosecha el agotamiento llega a un 80%.

En las figuras 6 y 7 se presenta el agotamiento de humedad aprovechable para el tratamiento F - 30 y F - 36 respectivamente. Para el caso del F-30 se puede observar que a la altura del día 74 el consumo del 100% de humedad aprovechable, de igual forma para el tratamiento F-36 al día 80 el cultivo consume 100% de humedad aprovechable.

Es de hacer notar que aunque en estos dos tratamientos la humedad del suelo alcanzó valores de punto de marchitez permanente, las plantas no murieron y se obtuvo producción.

### 6.3 Comparación de la Evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves.

En los cuadros 14 y 15 del apéndice se puede observar el cálculo de la evapotranspiración semanal por las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves.

En el cuadro 16 se tienen las tasas de evapotrans

piración semanal para cada uno de los tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación de tanque.

Para verificar la adaptabilidad de las fórmulas en la estimación de la evapotranspiración se efectuó un análisis de correlación con el objeto de determinar que porcentaje de la variable independiente es explicado por el modelo de regresión lineal simple. En el cuadro 17 aparecen registrados los valores de " $r^2$ ", encontrándose que únicamente para el tratamiento regado cada 24 días existió correlación entre las tasas medidas de evapotranspiración en dicho tratamiento y la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle y Hargreaves. Sin embargo el valor de la pendiente de la relación no es igual a 1, lo cual indica que es necesario realizar un ajuste en ambas fórmulas para poder calcular láminas de consumo a través de éstas.

En las figuras 8 a la 13 se muestra el comportamiento gráfico de la evapotranspiración semanal para los seis tratamientos, fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves.

La figura 8 muestra el comportamiento del tratamiento F-6, aquí puede notarse que la evapotranspiración semanal es mucho más grande que la tasa de evapotranspiración semanal calculada por los métodos indirectos.

Las figuras de la 9 a la 13 muestran como se comportaron los tratamientos del F-12 al F-36, puede observarse que mientras mayor era el intervalo de riego, la tasa de evapotranspiración va siendo menor y se aleja más de la gráfica de evapotranspiración para Blaney-Criddle y Hargreaves.

En la figura 14 se grafica la evapotranspiración acumulada para todos los tratamientos y fórmulas, se



observa, que la línea del tratamiento F - 6 a partir de la cuarta semana después de la diferenciación va por encima de todas las demás, seguida por la línea de Hargreaves.

#### 6.4 Cálculo del Coeficiente "C" de la Relación Et/Ev

La evaporación en el tanque, está afectada por los mismos factores que afectan la evapotranspiración, a excepción del elemento planta, por consiguiente, los valores de evaporación son diferentes a los valores de evapotranspiración medidos en el campo, pudiéndose ajustar dichos valores por medios de coeficientes "C" provenientes de la relación evapotranspiración medida/ evaporación del tanque.

En el cuadro 18 del apéndice se muestra los coeficientes "C" semanales, para cada tratamiento durante el ciclo del cultivo, obtenidos de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque.

En el cuadro 19 los coeficientes se resumen en etapas fenológicas para los tratamientos F-6, F-12 y F-18 por ser éstos los mejores en rendimiento, quedando como siguen: 0.23 para la etapa inicial, 0.58 en el desarrollo del cultivo, 1.08 para mediados del período y 0.66 para la etapa final.



## 7. CONCLUSIONES

- 7.1 La aplicación de diferentes frecuencias de riego sí influyó en el rendimiento de raíces de remolacha. Siendo el tratamiento regado cada 6 días el que produjo los rendimientos mayores, seguido por los tratamientos regados cada 12, 18 y 24 días, y por último los regados con un intervalo de 30 y 36 días. Invariablemente los tratamientos regados con intervalos cortos produjeron rendimientos mayores.
- 7.2 El rendimiento de plantas completas se ve afectado al aplicar diferentes frecuencias de riego, así se tiene que el tratamiento regado cada 6 días produjo los rendimientos mayores, seguido por los tratamientos regados cada 12, 18, 24 y 30 días y por último el regado con un intervalo de 36 días. Invariablemente los tratamientos regados con intervalos cortos produjeron rendimientos mayores.
- 7.3 Las frecuencias de riego evaluadas en este estudio, no afectaron el número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo:
- 7.4 Las diferentes frecuencias de riego si influyeron en los valores de la evapotranspiración total del cultivo, siendo esta de 46.03, 21.48, 16.42, 15.83, 13.79 y 13.62 cms., para los tratamientos regados cada 6, 12, 18, 24, 30 y 36 días respectivamente.
- 7.5 La humedad aprovechable del suelo fué agotada grandemente por la planta, alcanzando valores entre 47 y 100% no hubo mortalidad y las plantas produjeron.

- 7.6 Los valores de la evapotranspiración medidos en el campo son diferentes a los calculados por las fórmulas de Blaney-Criddle modificado por Hansen y Hargreaves, no adaptándose ninguno de los métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración, en esta región y cultivo.
- 7.7 Los coeficientes "C" promedio, obtenidos de la relación evapotranspiración medida / Evaporación de tanque para los tratamientos de mayor rendimiento fueron de 0.23 para la etapa inicial, 0.58 para el desarrollo del cultivo, 1.08 para mediados del período y de 0.66 para finales del ciclo.



## 8. RECOMENDACIONES

- 8.1 En base a los resultados obtenidos en este experimento se recomienda regar cada 6 días para obtener el rendimiento más alto.
- 8.2 Los coeficientes "C" obtenidos para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación de tanque, pueden utilizarse como datos preliminares. Se recomienda seguir afinando estos coeficientes ya que constituyen un método sencillo y práctico para calcular la evapotranspiración.
- 8.3 Que este tipo de investigaciones se siga realizando con este cultivo en la misma región y época (enero - abril), para confirmar los resultados.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, M.; MARTINEZ, R. 1980. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 2 ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio de Irrigación. 341 p.
2. CACERES, E. 1980. Producción de hortalizas. 3 ed. Costa Rica, IICA. 387 p.
3. CORADO ESQUIVEL, M. R. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en melón (Cucumis melo L.) en el Valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
4. DONAHUE, R. L.; MILLER, R. W.; SHICKLUMA, J. C. 1983. Soils an introduction to soils and planta growtho. 5 ed. New Jersey, EE. UU., Prentice Hall. 667 p.
5. DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO. Serie Riego y Drenaje no. 33. 212 p.
6. GRASSI, C. J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. CIDIAT. Material Didáctico RD-8. 88 p.
7. GUDIEL, V. M. 1980. Manual agrícola superb. 5 ed. Guatemala, Superb. 291 p.
8. ISRAELSEN, O. W.; HANSEN, V. E. 1979. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. España, Reverte. 369 p.
9. MENDEZ GARCIA, J. G. 1986. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y la evapotranspiración en melón (Cucumis melo L.) tipo cataloupe, en el Valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 65 p.
10. MENDEZ GUZMAN, L. F. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en melón (Cucumis melo L.) en el Valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 92 p.
11. MORALES MILIAN, L. A. 1986. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (Cucumis sativus L.) en la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 67 p.



12. OLIVA CERMENO, E. E. 1986. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración en el cultivo del tomate (Lycopersicum esculentum L.) en la unidad de riego el Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 96 p.
13. REYES CASTANERA, P. 1982. Diseño de experimentos aplicados. 2 ed. México, Trillas. 344 p.
14. SAGASTUME GARZA, M. B. 1986. Efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 52 p.
15. SANCHEZ CHAVEZ, J. F. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
16. TELLO SAMAYOA, C. A. 1983. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento (Capsicum annum) en la unidad de riego el Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.

Vo. Bo.

Patuall



10. A P E N D I C E



CUADRO 2. RENDIMIENTO EN T.M./Ha. DE RAICES PARA CADA TRATAMIENTO, CADA REPETICION, TOTALES Y PROMEDIO

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}_i$
F - 6	26.40	21.33	42.40	36.53	126.66	31.66
F - 12	20.13	14.00	31.73	22.00	87.86	21.96
F - 18	16.40	14.53	22.00	19.07	72.00	18.00
F - 24	16.53	13.73	21.20	18.14	69.60	17.40
F - 30	13.20	10.40	19.47	13.73	56.80	14.20
F - 36	7.87	10.53	14.00	13.20	45.60	11.40
Total Y <sub>j</sub>	100.53	84.52	150.80	122.67	458.52	
Promedio $\bar{Y}_j$	16.75	14.09	25.13	20.44		19.10

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE RAICES

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub> 5%
Bloques	3	413.06	137.68	13.75	3.29 *
Tratamiento	5	1013.95	202.79	20.26	2.90 *
Error	15	150.16	10.01		
Total	23	1577.16			

Coeficiente de Variación 16.56 %.

CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO DE RAICES DE REMOLACHA EN T.M./Ha.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO MEDIO EN T.M./Ha. *	
F - 6	31.66	a
F - 12	21.96	b
F - 18	18.00	b c
F - 24	17.40	b c
F - 30	14.20	c
F - 36	11.40	c

$$q(6,15) 0.05 = 4.60$$

$$S\bar{x} = 1.5819$$

$$W = 7.28$$

\* = Letras iguales, tratamientos con rendimientos estadísticamente igual.

CUADRO 5. RENDIMIENTO EN T.M./Ha DE PLANTAS COMPLETAS PARA CADA TRATAMIENTO, CADA REPETICION, TOTALES Y PROMEDIO.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}_i$
F - 6	34.40	31.60	61.80	50.40	178.20	44.55
F - 12	23.73	20.80	42.40	32.40	119.33	29.83
F - 18	23.87	19.60	32.40	27.33	103.20	25.80
F - 24	22.67	19.87	29.07	27.33	98.94	24.73
F - 30	17.60	16.93	28.00	24.67	87.20	21.20
F - 36	15.73	14.67	19.87	18.53	68.80	17.20
TOTAL Y <sub>j</sub>	138.00	123.47	213.54	180.66	655.67	
PROMEDIO Y <sub>j</sub>	23.00	20.58	35.59	30.11		27.32



CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	Ft 5%
Bloques	3	841.74	280.58	14.46	3.29 *
Tratamientos	5	1780.25	356.05	18.34	2.90 *
Error	15	291.15	19.41		
Total	23	2913.14			

Coeficiente de Variación 16.13 %

CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS DE REMOLACHA EN T.M./Ha

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO EN TM./Ha.	EN *
F - 6	44.55	a
F - 12	29.83	b
F - 18	25.80	b c
F - 24	24.73	b c
F - 30	21.80	b c
F - 36	17.20	c

$$q_{(6,15)} 0.05 = 4.60$$

$$s\bar{x} = 2.20$$

$$W = 10.13$$

\* = Letras iguales, tratamientos con rendimientos estadísticamente igual.

CUADRO 8. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-6.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (ESTRATO 0 - 30 cms)				DIFE- REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUES- TREOS (cms)	* AJUSTE (cms)	LAMINA CONSUMI- DA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
1-3-85	21.91	6-3-85	18.15	3.76	1.42	0.28	1.70
9-3-85	21.37	12-3-85	16.65	4.72	1.78	1.78	3.56
15-3-85	20.89	18-3-85	15.80	5.09	1.92	1.92	3.84
21-3-85	21.14	24-3-85	14.96	6.18	2.34	2.34	4.68
27-3-85	20.75	30-3-85	10.85	9.90	3.74	3.74	7.48
2-4-85	21.96	5-4-85	13.17	8.79	3.32	3.32	6.64
8-4-85	21.25	11-4-85	13.35	7.90	2.99	2.99	5.98
14-4-85	22.00	17-4-85	14.02	7.98	3.02	3.02	6.04
20-4-85	20.95	22-4-85	18.01 <sup>**</sup>	2.94	1.11	0.00	1.11

\*\* Humedad al momento de la cosecha. Lámina parcial (cms) 41.03  
Riegos generales (cms) 5.00  
Lámina total consumida (cms) 46.03

\* Ajuste proporcional que corresponde a tres días en los cuales no se conoce el consumo, este período es el comprendido entre muestreos antes y después del riego. Este ajuste aparece de igual forma en los cuadros 9 al 13.

CUADRO 9. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 12.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (ESTRATO 0 - 30 cms)				DIFE- REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUES- TREOS	* AJUSTE	LAMINA CONSU- MIDA
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%	%	(cms)	(cms)	(cms)
1-3-85	22.03	12-3-85	16.06	5.97	2.26	0.20	2.46
15-3-85	21.86	24-3-85	13.70	8.16	3.08	1.03	4.11
27-3-85	21.44	5-4-85	12.85	8.59	3.25	1.08	4.33
8-4-85	20.98	17-4-85	12.42	8.56	3.23	1.08	4.31
20-4-85	20.97	22-4-85	17.60 <sup>**</sup>	3.37	1.27	0.00	1.27
** Humedad al momento de la cosecha.					Lámina parcial (cms)		16.48
					Riegos generales (cms)		5.00
					Lámina total consumida (cms)		21.48



CUADRO 10. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 18.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (ESTRATO 0 - 30 cms)				DIFE- REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUES- TREOS (cms)	* AJUSTE (cms)	LAMINA CONSU- MIDA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%	%			
1-3-85	21.48	18-3-85	13.35	8.13	3.07	0.18	3.25
21-3-85	21.93	5-4-85	11.18	10.75	4.06	0.81	4.87
8-4-85	20.81	22-4-85	12.07**	8.74	3.30	0.00	3.30
** Humedad al momento de la cosecha.				Lámina parcial (cms)			11.42
				Riegos generales (cms)			5.00
				Lámina total consumida (cms)			16.42

CUADRO 11. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 24.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (ESTRATO 0 - 30 cms)				DIFE- REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUES- TREOS (cms)	* AJUSTE (cms)	LAMINA CONSU- MIDA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%	%			
1-3-85	21.69	24-3-85	10.80	10.89	4.12	0.18	4.30
27-3-85	21.13	17-4-85	11.20	9.93	3.75	0.54	4.29
20-4-85	21.62	22-4-85	15.70**	5.92	2.24	0.00	2.24
** Humedad al momento de la cosecha.				Lámina parcial (cms)			10.83
				Riegos generales (cms)			5.00
				Lámina total aplicada (cms)			15.83

CUADRO 12. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 30.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (ESTRATO 0 - 30 cms)				DIFE- REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUES- TREOS	* AJUSTE	LAMINA CONSU- MIDA
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%	%	(cms)	(cms)	(cms)
1-3-85	21.65	30-3-85	9.30	12.35	4.67	0.16	4.83
2-4-85	21.02	22-4-85	10.55**	10.47	3.96	0.00	3.96
** Humedad al momento de la cosecha.					Lámina parcial (cms)		8.79
					Riegos generales (cms)		5.00
					Lámina total consumida (cms)		13.79

CUADRO 13. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 36

PORCENTAJE DE HUMEDAD (ESTRATO 0 - 30 cms)				DIFE- REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS	* AJUSTE	LAMINA CONSU- MIDA
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%	%	(cms)	(cms)	(cms)
1-3-85	21.35	5-4-85	8.15	13.20	4.99	0.14	5.13
8-4-85	21.64	22-4-85	12.40**	9.24	3.49	0.00	3.49
** Humedad al momento de la cosecha.					Lámina parcial (cms)		8.62
					Riegos generales (cms)		5.00
					Lámina total consumida (cms)		13.62



CUADRO 14. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA DE BLANEY - CRIDDLE MODIFICADO POR HANSEN PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

F E C H A (SEMANA)	DURACION DEL PERIODO	T° C $\bar{X}$	$\frac{T+17.8}{21.8}$	P (%)	f (cm)	Kc	Et (cm)	Et' (cm) AJUSTADA	Et ACUMULADA
16 - 22 enero	0.23	17.21	1.61	1.65	2.66	0.23	0.61	0.63	0.63
23 - 29 enero	0.23	16.24	1.56	1.65	2.57	0.32	0.82	0.84	1.47
30 enero-5 febrero	0.24	18.01	1.64	1.79	2.93	0.48	1.41	1.45	2.92
6 - 12 febrero	0.25	17.97	1.64	1.84	3.02	0.63	1.90	1.90	4.88
13 - 19 febrero	0.25	16.84	1.59	1.84	2.92	0.75	2.19	2.26	7.14
20 - 26 febrero	0.25	19.10	1.69	1.84	3.11	0.86	2.67	2.75	9.89
27 febrero-5 marzo	0.23	18.39	1.66	1.88	3.12	0.94	2.93	3.02	12.91
6 - 12 marzo	0.23	18.48	1.66	1.90	3.15	0.99	3.12	3.21	16.12
13 - 19 marzo	0.23	19.49	1.71	1.90	3.25	1.00	3.25	3.35	19.47
20 - 26 marzo	0.23	19.69	1.72	1.90	3.27	0.96	3.14	3.23	22.70
27 marzo-2 abril	0.23	19.68	1.72	1.92	3.30	0.87	2.87	2.96	25.66
3 - 9 abril	0.23	18.94	1.68	1.97	3.31	0.76	2.52	2.60	28.26
10 - 16 abril	0.23	19.86	1.73	1.97	3.41	0.63	2.15	2.21	30.47
17 - 22 abril	1.69	20.20	1.74	0.56	0.97	0.47	0.46	0.47	30.94
						40:99	30.04	30.94	30.94 cm

$K' = 30.04/40.99 = 0.73$   
 $K = 0.75$  fuente: Posadas (1969)  
 $K/K' = 0.75/0.73 = 1.03 = Et' = 0.83 Et.$

$Kc =$  Coeficiente de cultivo, fuente: Grassi (1975).  
 $P =$  % mensual de horas luz. Fuente: Tabla Blaney - Criddle (1950).



