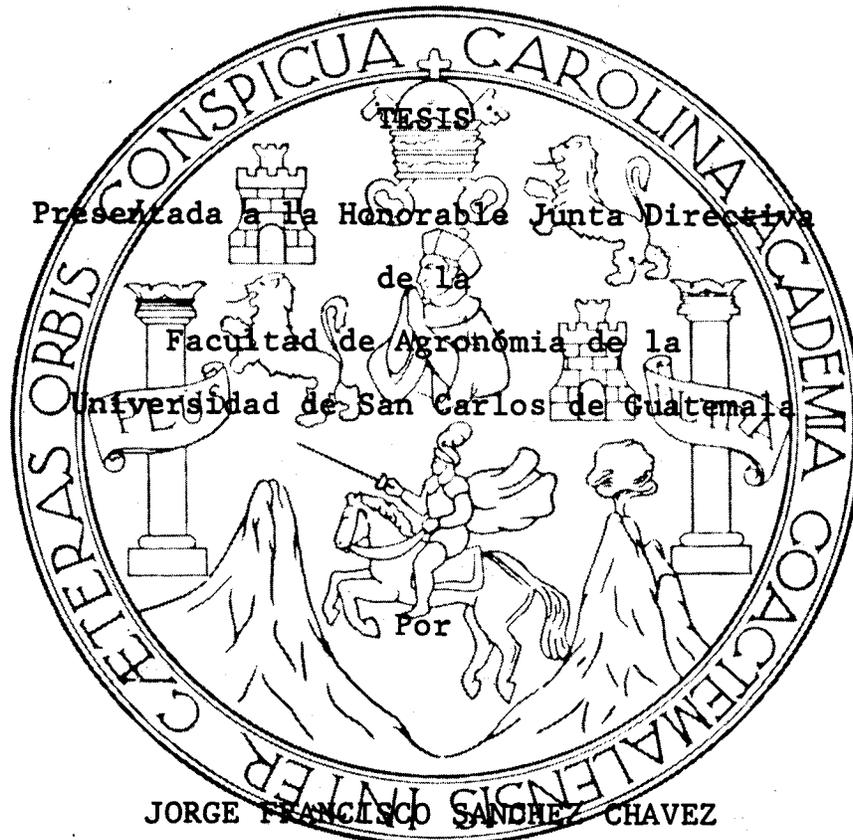


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y  
EVAPOTRANSPIRACION EN CEBOLLA (Allium cepa L.) PARA LA  
ZONA DE BARCENA, VILLA NUEVA.



Al conferírsele el título de  
INGENIERO AGRONOMO  
En el Grado Académico de  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1984.

D.L.  
01  
T(771)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. EDUARDO MEYER M.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Oscar René Leiva
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Gustavo Méndez G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL CUARTO:	Prof. Heber Arana
VOCAL QUINTO:	Prof. Leonel Gómez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Mario Melgar
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Alfredo Coc
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Gustavo Méndez G.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez P.



**FACULTAD DE AGRONOMIA**

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

23 de agosto de 1984

Ingeniero  
César Castañeda Salguero  
Decano de la Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

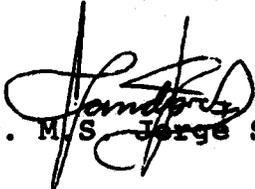
Señor Decano:

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 EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN CE BOLLA (Allium cepa L.) PARA LA ZONA DE BARCENA, VILLA NUEVA", desarrollado por el Perito Agrónomo Jorge Francisco Sánchez Chávez.

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.

JSI/edee

Guatemala, 20 de Agosto de 1984.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador

En atención a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de Tesis titulado:- "EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN CEBOLLA (Allium cepa L.) PARA LA ZONA DE BARCENA, VILLA NUEVA".

En espera de su aprobación, al presentarlo como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo, en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,



P. Agr. Jorge Francisco Sánchez Chávez

**ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS**

**A LA MEMORIA DE  
MI PADRE**

**Antonio Rigoberto Sánchez**

**A MI MADRE**

**Clotilde Chávez Vda. de Sánchez**

**A MIS HERMANOS**

**Antonio Rolando, Carlos Humberto  
Telma Yolanda y Clotilde Josefina**

**A MIS FAMILIARES Y AMIGOS  
EN GENERAL.**

TESIS QUE DEDICO:

- A: La Democracia, Huehuetanango
- AL: Ing. Agr. Mario Ubaldo Rivera
- AL: Instituto Técnico de Agricultura
- A: La Facultad de Agronomía de la  
Universidad de San Carlos de Guate-  
mala.
- A: Los Campesinos de Guatemala.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo patentizar mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en mi formación profesional y a la realización de éste trabajo,

Especialmente:

A: Mi familia.

Al: Ing. Agr. M.S. Jorge Enrique Sandoval Illescas por su impulso y magnífica asesoría.

Al: Ing. Agr. César Cisneros Aragón.

Al: Ing. Agr. Saúl Antonio Sandoval Zúñiga.

Al: Ing. Agr. Hugo Cardona Castillo.

Al: P. Agr. José Luciano Wong Galdámez.

Al: Br. Juan Salvador Navichoc Galindo.

A: Don Miguel Carrera

## INDICE GENERAL

	PAGINA
INDICE DE CUADROS.	i
INDICE DE FIGURAS.	iii
RESUMEN.	iv
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	3
3. OBJETIVOS	4
4. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Exigencias de humedad de la cebolla	5
4.2 Frecuencia de riego	5
4.3 Evapotranspiración	7
4.3.1 Métodos para determinar evapotranspiración	9
4.3.2 Descripción de los métodos utilizados	11
5. METODOLOGIA	15
5.1 Descripción general del área	15
5.1.1 Ubicación Geográfica	15
5.1.2 Factores Climáticos	15
5.1.3 Factores Edáficos	15
5.1.4 Fuente de abastecimiento de agua	16
5.2 Aspectos Agronómicos	16
5.2.1 Cultivo evaluado	16
5.2.2 Método de riego empleado	17
5.2.3 Criterios para aplicar los riegos	19
5.3 Determinaciones Físicas y Químicas del suelo	22
5.3.1 Determinaciones Físicas	22
5.3.2 Determinaciones Químicas	23
5.4 Manejo del Experimento	23
5.4.1 Control de la humedad del suelo	23
5.4.2 Diseño Estadístico	26

	PAGINA
5.4.3. Area del Experimento	27
5.4.4 Variables respuesta	28
6. RESULTADOS Y DISCUSION	30
6.1 Variables respuesta	30
6.1.1 Rendimiento en T.M./Ha de bulbos	31
6.1.2 Rendimiento en T.M./Ha de plantas completas	32
6.1.3 Número de plantas vivas por parcela útil al final del ciclo	32
6.2 Consumo de agua	33
6.2.1 Número de riegos	33
6.2.2 Control del suministro de agua	34
6.2.3 Comparación de la evapotranspiración	43
7. CONCLUSIONES	52
8. RECOMENDACIONES	54
9. BIBLIOGRAFIA	55
APENDICE	57

## INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1: Propiedades Físicas del Suelo.	22
Cuadro 2: Resultados del Análisis Químico del Suelo.	23
Cuadro 3: Resultados Promedio de las diferentes Variables respuesta por tratamiento.	30
Cuadro 4: Número de riegos y lámina total aplicada para los seis tratamientos.	34
Cuadro 5: Evapotranspiración total para los seis tratamientos y la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada.	44
Cuadro 6: Valores de evapotranspiración semanal para cada uno de los tratamientos y Hargreaves <u>mo</u> <u>dific</u> <u>ada</u> .	45
Cuadro 7: Valores de "r" para los 4 modelos utilizados en el análisis de correlación entre la <u>evapo</u> <u>transpiración</u> calculada por Hargreaves <u>modifi</u> <u>cada</u> y los seis tratamientos.	47
Cuadro 8: Coeficientes de cultivo (Kc)	58
Cuadro 9: Radiación extra-terrestre (Ra) expresada en la evaporación equivalente en mm/día.	59
Cuadro 10: Rendimiento en T.M./Ha. de bulbos por tratamiento y por repetición.	60
Cuadro 11: Análisis de varianza para el rendimiento de bulbos.	61
Cuadro 12: Rendimiento en T.M./Ha. de plantas completas por tratamiento y por repetición.	62
Cuadro 13: Análisis de varianza para el rendimiento de plantas completas.	63

---

Cuadro 14: Láminas de agua aplicadas en cada riego para los seis tratamientos incluyendo el período de establecimiento ( cm ).	64
Cuadro 15: Cálculo de evapotranspiración por la fórmula de Hargreaves para todo el ciclo del cultivo.	65
Cuadro 16: Calendario de riegos.	66

## INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1: Sección transversal de los surcos	18
Figura 2: Parcela individual	18
Figura 3: Aplicación del agua	20
Figura 4: Estructuras para lograr un caudal constante de las tomas secundarias a las terciarias.	21
Figura 5: Plano del experimento e infraestructura de riego.	29
Figura 6: Control de humedad para el tratamiento F-4	36
Figura 7: Control de humedad para el tratamiento F-8	37
Figura 8: Control de humedad para el tratamiento F-12	38
Figura 9: Control de humedad para el tratamiento F-16	39
Figura 10; Control de humedad para el tratamiento F-20	40
Figura 11: Control de humedad para el tratamiento F-24	41
Figura 12: Evapotranspiración acumulada para los seis tratamientos y Hargreaves	46
Figura 13: Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-4: Hargreaves.	49
Figura 14: Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-8: Hargreaves.	49
Figura 15: Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-12: Hargreaves.	50
Figura 16: Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-16: Hargreaves.	50
Figura 17: Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-20: Hargreaves.	51
Figura 18: Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-24: Hargreaves.	51

## RESUMEN

El presente experimento se llevó a cabo en una parcela - propiedad del Instituto Técnico de Agricultura, ubicado en -- Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. El mismo consistió en determinar el efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración de Cebolla (Allium cepa L.).

Las frecuencias de riego utilizadas fueron 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días, arregladas en un diseño experimental de Bloques al azar con 4 repeticiones.

Para cada frecuencia se midieron las siguientes variables respuesta: Rendimiento en Kg/Ha. de Bulbos, rendimiento en Kg/Ha. de plantas completas y Número de plantas vivas por parcela útil al final del ciclo de producción.

Previo y posteriormente a la aplicación de los riegos, se tomaron muestras de suelo con el objeto de determinar el contenido de humedad del mismo y así poder calcular la cantidad de agua a aplicar para subirlo a capacidad de campo y el agua consumida por el cultivo entre un riego y el subsiguiente.

Además se verificó para la condiciones ecológicas del área la fórmula de Hargreaves modificada que existe para determinar evapotranspiración en ~~forma~~ forma indirecta.

La frecuencia de riego más adecuada para la obtención de bulbos de cebolla es la de 16 días, con una producción media - de 25.300 T.M./Ha. la que estadísticamente es igual a la obtenida regando a cada 4 días con la cual se obtuvieron 25.567 -- T.M./Ha.

En cuanto a la frecuencia de riego mas apropiada para la obtención de plantas completas se encontró que la misma es de 8 días, con la cual se obtuvo un rendimiento de 54.733 T.M./Ha., la cual supera a la producción obtenida regando a cada 4 días (51.433 T.M./Ha.), aún cuando no existe diferencia significativa entre estos tratamientos.

Se comprobó que con las frecuencias de riego estudiadas no se afecta el número de plantas vivas al final del ciclo de producción.

Se constató que a mayor intervalo de riego hay menor evapotranspiración, la fórmula en estudio resultó dar similares tasas de evapotranspiración que las obtenidas en el campo regando a cada 4 días y manifiesta un alto coeficiente de correlación con los otros tratamientos a excepción del intervalo de riego de 24 días.

Con base en lo anteriormente expuesto y para áreas con condiciones ecológicas y edáficas similares a las de Bárcena, se recomienda:

- a) Regar a cada 16 días, si se quieren obtener bulbos de cebolla.
- b) Regar a cada 8 días, si se desean plantas completas de esta hortaliza.
- c) Mediante experimentos similares corroborar la gran similitud de la evapotranspiración obtenida en el campo con la calculada por medio de la fórmula de Hargreaves modificada.

## I. INTRODUCCION

La utilización racional de los recursos naturales nos permite preservar los mismos y a la vez obtener el máximo beneficio de ellos.

Entre los recursos naturales más importantes para la agricultura están el agua y el suelo, siendo en Guatemala, el agua un factor limitante en el desarrollo de la agricultura debido fundamentalmente a que no existe definido un programa técnico para el aprovechamiento adecuado de este recurso.

El presente trabajo constituye parte de una línea de investigación que se ha iniciado por parte del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía USAC, con la cual se pretende estudiar diferentes aspectos en riego de los cultivos más importantes en varias épocas y zonas del país.

La investigación se llevó a cabo en una parcela propiedad del Instituto Técnico de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva; -- siendo un lugar representativo de la zona, la cual cuenta con pequeñas unidades de riego que carecen de información técnica en lo que respecta a la aplicación oportuna y adecuada de sus riegos. Los Agricultores de la región se dedican al cultivo de maíz, frijol y hortalizas, predominando entre éstas el tomate y la cebolla.

El cultivo de la cebolla bajo riego es muy importante en la zona de estudio y los agricultores suelen hacer aplicaciones excesivas y muy frecuentes de agua, lo cual genera un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades, lixiviación de los nutrientes del suelo y una sensible reducción del área de cultivo bajo riego, además se incrementan los costos de producción.

Para determinar el momento oportuno del riego y la cantidad de agua a usar en cada riego, es necesario conocer la cantidad de agua que el cultivo consume a lo largo de su ciclo. Para esto último se han desarrollado fórmulas empíricas en otros países, las cuales deben ser verificadas para poder ser usadas en nuestro medio. La verificación de estas fórmulas conjuntamente con lo expuesto anteriormente hace necesaria la investigación en riego en el cultivo de la cebolla y otros de importancia económica.

## 2. HIPOTESIS

- a) Las frecuencias de riego de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días producirán diferentes rendimientos.
- b) El valor de la evapotranspiración medida durante el ciclo de producción del cultivo para cada una de las diferentes frecuencias será diferente del valor de la evapotranspiración calculado con la fórmula de Hargreaves modificada.

### 3. OBJETIVOS

- a) Determinar el efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento de Cebolla (Allium cepa L.)
- b) Establecer la frecuencia de riego más adecuada para la época y condiciones ecológicas y edáficas del área de Bárcena.
- c) Determinar la lámina de agua a aplicar en cada riego y la lámina total en el ciclo del cultivo para cada tratamiento.
- d) Comparar los resultados de evapotranspiración medidos en el campo con los calculados por la fórmula de Hargreaves modificada.

#### 4. REVISION DE LITERATURA

##### 4.1) Exigencias de Humedad del cultivo de la Cebolla

La Cebolla, al igual que la mayoría de los cultivos hortícolas es sensible al déficit de agua. Para lograr un rendimiento elevado, el agotamiento del agua del suelo no debe exceder del 25% del agua disponible en el suelo. Cuando el suelo se mantiene relativamente húmedo, el desarrollo de las raíces se reduce y esto favorece el aumento del bulbo (5).

El cultivo en mención es muy susceptible al déficit de agua durante el período de formación de la cosecha; especialmente durante el período de crecimiento rápido del bulbo, que tiene lugar unos 50 - 60 días después del trasplante; es igualmente sensible durante el trasplante (5).

Para obtener un alto rendimiento de buena calidad, el cultivo necesita un suministro de agua controlado y frecuente durante todo el período vegetativo, sin embargo, un riego excesivo ocasiona un crecimiento reducido (5).

El cultivo de la cebolla consume el agua a una tasa de evapotranspiración de 5 - 6 mm/día, reduciéndose la tasa mencionada cuando se ha agotado el 25 % del agua disponible en el suelo (5).

##### 4.2) Frecuencia de riego en el cultivo de la Cebolla

En términos generales los factores que influyen sobre el -

momento mas oportuno de regar son: Factores Edáficos, Climáticos, Epoca de siembra, Necesidades de Agua de los Cultivos, Disponibilidad de Agua y Capacidad de la zona Radicular para almacenar la misma (10).

La textura del suelo influye directamente en la Frecuencia y lámina de agua por cada aplicación. Los suelos arenosos requieren mayor frecuencia de riego, en cambio los suelos limosos almacenan mucha agua y por tanto requieren menor frecuencia pero mayor cantidad de aplicación (10).

La regularidad y adecuada programación en el suministro de los riegos son tan importantes como la lámina total de agua aplicada en el campo. Aunque el agua se aplique correctamente, un riego demasiado frecuente reduce la eficiencia de aplicación del mismo, al aumentarse algunas pérdidas por conducción y distribución. Por el contrario, el riego tardío, especialmente cuando la planta es muy sensible a la tensión de humedad del suelo, puede tener efectos negativos muy significativos sobre el rendimiento del cultivo, aunque el volumen total de agua aplicado durante todo el ciclo vegetativo sea aproximadamente el mismo (19).

Los cultivos de zona radicular superficial requieren riegos más frecuentes que aquellos de sistema radicular más profundo (19). El cultivo de la cebolla tiene un sistema radicular somero, con raíces concentradas en la capa superior del suelo de 30 cms., de profundidad. Por tanto necesita riegos frecuentes y ligeros; lo corriente es regar a cada 2 - 4 días,

el riego excesivo ocasiona a veces la difusión de enfermedades (5).

Riegos esporádicos y con grandes cantidades de agua provocan que los bulbos se rajen o agrieten, máxime en las etapas avanzadas de su desarrollo, lo cual redundará en una baja calidad (7).

Entrevistas con agricultores del área de Bárcena, dan cuenta de riegos diarios y a cada dos días.

Martínez (11) y Ortega (15), reportan haber empleado frecuencias de riego en cultivares de cebolla de 7 y 8 días respectivamente, en ensayos de otra índole.

#### 4.3) Evapotranspiración

La evapotranspiración es la suma de la transpiración y la evaporación. La transpiración es el agua que penetra a través de las raíces y es utilizada en la construcción de tejidos, o emitida por las hojas y devuelta a la atmósfera. Evapotranspiración es el agua evaporada en el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. La evapotranspiración puede ser calculada para un cultivo, una parcela, una finca, un proyecto o una cuenca (10). El volumen de agua evapotranspirado por las plantas depende del agua que tiene a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta, de su follaje y de la naturaleza de sus hojas (10).

Existen dos términos usados para referirse a la evapotranspiración y los cuales es conveniente definir en este trabajo, -ellos son la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real.

Con respecto a la evapotranspiración potencial, Penman citado por Tello (19), la define como la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta de vegetación sin ninguna restricción de humedad edáfica; depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, dadas por las características físicas de la atmósfera vecina al suelo. Además Penman -- (1948) basado en un balance de energía y en la ecuación aerodinámica, permite concluir que la evapotranspiración potencial - depende de las siguientes variables:

$$E_{tp} = f (R_g, r, T, e_a, u, n )$$

Donde:

$E_{tp}$  = evapotranspiración potencial

$R_g$  = radiación global

$r$  = Coeficiente de reflexión o albedo

$T$  = temperatura del aire

$u$  = velocidad del viento

$n$  = número de horas del sol

Con respecto a la evapotranspiración real se puede decir, que las variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, las condiciones edáficas y los niveles de humedad en el suelo,

tanto en espacio como en tiempo, modifican la definición anterior de evapotranspiración potencial, actuando como factores reductores de la misma. La evapotranspiración real se determina en base a la evapotranspiración potencial de la siguiente manera:

$$E_t = E_{tp} \cdot K$$

$E_t$  = evapotranspiración real o actual

$E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial

$K$  = Coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta.

De esta manera se concluye que la evapotranspiración real, por medio del coeficiente  $K$ , considera el efecto físico-fisiológico que se deriva de la planta y el suelo; mientras que la evapotranspiración potencial, incluye aspectos de orden físico que dependen del clima (19).

Para el rendimiento óptimo, la cebolla necesita evapotranspirar entre 350-500 mm. de agua (5).

#### 4.3.1) Métodos para determinar la evapotranspiración

Existen varios métodos para determinarla, de los cuales únicamente se hace mención, procediendo posteriormente a describir los métodos utilizados en la presente investigación.

#### 4.3.1.1) Métodos Directos

Hay varios métodos para determinar la cantidad de agua consumida por los cultivos y la vegetación natural en forma directa. Israelsen-Hansen (10) mencionan los siguientes:

- Experimentos en tanques y lisímetros
- Parcelas experimentales
- Estudio sobre la humedad del suelo
- Método de Integración
- Método de entradas y salidas de agua para grandes extensiones.

#### 4.3.1.2) Métodos Indirectos en función de datos climáticos

De acuerdo con Israelsen-Hansen (10), varios investigadores han estudiado en qué medida la temperatura, humedad, velocidad del viento, la presión de vapor, y la radiación solar influyen en la evapotranspiración. Estos estudios se han realizado en diferentes regiones del mundo, existiendo más de 18 fórmulas experimentales, siendo las más usadas las siguientes:

- Método de Penman
- Método de Thornthwaite
- Método de Lowry-Johson
- Método de Blaney-Criddle
- Método de radiación
- Método del evaporímetro de tanque
- Método de Hargreaves

#### 4.3.2) Descripción de los métodos utilizados;

##### 4.3.2.1) Método de Parcelas Experimentales

Como ya se mencionó existen varios métodos de investigación referente a las necesidades de agua que tienen los cultivos para proporcionarles cantidades a intervalos adecuados de tiempo con el propósito de utilizar eficientemente dicho elemento y obtener así una buena producción; entre estos está el métodos de parcelas experimentales.