CUADRO 15. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL POR LA FORMULA DE HARGREAVES PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

F E C H A ( SEMANA )	Hn :	d	T°C $\bar{X}$ Semanal	Kc	17.37 Kdt	(1.00- 0.01 Hn)	Et (m.m.)
16 - 22 de enero	42.82	0.20	17.21	0.144	8.61	0.5714	4.92
23 - 29 de enero	32.29	0.20	16.24	0.383	21.61	0.6771	14.63
30 enero-5 febrero	40.29	0.21	18.01	0.590	38.76	0.5971	23.14
6 - 12 febrero	37.00	0.22	17.97	0.755	51.85	0.6300	32.66
13 - 19 febrero	48.71	0.22	16.84	0.880	56.63	0.5129	29.04
20 - 26 febrero	40.29	0.22	19.10	0.970	70.80	0.5171	42.27
27 febrero-5 marzo	35.14	0.22	18.39	1.000	70.27	0.6486	45.58
6 - 12 de marzo	48.29	0.23	18.48	1.000	73.83	0.5171	38.18
13 - 19 de marzo	38.57	0.23	19.49	0.980	76.31	0.6143	46.88
20 - 26 de marzo	37.29	0.23	19.69	0.924	72.68	0.6271	45.58
27 marzo - 2 abril	41.29	0.23	19.68	0.830	65.26	0.5871	38.31
3 - 9 de abril	31.74	0.24	18.94	0.660	52.11	0.6826	35.57
10 - 16 de abril	36.86	0.24	19.86	0.450	37.26	0.6314	23.52
17 - 22 de abril	39.33	0.20	20.33	0.280	19.77	0.6067	23.86
							444.14

Hn = Humedad relativa media al medio día.  
d = 0.12 P = Fuente: Blaney-Criddle (1950)

Kc = Coeficiente del cultivo.  
Fuente: Grassi (1975)

CUADRO 16. VALORES DE TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN MILIMETROS PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION DEL TANQUE, A PARTIR DE LA DIFERENCIACION DE LOS TRATAMIENTOS.

SEMANA NUMERO	TRATAMIENTOS						BLANEY- CRIDDLE	HAR- GREA- VES	EVAPORA- CION DE TANQUE
	F-6	F-12	F-18	F-24	F-30	F-36			
1	22.93	14.35	12.64	12.54	11.27	9.98	30.74	43.46	55.41
2	42.47	17.10	12.64	12.54	11.27	9.98	32.50	40.66	51.63
3	49.00	23.98	15.34	12.54	11.27	9.98	33.16	46.51	52.67
4	73.27	24.71	18.94	12.53	11.27	9.98	31.53	43.50	39.55
5	80.27	25.26	18.94	12.52	11.83	9.98	28.57	37.53	32.74
6	70.87	25.16	14.35	12.52	12.05	13.74	24.88	32.13	36.87
7	62.62	24.09	13.59	15.21	12.05	14.37	17.35	24.75	34.48
8	8.88	10.16	7.76	17.92	6.89	8.21	3.13	15.91	13.47

CUADRO 17. COEFICIENTE DE DETERMINACION " $r^2$ " DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Vrs. BLANEY-CRIDDLE, Y HARGREAVES.

TRATAMIENTOS	$r^2$
F - 6	Blaney-Criddle 0.21
	Hargreaves 0.09
F - 12	Blaney-Criddle 0.24
	Hargreaves 0.14
F - 18	Blaney-Criddle 0.48
	Hargreaves 0.40
F - 24	Blaney-Criddle 0.93
	Hargreaves 0.82
F - 30	Blaney-Criddle 0.57
	Hargreaves 0.36
F - 36	Blaney-Criddle 0.0004
	Hargreaves 0.03
$r^2 = 0.696$ al 1%	



CUADRO 18. RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE EVAPORIMETRO A PARTIR DE LA DIFERENCIACION DE LOS TRATAMIENTOS.

SEMANA NUMERO	T R A T A M I E N T O S					
	F-6	F-12	F-18	F-24	F-30	F-36
	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev
1	0.41	0.26	0.23	0.23	0.20	0.18
2	0.82	0.33	0.24	0.24	0.22	0.19
3	0.93	0.45	0.29	0.24	0.21	0.19
4	1.85	0.62	0.48	0.32	0.28	0.25
5	2.45	0.77	0.58	0.38	0.36	0.30
6	1.92	0.68	0.39	0.34	0.33	0.37
7	1.82	0.70	0.39	0.44	0.35	0.42
8	0.66	0.75	0.58	1.33	0.51	0.61

CUADRO 19. COEFICIENTE "C" PROMEDIO DE LA RELACION EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION PARA LOS TRATAMIENTOS F-6, F-12, Y F-18 (DE MAYOR RENDIMIENTO)

ETAPA FENOLOGICA	DURACION DE LA ETAPA	RELACION Et/Ev PROMEDIO ("C")
Etapa Inicial	18 días	0.23
Desarrollo del Cultivo	26 días	0.58
Mediados del período	20 días	1.08
Finales del Período	7 días	0.66