Las medidas de la humedad del suelo en parcelas experimentales, en el campo, son mas reales que las realizadas en tanques y lisímetros. Widtsoe fué el primero en medir el consumo de agua por las plantas, en parcelas experimentales, durante diez años (1902 - 1911). Mediante el estudio de la humedad del suelo se determina la utilización del agua por los diversos cultivos. Es apropiado para aquellas regiones con suelos uniformes y la profundidad del agua subterránea es tal que no influye en las fluctuaciones de humedad de la zona radicular del suelo. La humedad del terreno se determina antes y después de cada riego, con algunas mediciones de la zona radicular principal. El inconveniente de este método es que hay que realizar un gran número de determinaciones para obtener una precisión adecuada (10).

Según Grassi (6) hay dos variantes para determinar los tratamientos a aplicar a un complejo cultivo-suelo, y son:

- a) Frecuencia fijada por el umbral de riego electo para cada tratamiento en donde la lámina de reposición es constante.
- b) Intervalo de riego en número preestablecido de días constante para cada tratamiento en donde la lámina de reposición es variable.

En caso de la lámina constante se requiere determinaciones frecuentes a fin de regar al nivel de humedad preestablecido. En cambio cuando la lámina es variable, solo es necesario conocer la humedad antes del riego a fin de calcular la lámina a reponer.

La elección de uno u otro método depende principalmente de la disponibilidad de tiempo y del equipo con que se cuente.

Israelsen-Hansen (10), mencionan que para la obtención de la humedad del suelo se recurre al método Gravimétrico, que aunque laborioso y costoso es de gran valor por ser el más preciso, la práctica consiste en barrenar hasta las profundidades deseadas, extraer las muestras de suelo húmedo obtenidas, colocarlas en cajas de aluminio con tapa y llevarlas al laboratorio para su posterior desecación y pesado. Las muestras de suelo húmedo se colocan en hornos a una temperatura de 105-110°C hasta que quedan excentas de humedad. La pérdida de peso por desecación dividida por el peso del suelo seco y multiplicando el resultado por 100, es el tanto por ciento de humedad referida a peso seco. Este método está limitado por el tiempo que transcurre entre la toma de muestras y su desecado

en el horno, que por lo regular es de 24 horas (10).

#### 4.3.2.2) Método de Hargreaves

George H. Hargreaves, quien por muchos años se ha dedicado a investigar la forma de determinar los requerimientos de evapotranspiración de diversos cultivos, concluye en uno de sus últimos artículos publicados (9) que: La utilización de fórmulas complicadas para determinar evapotranspiración, entorpece el trabajo del riego, en donde se requieren resultados en forma inmediata sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados.

Al igual que muchas fórmulas que existen para determinar evapotranspiración en forma indirecta, en la que Hargreaves incluye en el artículo mencionado, debe calcularse primero la evapotranspiración potencial, la que multiplicada por los coeficientes del cultivo ( $K_c$ ), nos dá la evapotranspiración real; es decir:

$$E_{Tr} = E_{Tp} \times K_c$$

Donde:  $E_{Tr}$  = Evapotranspiración real

$E_{Tp}$  = Evapotranspiración potencial

$K_c$  = Coeficiente que depende de la etapa de desarrollo del cultivo. Para este método Hargreaves recomienda usar los coeficientes dados en el libro de la FAO (5) incluidos en el cuadro 8 del apéndice.

La evapotranspiración potencial ( $E_{Tp}$ ) se calcula de la --

siguiente manera:

$$ETp = 0.0075 \times RS \times T^{\circ F}$$

Donde: ETp = Evapotranspiración potencial (cm)

T°F = Temperatura media en °F

RS = Parámetro que está en función de la Temperatura máxima y mínima absolutas.

$$RS = 0.165 \times RA \times TD^{0.5}$$

Donde: RA = Radiación extraterrestre expresada en mm/día de evaporación, de acuerdo a la Latitud del lugar (cuadro 9)

TD = Diferencia entre la Temperatura Máxima y la Mínima absolutas, expresadas en °C.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1) Descripción general del área

#### 5.1.1) Ubicación Geográfica

El experimento se realizó en una parcela de la Sección de Hortalizas del Instituto Técnico de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, que coincide con la intersección de las coordenadas geográficas de 14°30'15" Latitud Norte y 90°36'35" Longitud Oeste (17). Y a una altitud de 1,300 M.S.N.M. (4).

#### 5.1.2) Factores Climáticos

Precipitación pluvial media de 1,000 mm/año, caídos en un total medio de 111 días, 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. Los meses más cálidos son abril y mayo y los más fríos, diciembre y enero. La humedad relativa promedio durante todo el año es de un 75 por ciento.

#### 5.1.3) Factores Edáficos

Suelos de la Serie Guatemala, Textura Franco-Arcillosa, - con un horizonte A de 24 cm (17). Posee un pH de 6.8. Su Topografía es regular, con pendientes que oscilan entre un 2 a 5 por ciento. Poseen un buen drenaje y una adecuada retención de humedad.

#### 5.1.4) Fuente de abastecimiento de agua

Esta proviene del Río Platanitos que tiene sus orígenes en los nacimientos denominados: El Aguacatillo, Mashul, Piedras Moradas y El Agua Tibia, en el municipio de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez. A la altura de la Aldea Lo de Ramírez, Villa Nueva, el Instituto Técnico de Agricultura, tiene construida una presa derivadora y conduce el agua a lo largo de 3.5 Kms. en una toma de ladrillo revestida de cemento, diseñada para conducir  $0.1 \text{ M}^3/\text{seg}$ . Varios parcelamientos llevados a cabo en la cuenca del mencionado río, han causado ostensible merma en el caudal que se deriva, pues son múltiples los usuarios que interceptan el agua antes de su llegada a la presa. A 3 Kms. de donde se llevó a cabo el experimento, funciona también la Unidad de Riego denominada Lo de Ramírez.

### 5.2) Aspectos Agronómicos

#### 5.2.1) Cultivo evaluado

Se hizo el experimento con el cultivo de Cebolla (Allium cepa L.) variedad Chata Mexicana, por ser ésta la variedad mas cultivada en la zona (90%). Cabe mencionar que al momento es el cultivo ubicado en el segundo lugar de importancia económica.

Se hizo el semillero el 18 de octubre de 1983, se sembraron un total de 4 onzas de semilla en un área de  $10 \text{ M}^2$ , proporcionándole los cuidados necesarios como riego y limpias manuales así como periódicas aspersiones con pesticidas para el control de plagas y enfermedades, ésta etapa duró un total de 42 días.

El trasplante se realizó el primero de diciembre de 1983, dicha actividad se hizo colocando las plantas en surcos con pendiente de 0.5%, distanciados 0.5 M. y sobre el surco se colocó una planta a cada 0.1 M. lo cual dá una densidad de siembra de 200,000 plantas/Ha.

En las figuras 1 y 2 se muestra una sección transversal de como quedaron las plantas en los surcos y un plano de la unidad experimental individual con sus dimensiones.

En el campo definitivo, se efectuaron todas las labores culturales en la forma que se llevan a cabo tradicionalmente en la región.

#### 5.2.2) Método de riego empleado

Se utilizó el método de riego por surcos, desviando el agua de la toma principal mediante una toma secundaria que conducía el agua hasta una esquina del experimento; ésta toma se revistió con nylon para evitar infiltración, así mismo se revistieron todas las tomas que se mencionan a continuación.

La toma secundaria se hizo pasar por un costado del experimento y de la misma se sacaron tomas terciarias, una para cada repetición.

De las tomas terciarias se sacó el agua para cada unidad experimental mediante el uso de tubos de poliducto de 2" de diámetro, que se sujetaron al nylon en el fondo de la toma, qudando fijos pues estaban enterrados. La longitud de los tubos era de 0.6 M y poseían a su entrada un tapón de madera que se

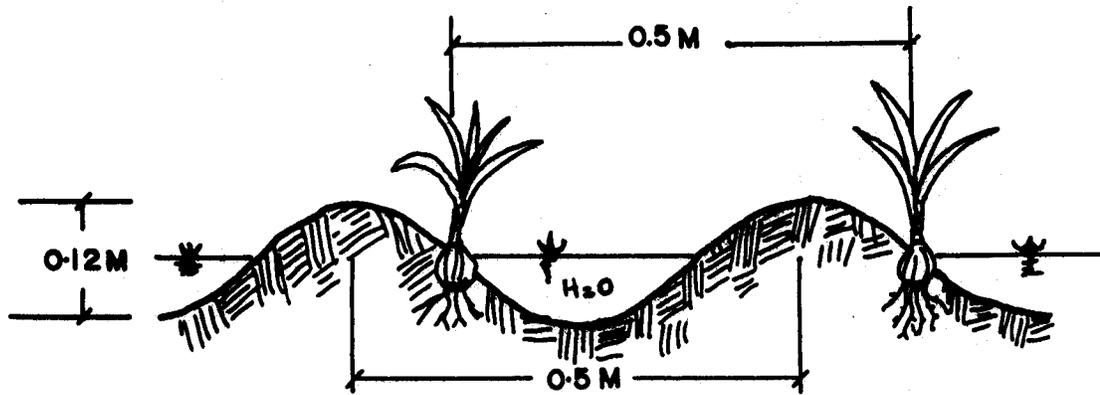


FIGURA 1. SECCION TRANSVERSAL DE LOS SURCOS

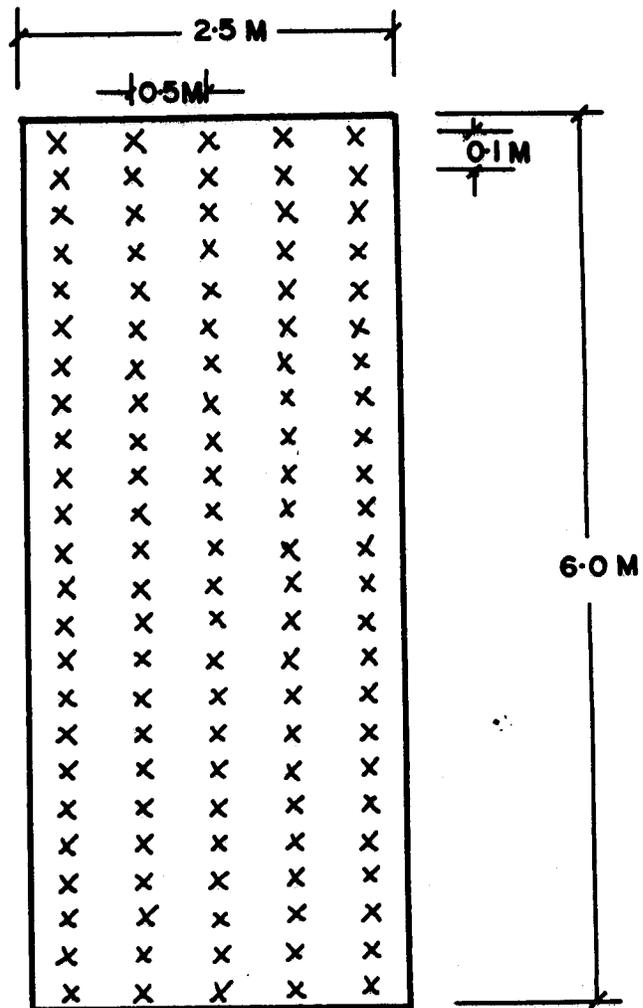


FIGURA 2. PARCELA INDIVIDUAL

quitaba solo cuando se regaba la unidad experimental.

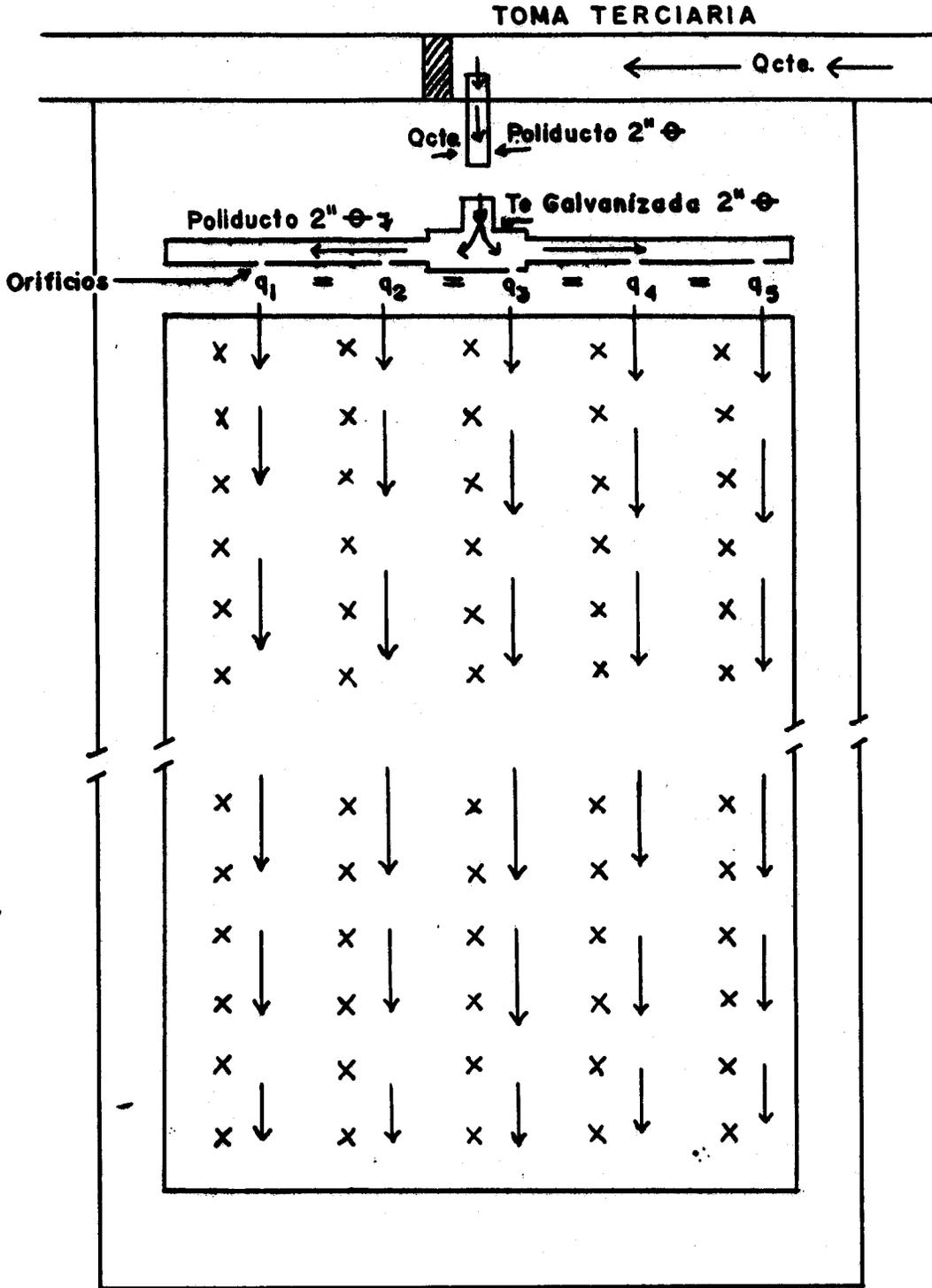
Para desviar toda el agua que se condujo por las tomas terciarias a la unidad experimental, se utilizaron bolsas de nylon llenas de tierra.

Para regar todos los surcos de cada unidad experimental (5 en total) se hizo uso de un instrumento diseñado por el autor, que distribuye el caudal entre todos los surcos simultáneamente, como puede verse en la figura 3.

En la intersección de las tomas terciarias con la toma secundaria, se construyeron cajas con una salida de agua para la toma terciaria mediante secciones de tubo de poliducto de 2" de diámetro y 4" de longitud que mantienen encima un tirante constante mediante un rebalse a manera de vertedero que permite que los excesos de agua continúen por la toma secundaria. Esto dá un caudal conocido y constante en las tomas terciarias; de acuerdo a éste, se calcula el tiempo de riego de cada unidad experimental de acuerdo a sus requerimientos. La figura 4 ilustra lo dicho.

### 5.2.3) Criterios para aplicar los riegos

El intervalo de riego medio en la zona es de 4 días, considerándose muy corto, por lo que se ensayó con ese mismo como testigo y se probaron otros intervalos de 8, 12, 16, 20 y 24 días, asignando las letras F-4 al de 4 días, F-8, F-12, F-16, F-20 y F-24 a los otros respectivamente.



**FIGURA 3. APLICACION DEL AGUA**

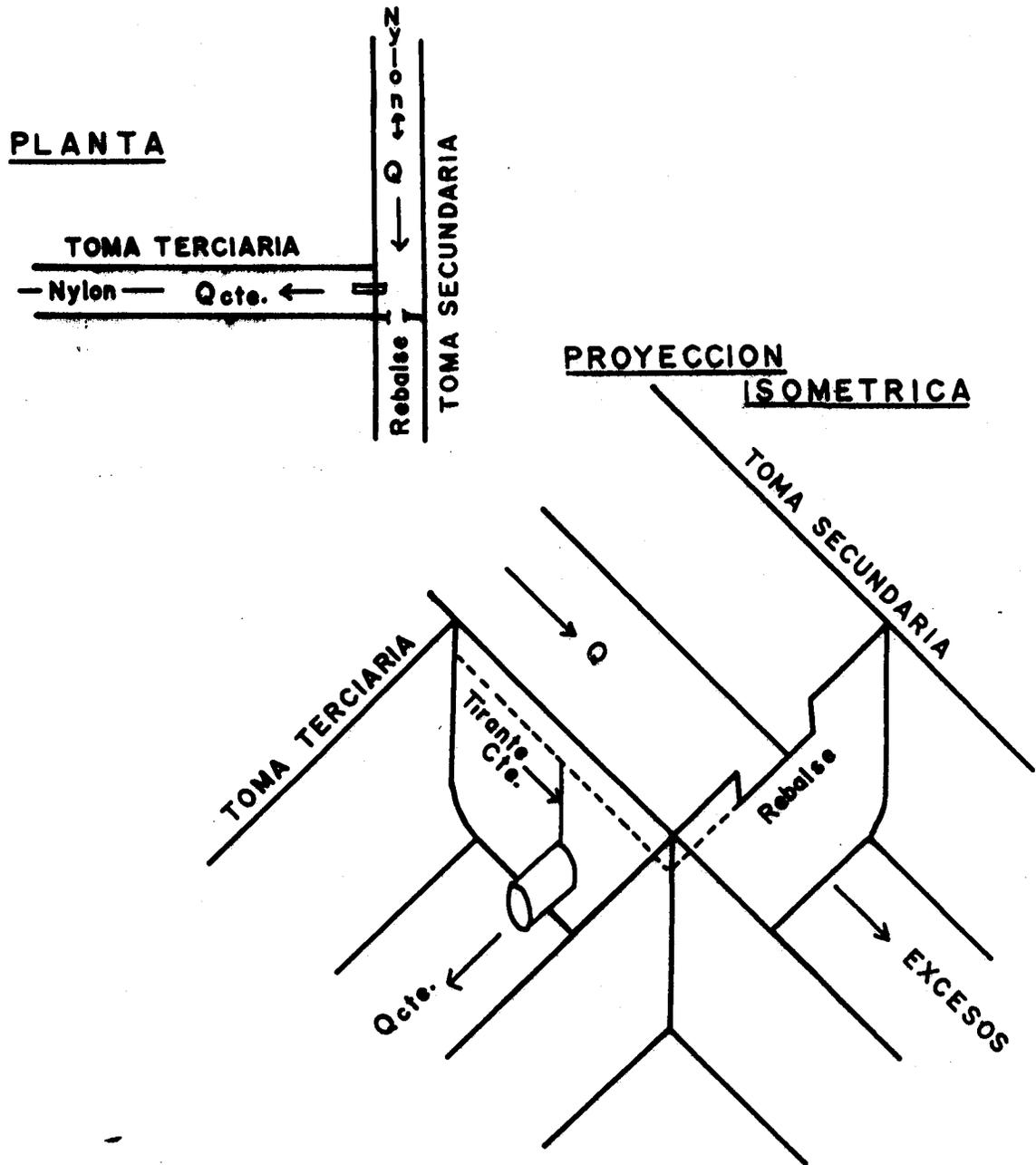


FIGURA 4. ESTRUCTURAS PARA LOGRAR UN CAUDAL CONSTANTE DE LAS TOMAS SECUNDARIAS A LAS TERCIARIAS.

### 5.3) Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo

#### 5.3.1) Determinaciones Físicas

Para éstas determinaciones se tomaron varias sub-muestras en el área experimental, las que se homogenizaron y se sacó una sola muestra, enviándola al Laboratorio de Suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA). Las características físicas determinadas fueron: Textura, Capacidad de Campo (Humedad Equivalente), Punto de Marchitez Permanente (Coeficiente Higroscópico) y Densidad Aparente.

En cuanto a Capacidad de Campo y Densidad Aparente se hicieron también pruebas de campo, cuyos resultados fueron diferentes de los reportados por el Laboratorio. Se tomaron finalmente los datos de campo por considerarlos mas convenientes para los fines del experimento. Los datos de textura del Laboratorio, Capacidad de Campo, Densidad Aparente determinados en el campo, se muestran en el Cuadro 1. Referente al punto de Marchitez Permanente se adoptó como criterio determinarlo tomando un porcentaje del valor de la Capacidad de Campo.

Cuadro 1. Propiedades Físicas del Suelo.