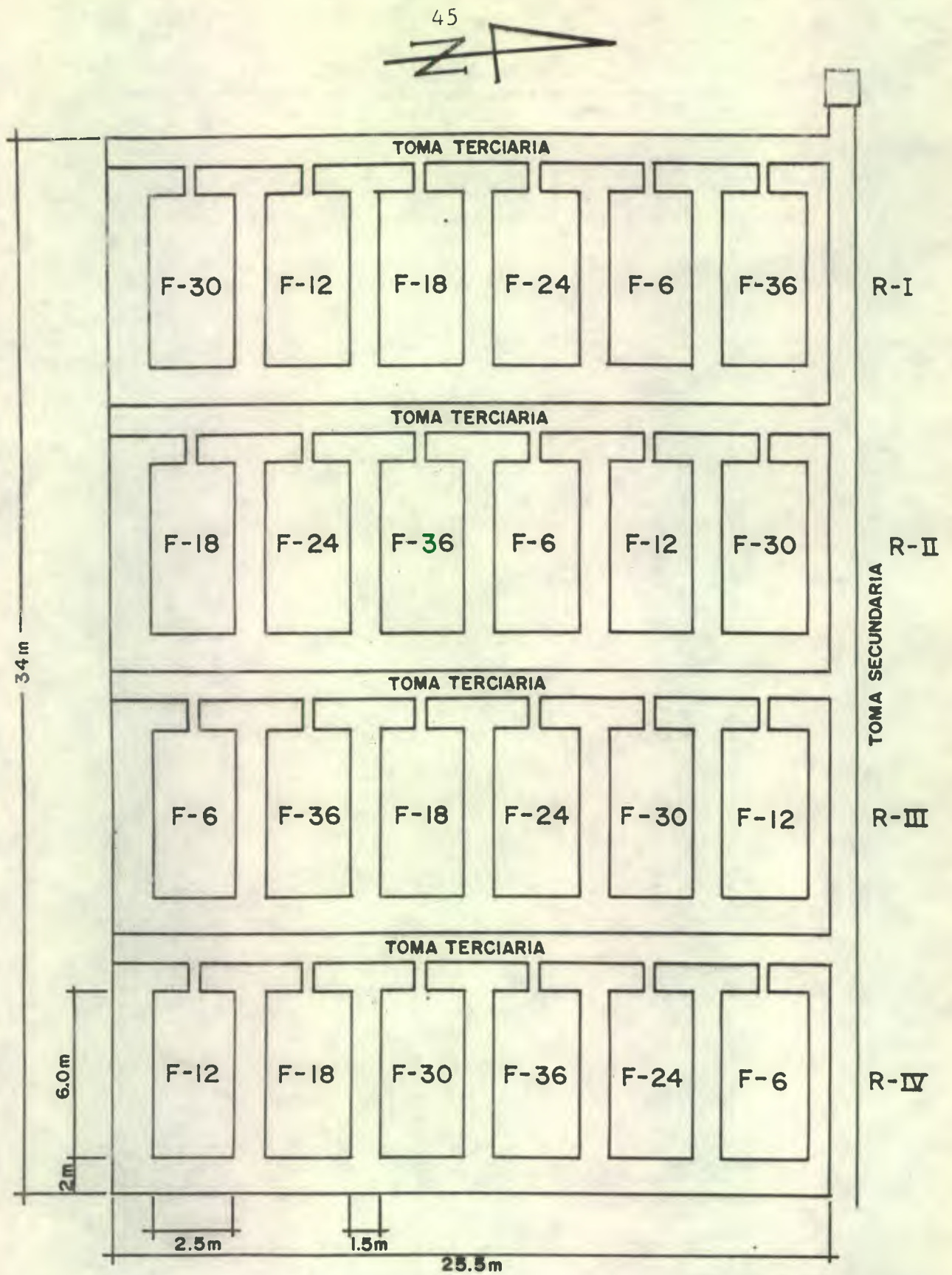
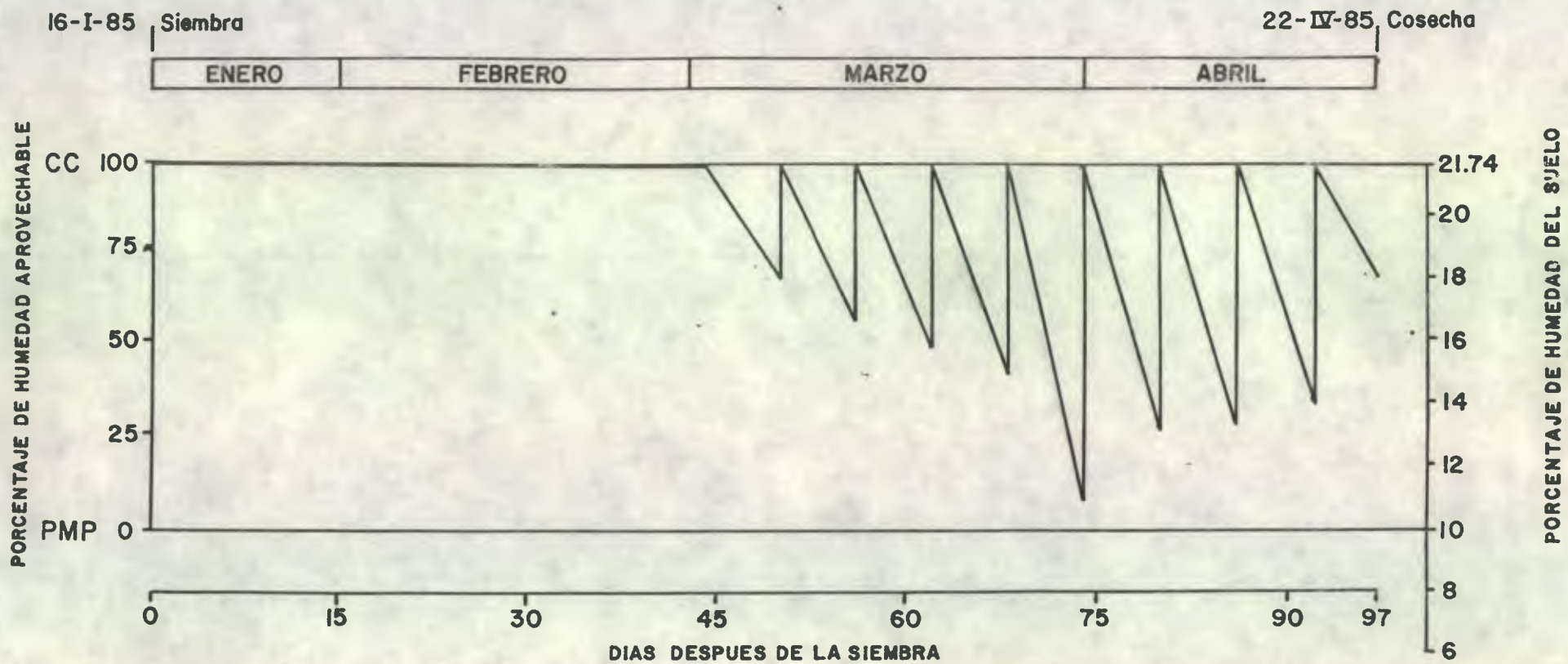


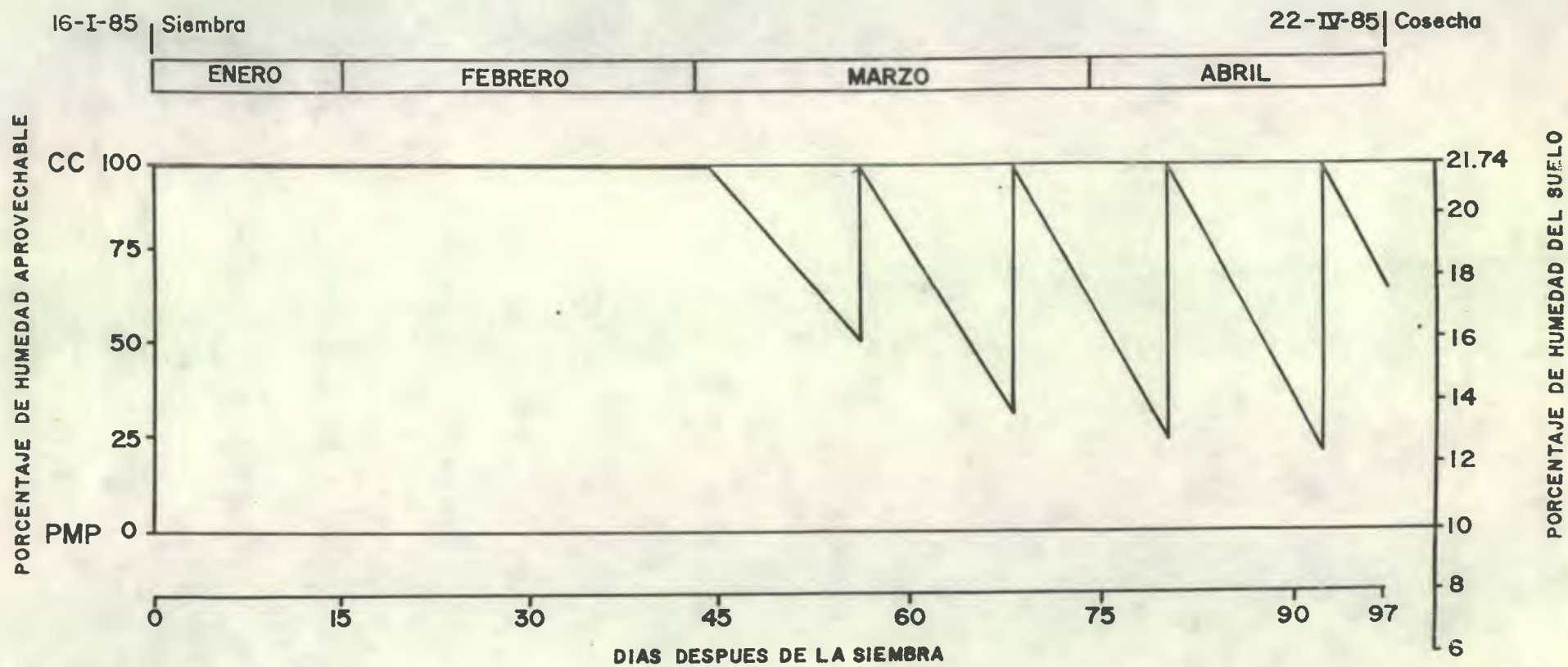
Fig. 1

PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO



**Fig. 2**  
**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA**  
**EL TRATAMIENTO F-6**





**Fig. 3**  
 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA  
 EL TRATAMIENTO F-12



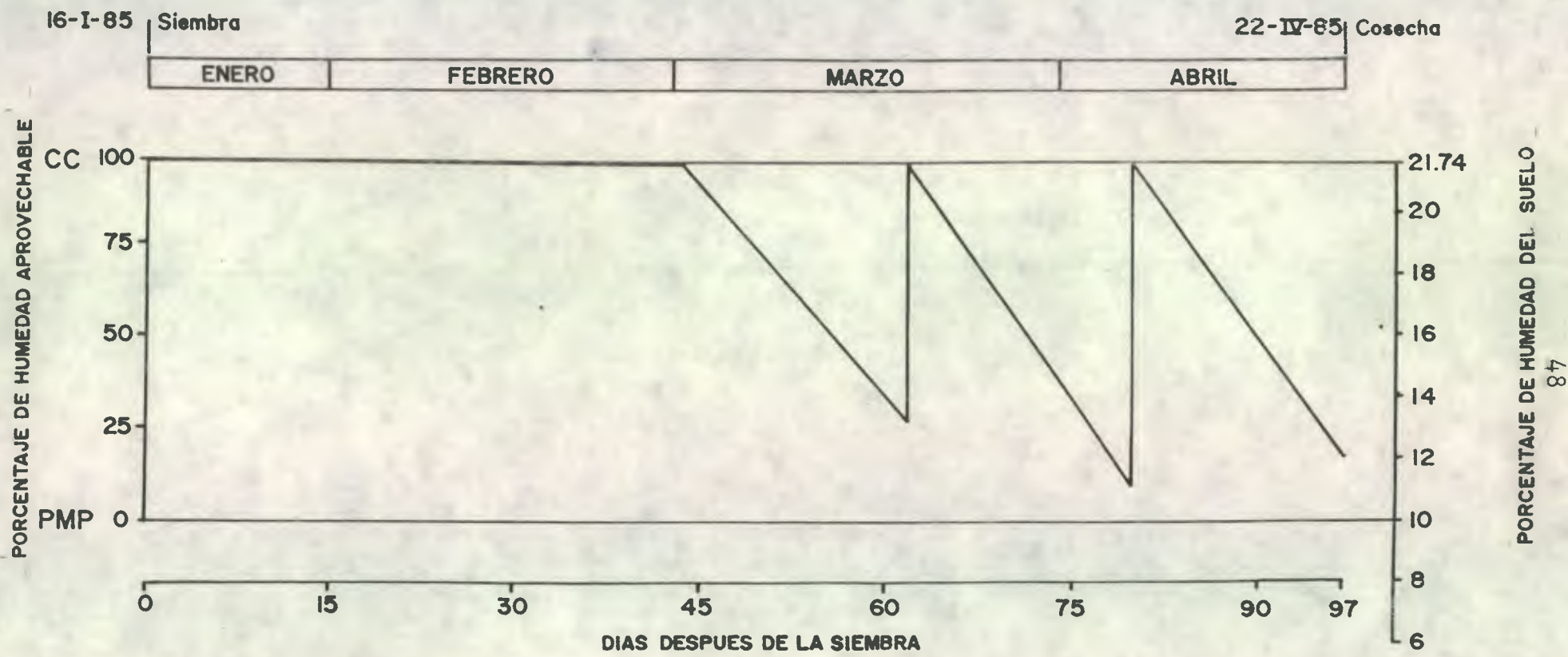


Fig. 4  
 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA  
 EL TRATAMIENTO F-18