Muestra (Cms)	Laboratorio		Campo	Calculado
	Textura	C.C. (%)	D.a (%)	P.M.P.
0-30	Franco arcilloso	21.74	1.265	10.00

### 5.3.2) Determinaciones Químicas

En cuanto a estas, únicamente se muestreó con fines de fertilidad, el análisis fué realizado por el Laboratorio de Suelos de El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas --- (ICTA). Los resultados se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados del Análisis Químico del Suelo

Muestra No.	Estrato (cms)	P.H.	Microgramos / ml		Meq/100 ml de suelo	
			P.	K	Ca	Mg.
1	0-30	6.8	50	443	18.45	4.23

### 5.4) Manejo del Experimento

#### 5.4.1) Control de la Humedad del Suelo y aplicación de Riegos

Al principio, inmediatamente después del trasplante se regó uniformemente todo el experimento para proporcionarles a las plantitas las condiciones más adecuadas para que se establecieran, esto por un término de 18 días. Ya establecida la plantación se empezó a trabajar cada tratamiento en forma individual, regando con el intervalo que le correspondía. El Calendario de riegos puede verse en el Cuadro 16 del apéndice.

Para determinar la humedad que tenía el suelo se empezó con la toma de muestras, tomándose las mismas antes de regar para saber cuanta agua se había consumido y así poder determinar la cantidad de agua a reponer. Luego se tomaron muestras después del riego para verificar si el suelo había llegado a Capacidad de Campo, tomándose este mismo porcentaje de humedad

como punto de partida para el siguiente período (según el tratamiento).

Para la toma de las muestras, se contó con el auxilio de un barreno tipo gusano. Las mismas se hicieron en un espesor de 30 cm por encontrarse aquí concentradas en un 100 por ciento las raíces de la cebolla. El gusano del barreno utilizado mide 20 cm por lo que en el punto a muestrear se tomó la muestra en dos partes, extrayendo primero una capa de 20 cm y luego otra de 10 cm en el mismo agujero dejado en la primera perforación, para profundizar hasta 30 cm. Del suelo extraído se tomó solo la mitad (a lo largo de todo el gusano) para tener una muestra representativa de los 30 cm; se colocó en cajas de aluminio, dando un peso promedio neto de 100 gramos, el que se determinó con una balanza eléctrica con una precisión de centésimos de gramo; el porcentaje de humedad se obtuvo empleando el método gravimétrico.

Por cada unidad experimental se tomaron dos muestras localizadas al azar dentro de la parcela útil, esto en las 4 repeticiones y según el tratamiento. Se trabajaron por separado las muestras de cada unidad experimental, sacando después un promedio del porcentaje de humedad de ambas y finalmente un promedio de las 4 unidades experimentales pertenecientes a cada tratamiento, según el calendario ya mencionado.

Siguiendo con este procedimiento se pudo obtener la evaporación para un período determinado y la total del cultivo.

vo de la siguiente manera:

- a) Se calcularon los porcentajes de humedad después de un riego y antes del siguiente.
- b) Se aplicó la ecuación para determinar la lámina de agua consumida en un período (4, 8, 12, 16, 20 o 24 días) según el tratamiento, dicha ecuación se detalla a continuación:

$$Li = \frac{Psi}{100} \times Dap. \times Pr$$

Donde:

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

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

Dap.= Densidad aparente (gr/cc)

Pr.= Profundidad radicular (30 cm .)

La evapotranspiración total se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$E_t = \sum_{i=1}^n Li$$

Para determinar la cantidad de agua a aplicar o lámina de auxilio, se utilizó la fórmula siguiente:

$$La = \frac{(Pscc - Psar) \times Dap \times Pr.}{100}$$

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  
Dap = Densidad aparente (gr/cc)  
Pr = Profundidad de la zona radicular (30 cm )

Para calcular el volumen de agua que se aplicaría en cada riego, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol} = A \times La \times 1000$$

Donde:

Vol = Volumen de agua requerido (litros)  
A = Area de cada unidad experimental (M<sup>2</sup>)  
La = Lámina de auxilio (M)  
1000 = Constante que transforma M<sup>3</sup> a litros

Conociendo el caudal de entrada a cada toma terciaria, que en su momento sería desviado todo a una unidad experimental, se calculó el tiempo de riego para cada parcela mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tr} = \frac{\text{Vol}}{Q \times 60}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (minutos)  
Vol = Volumen de agua requerido (litros)  
Q = Caudal de entrada (Lts/seg)  
60 = Constante que transforma segundos a minutos

#### 5.4.2) Diseño Estadístico

El terreno utilizado tiene unapendiente de 2.5 porciento en el sentido este-oeste, por lo que se consideró conveniente

utilizar el diseño experimental Bloques al Azar, con 6 tratamientos (F-4, F-8, F-12, F-16, F-20 y F-24) y 4 repeticiones (1, 2, 3 y 4).

El modelo matemático para el diseño utilizado es:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta de la  $i$ ,  $j$ -ésima unidad experimental.

$M$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $i$ ,  $j$ -ésima unidad experimental

$i$  = F-4, F-8, F-12, F-16, F-20 y F-24

$j$  = 1, 2, 3 y 4

Para la comparación múltiple de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Para la comparación de la evapotranspiración medida en el campo con la obtenida por medio de la fórmula de Hargreaves modificada, se utilizó la Prueba de Medias Apareadas, además se efectuó un análisis de correlación usando los modelos matemáticos: Lineal, Geométrico, Logarítmico y Cuadrático.

#### 5.4.3) Area del experimento y su descomposición

$$\text{- Area Total} = 867 \text{ M}^2$$

- Area neta = 360 M<sup>2</sup>
- Area por unidad experimental = 15 M<sup>2</sup>
- Area útil por unidad experimental = 7.5 M<sup>2</sup>
- Dimensiones de la unidad experimental = 6 x 2.5 M.
- Dimensiones de la parcela útil = 5 x 1.5 M.
- Número de unidades experimentales = 24
- Distancia entre unidades experimentales = 1.5 M.
- Distancia entre bloques = 2 M
- Número de surcos por unidad experimental = 5
- Densidad de siembra: 300 plantas/parcela neta  
150 plantas/parcela útil

En la figura 5 puede verse el plano del diseño de campo con la asignación aleatoria de tratamientos a cada unidad experimental, además la ubicación de toda la infraestructura (obras de arte) para la aplicación de los riegos.

#### 5.4.4) Variables respuesta

- a) Rendimiento en Kg/Ha. de bulbos de cebolla
- b) Rendimiento en Kg/Ha. de plantas completas
- c) Número de plantas vivas por parcela útil, al final del tratamiento.

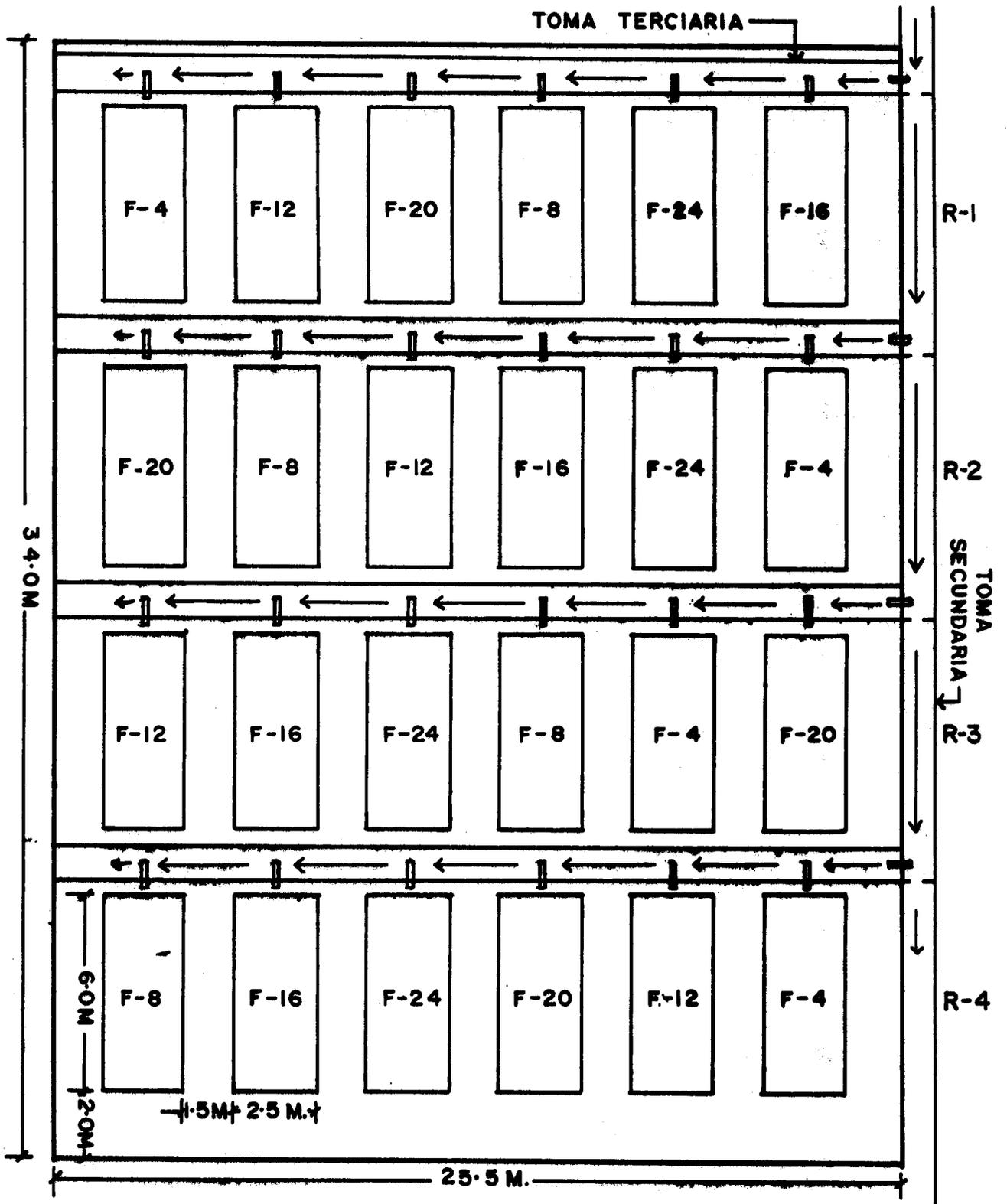


FIGURA 5. PLANO DEL EXPERIMENTO ó INFRAESTRUCTURA DE RIEGO.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el presente experimento y la discusión de los mismos, separándose en dos grandes partes: En primer lugar se encontrarán los resultados y análisis respectivos de las variables respuesta en las cuales se apoyó el experimento. En la segunda parte se hace un enfoque sobre el uso del agua por las plantas en los diferentes tratamientos y su comparación con los resultados obtenidos en base a la fórmula de Hargreaves modificada.

### 6.1) Variables Respuesta

A continuación en el Cuadro 3 se presentan resumidamente los resultados obtenidos.