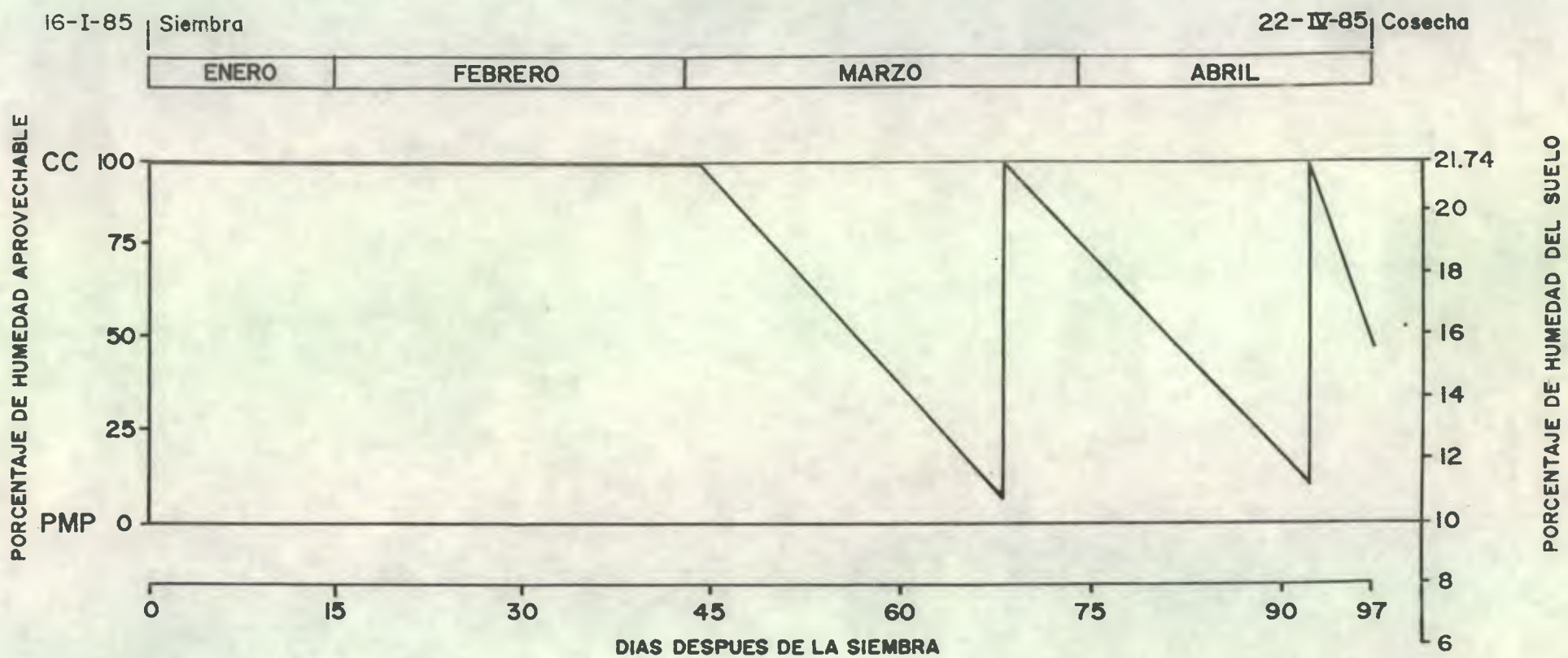


Fig. 5

PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA  
EL TRATAMIENTO F-24

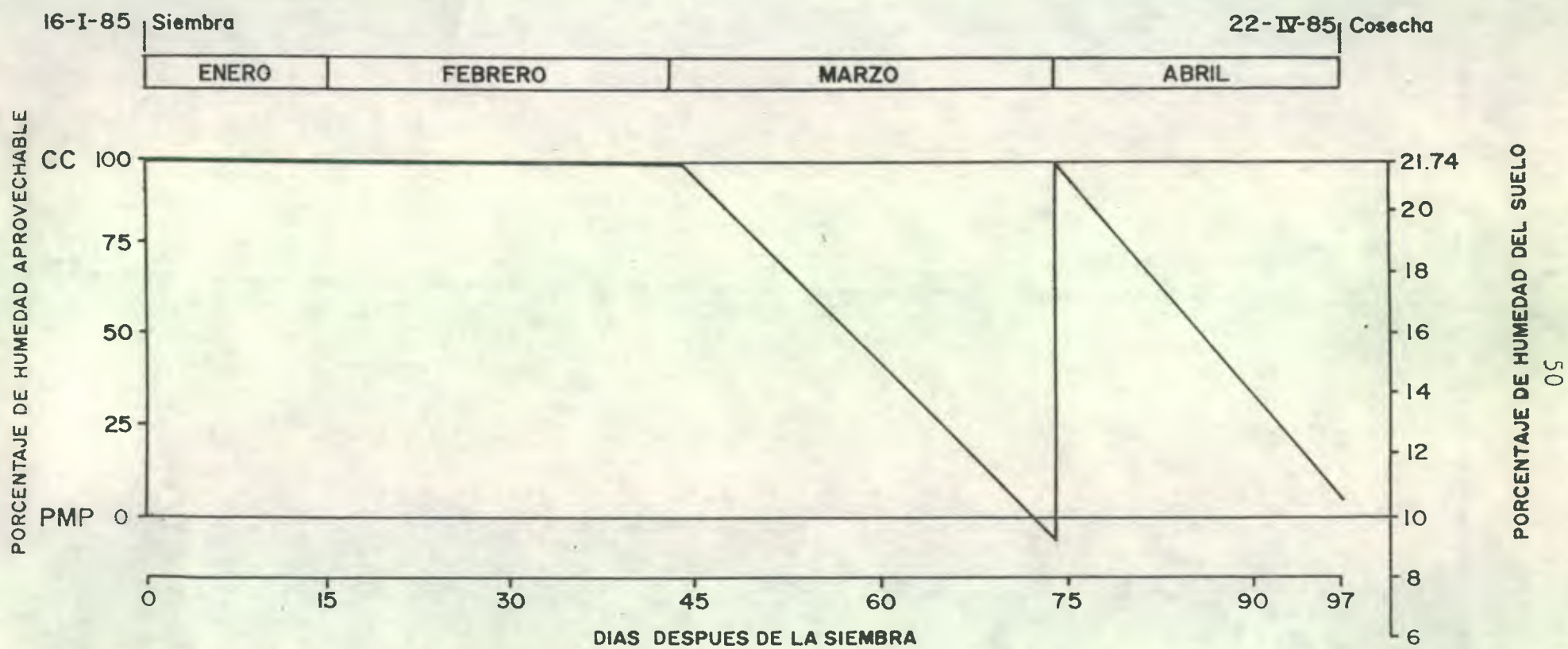
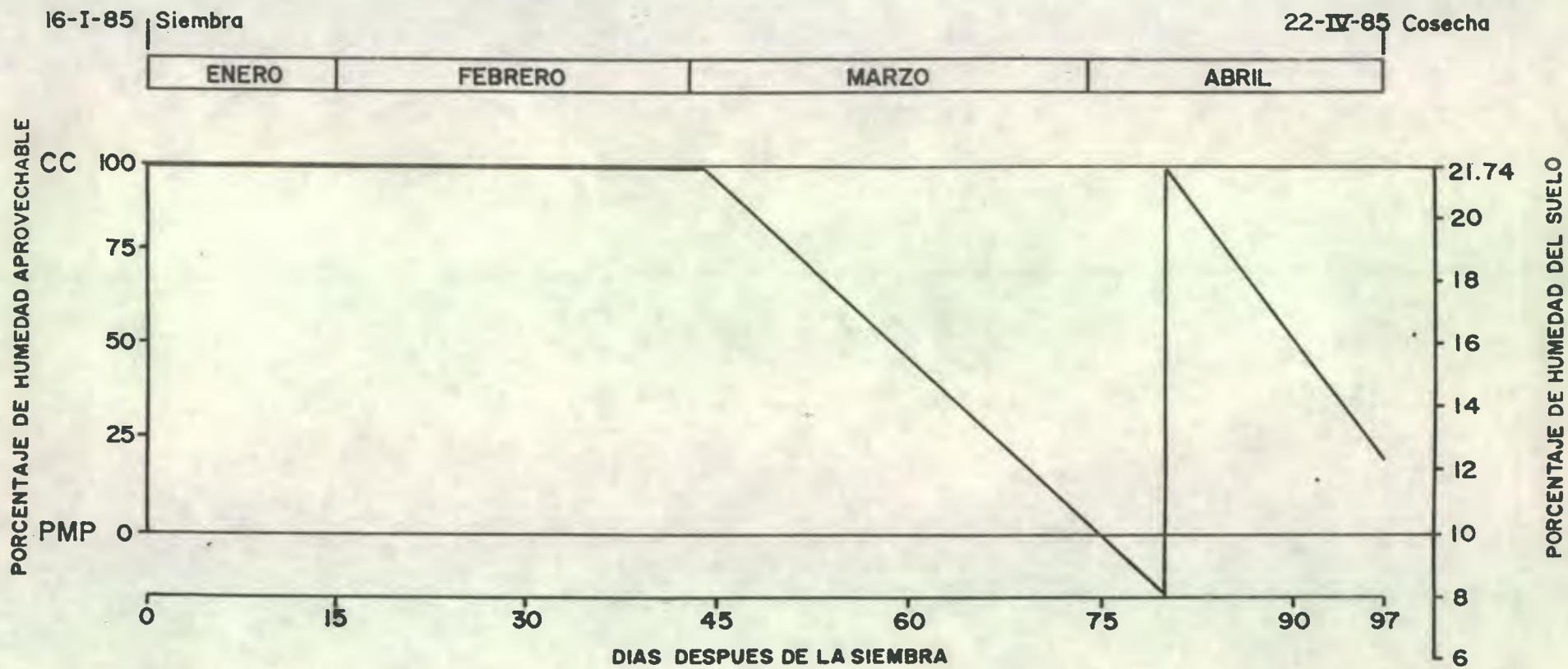


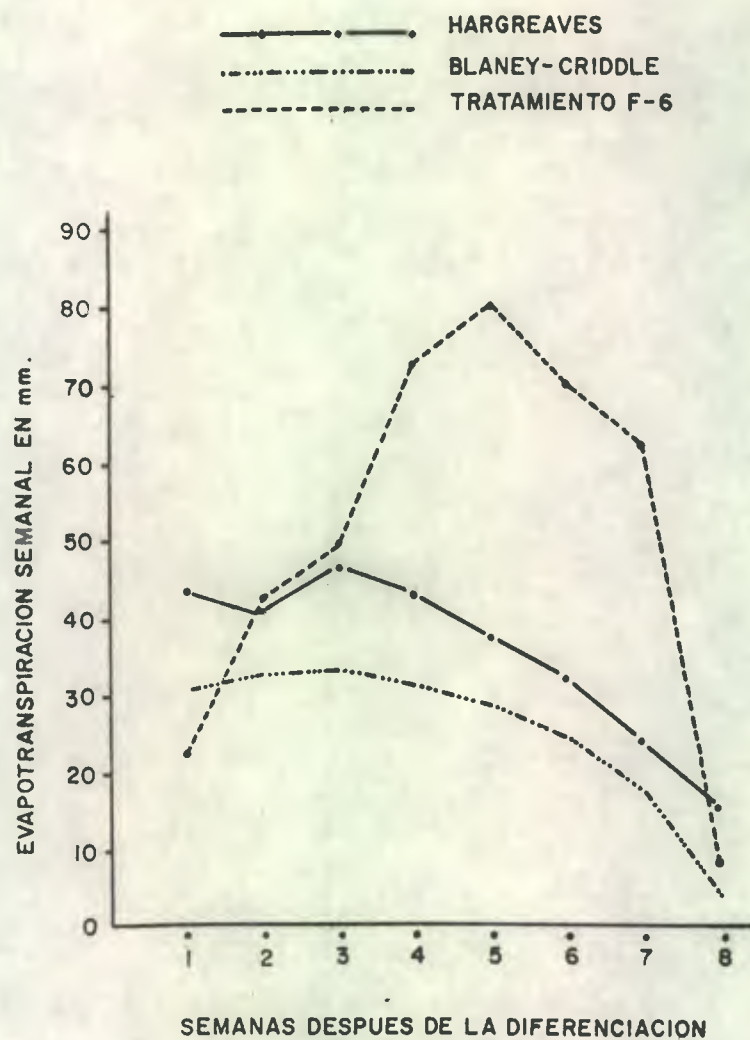
Fig. 6

PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA  
EL TRATAMIENTO F-30

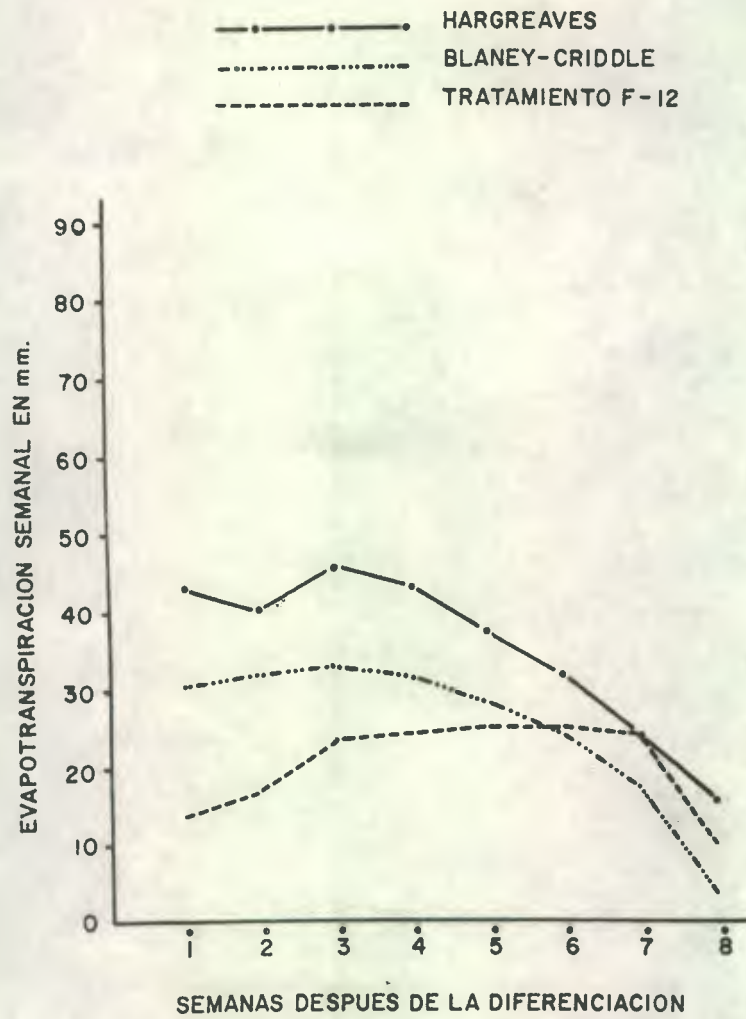




**Fig. 7**  
 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA  
 EL TRATAMIENTO F-36

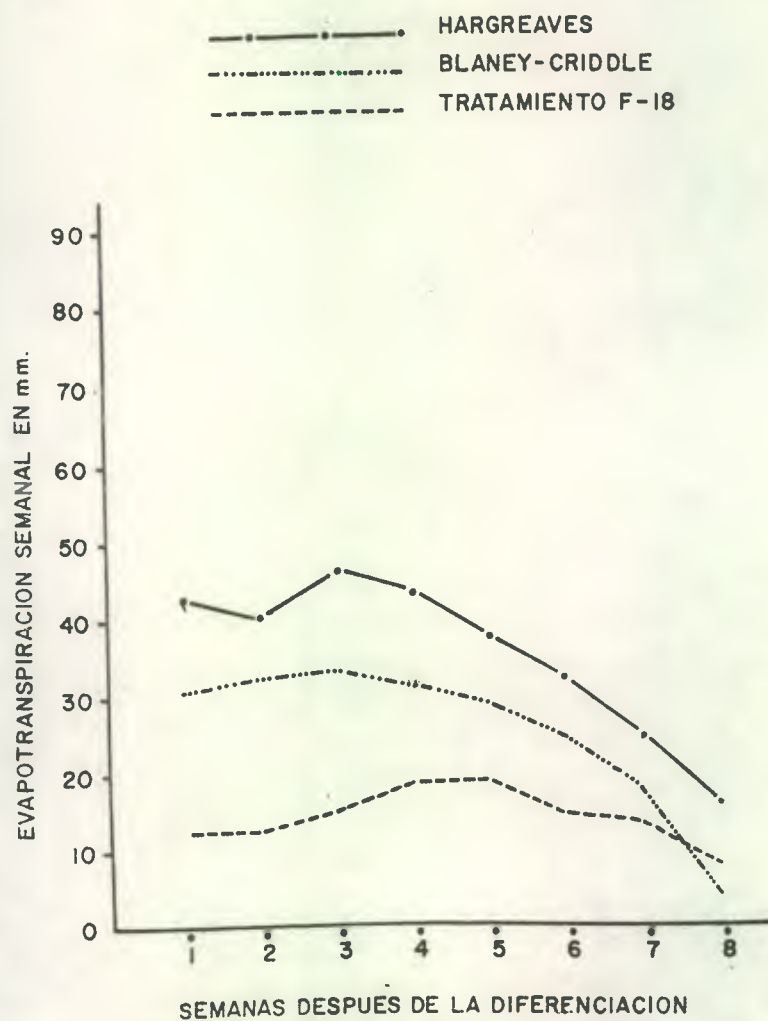


**Fig. 8**  
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL**  
**DEL TRATAMIENTO F-6, BLANEY-CRIDDLE Y**  
**HARGREAVES**

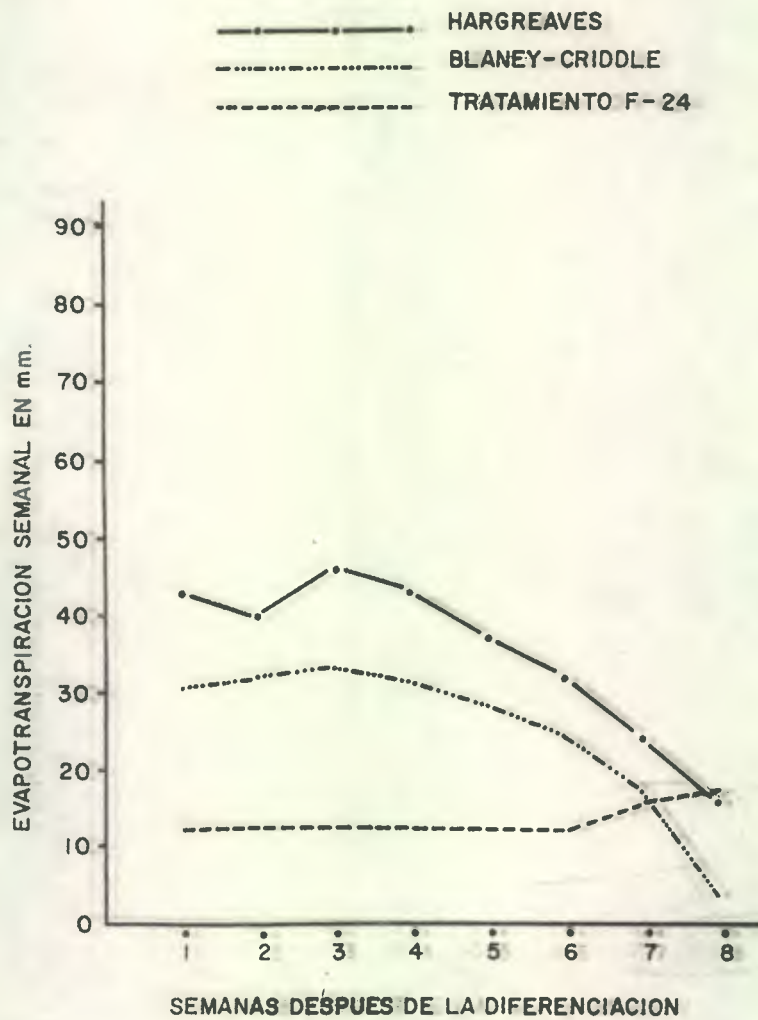


**Fig. 9**  
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL**  
**DEL TRATAMIENTO F-12, BLANEY-CRIDDLE Y**  
**HARGREAVES**