Cuadro 3. Resultados promedio de las diferentes variables respuesta por tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento en T.M./Ha.		Número de Plantas vivas por parcela útil al final
	Bulbos	Plantas completas	
F-4	25.567	51.433	150
F-8	29.767	54.733	150
F-12	25.233	41.567	150
F-16	25.300	39.267	150
F-20	21.267	31.667	150
F-24	17.700	25.367	150

### 6.1.1) Rendimiento en T.M./Ha de bulbos

Los rendimientos en peso de bulbos para cada tratamiento, cada repetición, totales y promedio, se presentan en el cuadro 10 del apéndice.

Se observa que el promedio más alto fué obtenido por el tratamiento F-8, seguido del F-4, F-16, F-12, F-20 y F-24.

Según el Análisis de Varianza que se registra en el cuadro 11 del apéndice, existe diferencia significativa (5% de significancia) entre tratamientos. Se realizó una Prueba de Tukey para establecer la media más conveniente, encontrándose que estadísticamente los tratamientos F-4, F-8, F-12, F-16 son iguales, lo que en otros términos equivale a decir que para la obtención de bulbos de cebolla dá igual regar a cada 4, 8, 12 ó 16 días.

El promedio de rendimiento nacional, oscila alrededor de las 20 toneladas Métricas por Hectárea de bulbos de cebolla. Comparando dicho promedio con los obtenidos en éste experimento, puede observarse que sólo el tratamiento más seco (F-24) no lo alcanzó; ésto viene a secundar la conclusión extraída del análisis estadístico y aún más, da margen todavía a incluir como adecuado el tratamiento F-20 o sea el riego a cada 20 -- días.

### 6.1.2) Rendimiento en T.M./Ha. de plantas completas

Los rendimientos en peso de plantas completas para cada tratamiento, cada repetición, totales y promedio, se presentan en el Cuadro 12 del apéndice.

El promedio más alto fué obtenido por el tratamiento F-8, seguido por el F-4, F-12, F-16, F-20 y F-24.

Según el Análisis de Varianza que se registra en el Cuadro 13 del apéndice, existe diferencia significativa (5% de significancia) entre tratamientos. Se realizó una Prueba de Tukey para establecer la media más conveniente, encontrándose que estadísticamente los tratamientos F-4 y F-8 son iguales, lo que nos indica que para producir plantas completas de cebolla dá igual regar a cada 4 o cada 8 días.

La Variedad Chata Mexicana, generalmente se comercializa en verde o sea que se vende la planta completa; y si bien es cierto que un tallo suculento llama la atención, es mucho más importante un bulbo bien desarrollado, es aquí donde viene a relucir otro aspecto desde el punto de vista riego y es que los tratamientos F-12 y F-16 se vieron afectados en su rendimiento por la escasez de agua pero solo en su parte aérea, no así en su bulbo que como ya se comentó en el inciso anterior dichos tratamientos produjeron igual a los húmedos.

### 6.1.3) Número de plantas vivas por parcela útil al final

Referente a esta variable respuesta, sólo puede decirse que aún en los tratamientos más secos (F-20 y F-24) no hubo -

mortalidad, lo que refleja la gran resistencia de la cebolla a la sequía. Los resultados se registran en el resumen presentado en el Cuadro 3.

## 6.2) Consumo de agua

En esta parte se incluyen los aspectos más relevantes de lo que fué el consumo de agua del cultivo durante todo su ciclo, para cada uno de los tratamientos a que se sometió.

### 6.2.1) Número de riegos, láminas parciales y totales aplicadas para los seis tratamientos.

En el cuadro 14 del apéndice puede apreciarse la lámina de agua aplicada en cada riego, lámina aplicada durante el período de establecimiento y la total que es equivalente a la evapotranspiración del cultivo durante todo su ciclo. Cabe hacer notar una marcada tendencia de aumento de las láminas aplicadas en cada riego conforme el avance del ciclo del cultivo, a excepción del tratamiento F-24 en el que la lámina aplicada en el último riego es mucho menor que la penúltima, esto se debe a que por la sequía a que se sometió el cultivo en dicho tratamiento, el mismo alcanzó su madurez fisiológica con anticipación reduciendo así su consumo de agua.-

En el cuadro 4 se presenta en resumen el número total de riegos por tratamiento, la lámina de agua aplicada, a la que adicionándole la lámina evapotranspirada durante el establecimiento, nos dá la lámina total aplicada. Puede notarse una ostensible reducción de la lámina total aplicada conforme se alarga el

intervalo de riego, en todos los casos sin excepción; esto es - de esperarse ya que las plantas al disponer de más agua tenderán a consumir más.

Cuadro 4 Número de riegos y lámina total aplicada para los seis tratamientos.

Tratamiento	Número de riegos	Lámina aplicada ( cm )	Lámina aplicada durante el establecimiento.*	Lámina total aplicada ( cm )
F-4	17	24.220	2.575	26.795
F-8	9	19.893	2.575	22.468
F-12	6	16.383	2.575	18.958
F-16	5	15.496	2.575	18.071
F-20	4	12.132	2.575	14.707
F-24	3	10.350	2.575	12.925

\* En éste período todas las unidades experimentales se regaron por igual, la lámina que se registra fué calculada proyectando hacia atrás la curva de evapotranspiración acumulada del tratamiento más húmedo.

#### 6.2.2) Control del suministro de agua al cultivo

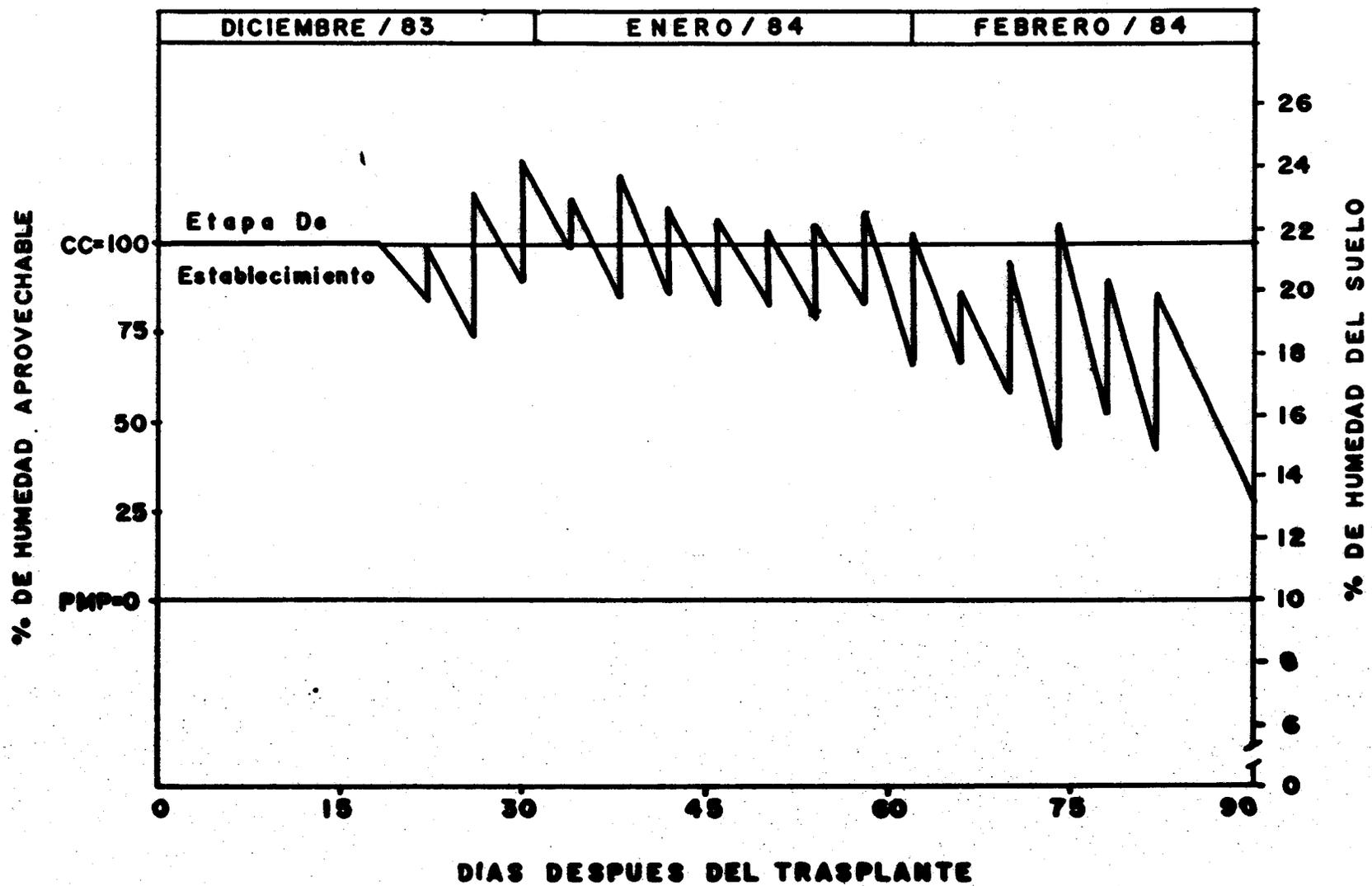
Se trata aquí de hacer un enfoque del esfuerzo de tensión de humedad a que se sometió el cultivo en los diferentes tratamientos.

En las figuras 6 al 11, se grafican el contenido de humedad del suelo y el porcentaje de humedad aprovechable, contra el tiempo. Las constantes de humedad del suelo son: Capacidad de Campo: 21.74 y Punto de Marchitez Permanente: 10 por ciento. Los primeros 18 días corresponden al período de establecimiento en donde se trató de mantener el suelo a Capacidad Campo para obtener el mayor porcentaje de pegue posible, por lo tanto en las figuras éste período se grafica con una línea recta que coincide con la línea de Capacidad de Campo.

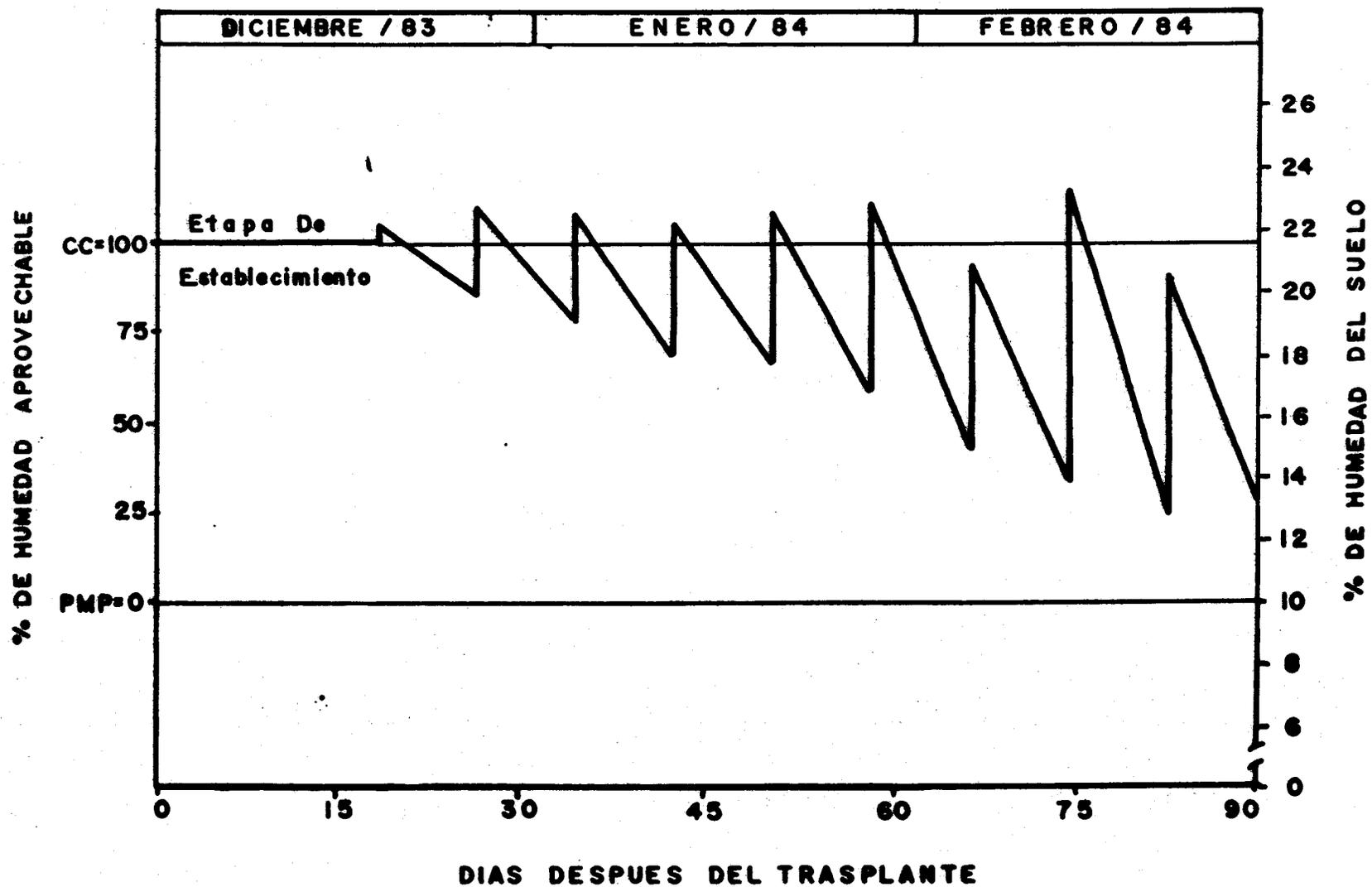
La figura 6 corresponde al tratamiento F-4, en el cual en los primeros dos meses, la humedad aprovechable no descendió a menos del 75 por ciento y con cada riego siempre se rebasó el límite de Capacidad de Campo. En el último mes de tratamiento el descenso de la humedad aprovechable se aproxima a un 25 por ciento y tan solo en una oportunidad al regar se rebasó el límite de Capacidad de Campo.

La figura 7 corresponde al tratamiento F-8, aquí en los primeros 60 días, la humedad del suelo bajó a 60 por ciento de la humedad aprovechable, en el último mes, se llega incluso a rebasar el 25 por ciento.

La figura 8 corresponde al tratamiento F-12, en éste se nota que en los primeros 50 días después del trasplante, la humedad aprovechable se utilizó hasta los límites de un 48 por ciento, de ahí en adelante se llegó hasta un 20 por ciento.