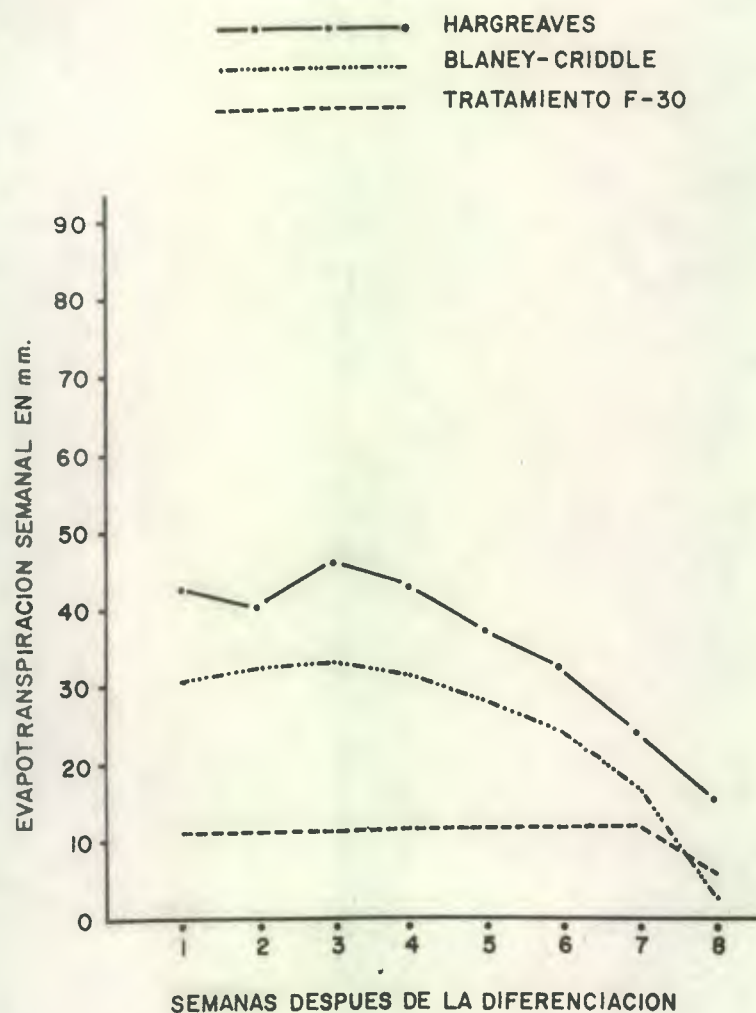




**Fig. 10**  
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL**  
**DEL TRATAMIENTO F-18, BLANEY-CRIDDLE Y**  
**HARGREAVES**

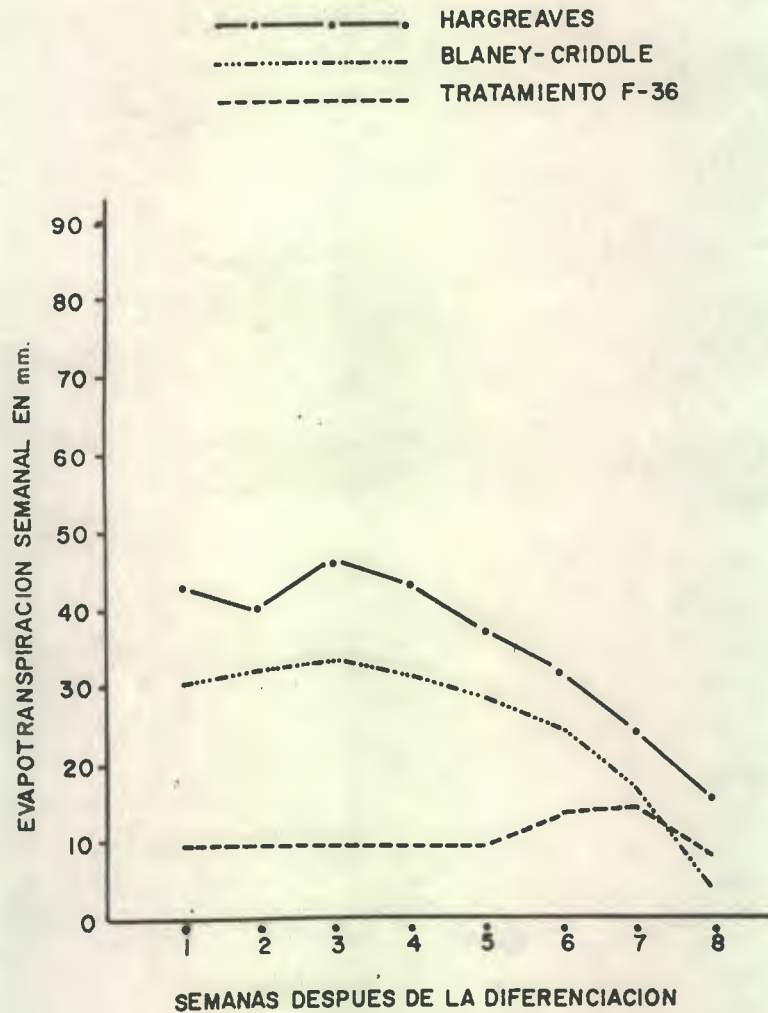


**Fig. II**  
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL**  
**DEL TRATAMIENTO F-24, BLANEY-CRIDDLE Y**  
**HARGREAVES**



**Fig. 12**  
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL**  
**DEL TRATAMIENTO F-30, BLANEY-CRIDDLE Y**  
**HARGREAVES**





**Fig. 13**  
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL**  
**DEL TRATAMIENTO F-36, BLANEY - CRIDDLE Y**  
**HARGREAVES**

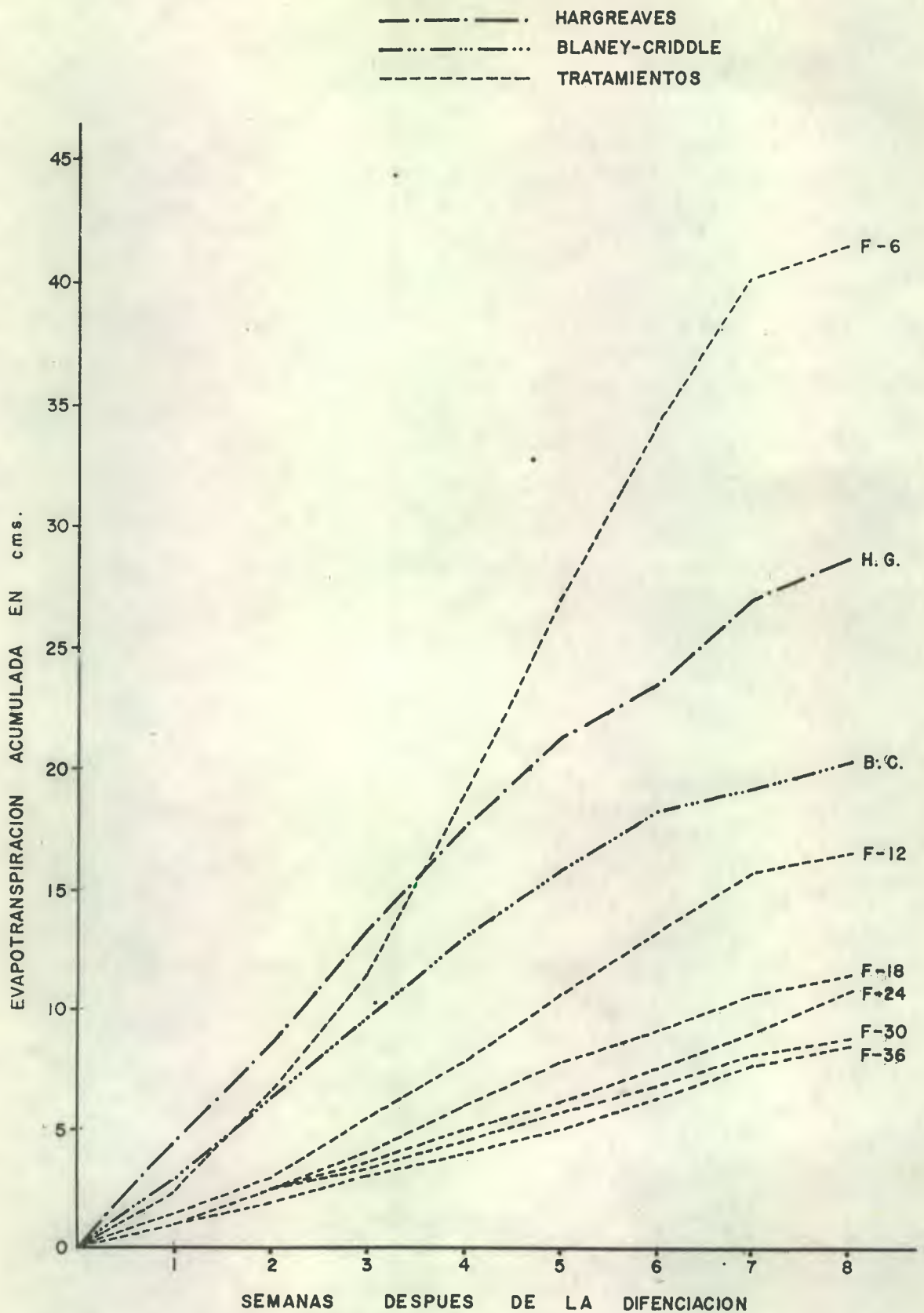


Fig. 14

EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA DE LOS DIFERENTES  
 TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE Y HARGREAVES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1645

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto .....

"IMPRIMASE"

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'C. A. Castaneda S.', written over a circular stamp.



ING. AGR. CESAR A. CASTANEDA S.  
D E C A N O