**FIGURA 6. CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO F-4**



**FIGURA 7. CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO F-8**

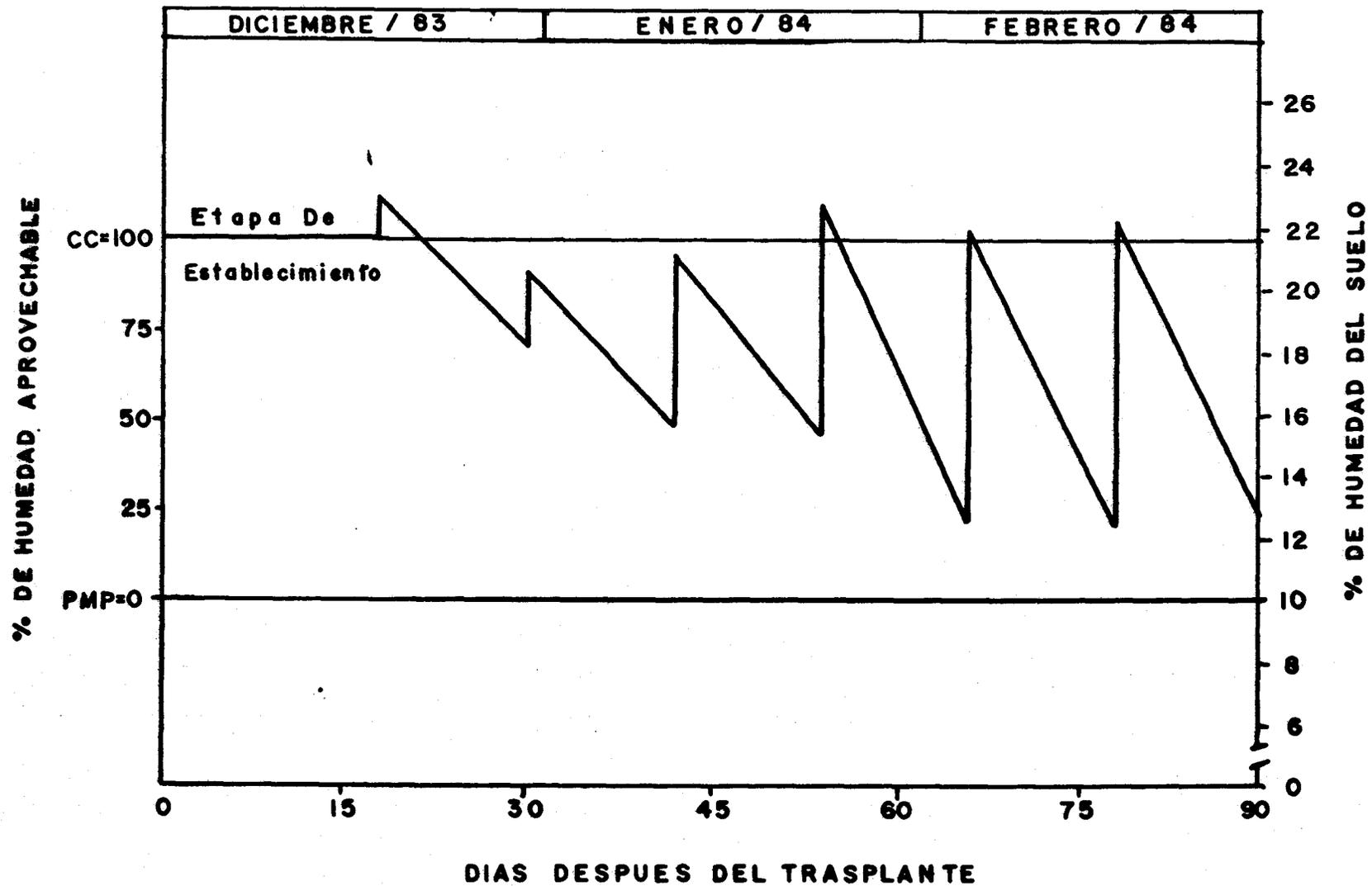


FIGURA 8. CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO F-12

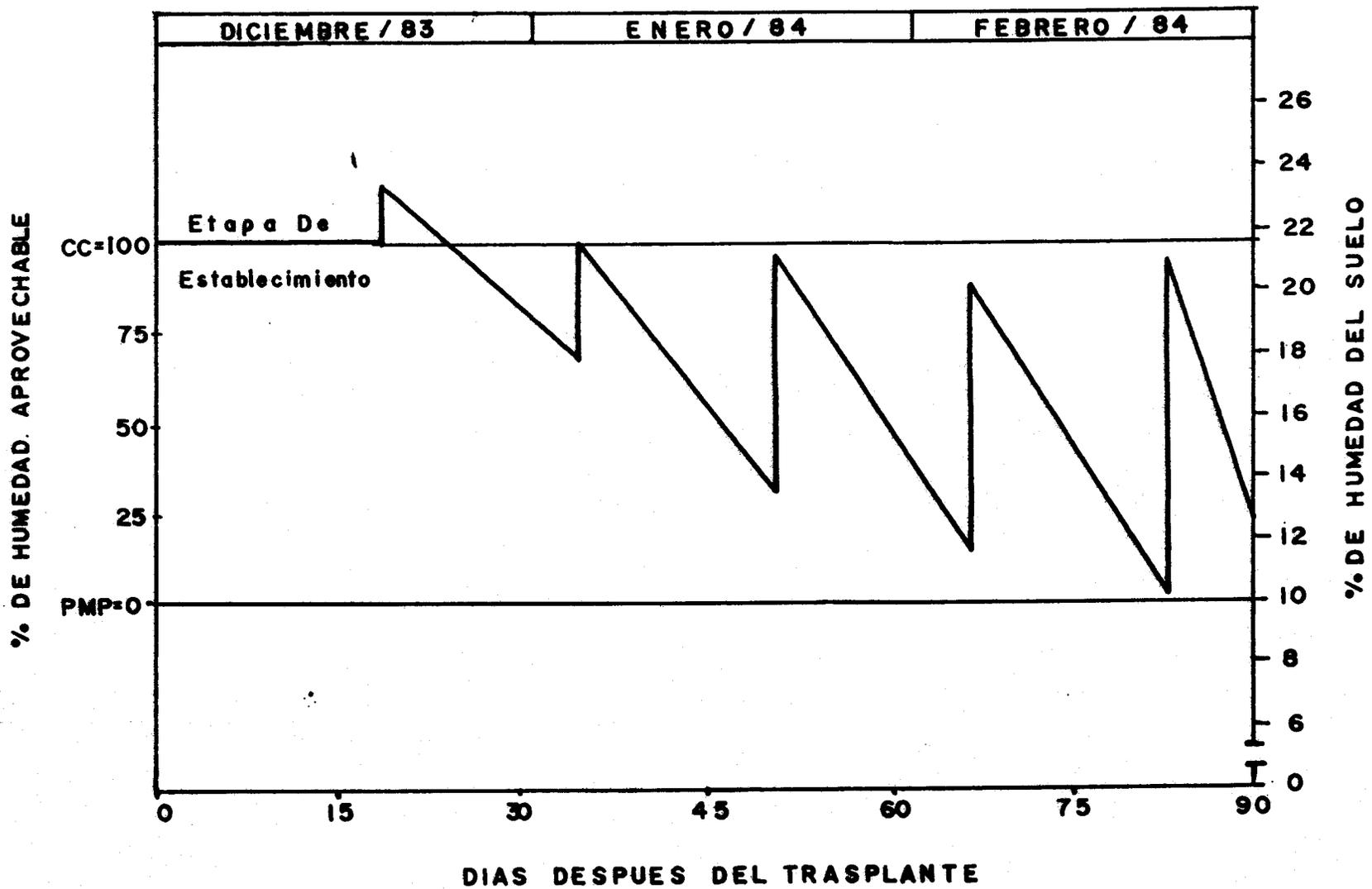


FIGURA 9. CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO F-16

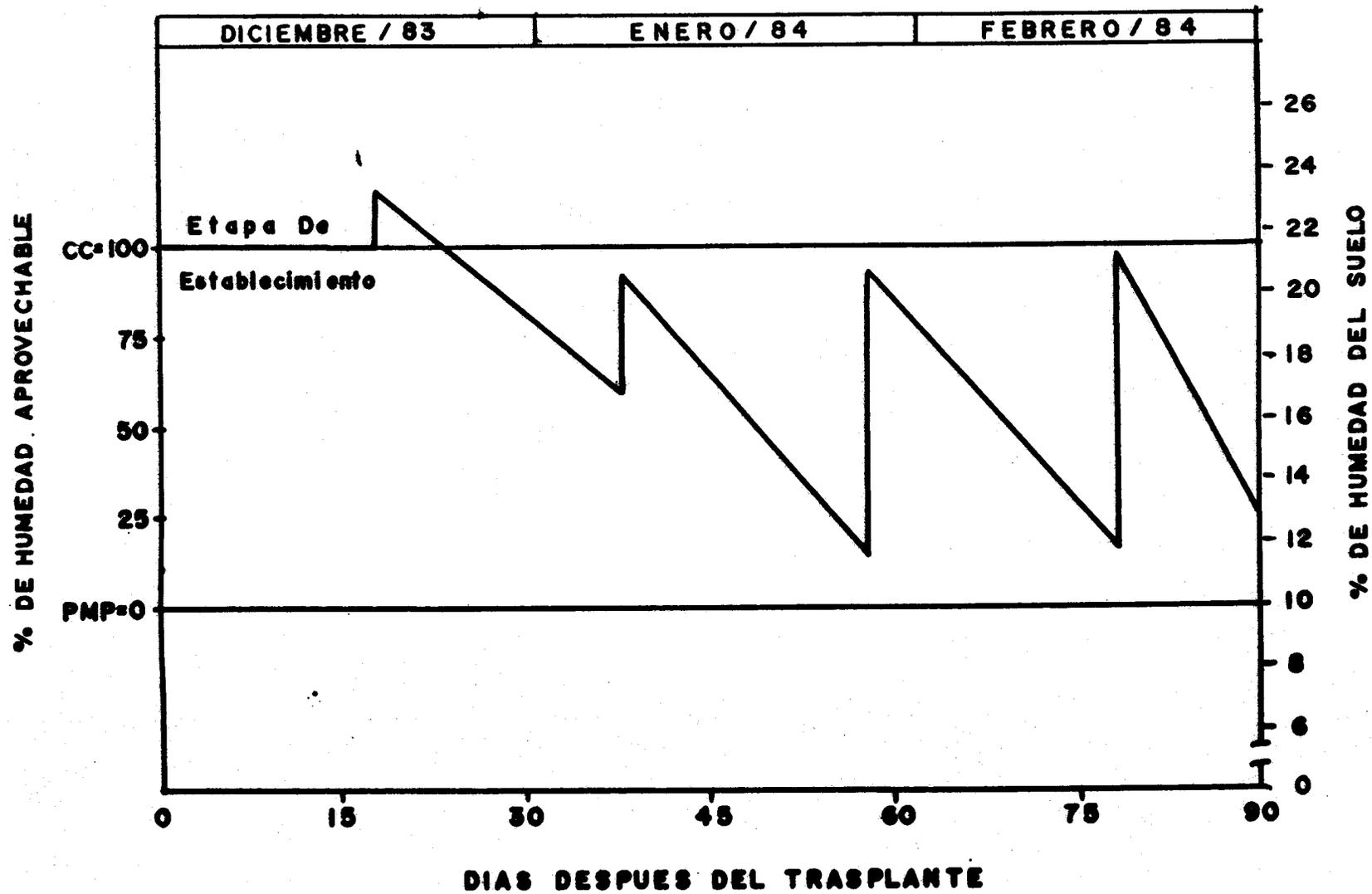


FIGURA 10. CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO F-20

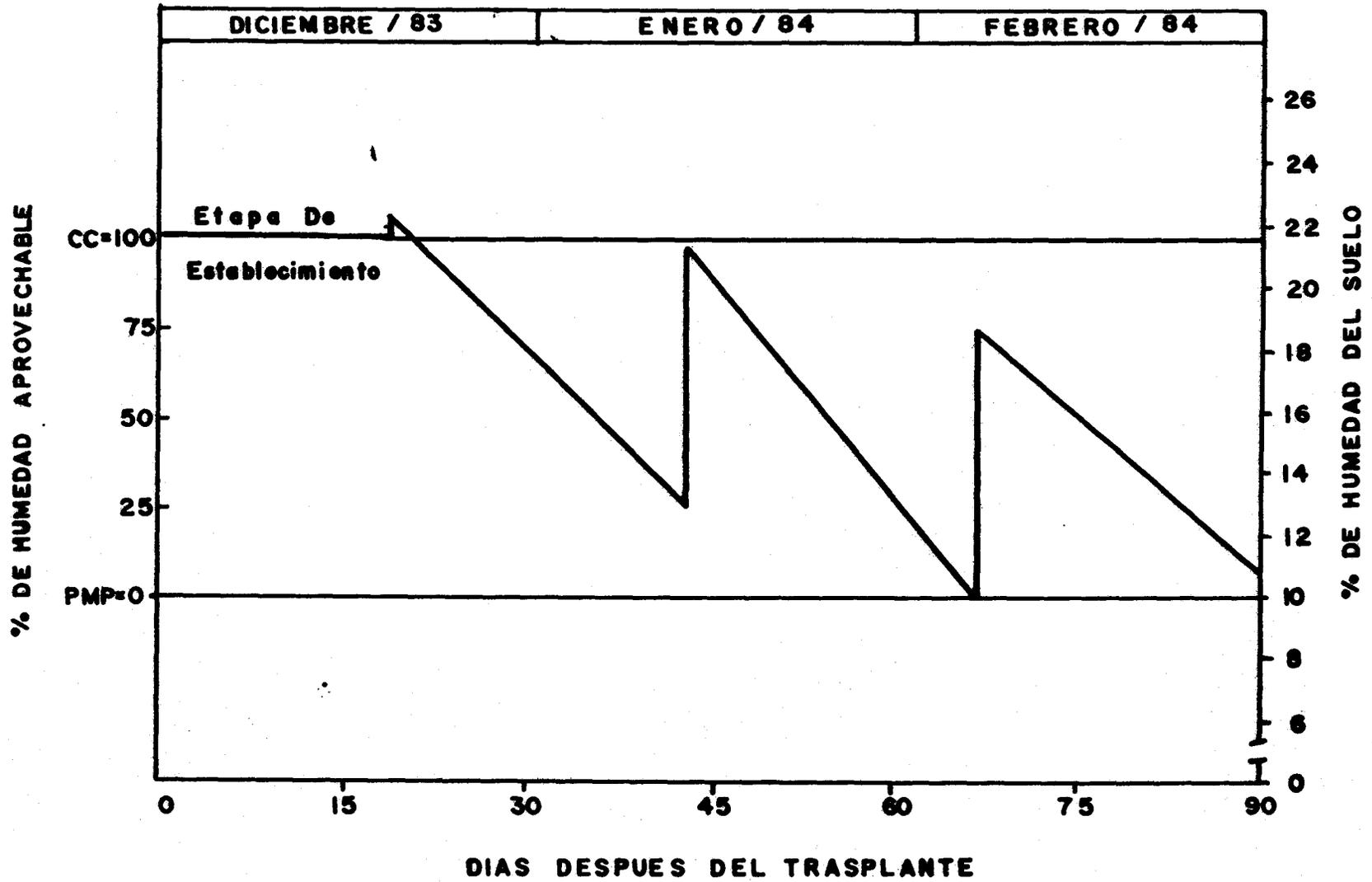


FIGURA II. CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO F-24

La figura 9 corresponde al tratamiento F-16, durante los primeros 50 días la humedad aprovechable descendió hasta un 30 por ciento, de ahí en adelante, a la altura del día 79 se aproximó al 0 por ciento.

Haciendo una pausa, e integrando aquí lo que fué el rendimiento, vale la pena recordar que para producir bulbos de cebolla, estadísticamente no hay diferencia significativa entre los tratamientos F-4 hasta el F-16; si notamos, en el F-16 casi se llegó a utilizar la humedad aprovechable en un 100 por ciento, lo que se contrapone con lo mencionado en la revisión de literatura en donde se dice que para no afectar la tasa de evapotranspiración y por ende el rendimiento de cebolla, no se debe consumir mas del 25 por ciento de la humedad aprovechable del suelo.

La figura 10 corresponde al tratamiento F-20, en este, en los primeros 36 días la humedad aprovechable solo descendió a un 56 por ciento, en el período restante la misma descendió hasta un 12 por ciento.

La figura 11 es la representación gráfica de como se mantuvo la humedad en el tratamiento F-24, en el cual en los primeros 39 días la humedad aprovechable bajó hasta un 25 por ciento, el día 67 se dió el caso de tocar el punto de Marchitez Permenente; en el período siguiente se tenía la misma tendencia de no haber sido la finalización del tratamiento.

Si bien es cierto que en los tratamientos F-20 y F-24 la producción de cebolla en bulbo fué mucho más reducida, la misma

aún está dentro de los límites mínimos exigidos para obtener una rentabilidad satisfactoria, pues como quedó anotado anteriormente el promedio de producción nacional es de 20 T.M./Ha. y hay que tomar en cuenta la gran economía de esfuerzos que conlleva un cultivar en estas condiciones. Otro aspecto importante es - que no murió ninguna planta aún en estas condiciones.

### 6.2.3) Comparación de la Evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada.

En el Cuadro 15 del apéndice, se encuentra el cálculo de la evapotranspiración total del cultivo por medio de la fórmula de Hargreaves modificada, dividido todo el ciclo en semanas, totalizando una lámina de agua de 25.97 cm

En el Cuadro 5 se registra la evapotranspiración total para cada uno de los seis tratamientos y la calculada por medio de la fórmula de Hargreaves modificada. A simple vista puede observarse una gran similitud entre el consumo total obtenido en el tratamiento F-4 y la mencionada fórmula. Esto mismo puede observarse en la Figura 12 donde se grafica la evapotranspiración acumulada de cada uno de los seis tratamientos y la calculada por la fórmula; se nota claramente como la tendencia de las curvas es la misma. Los demás tratamientos llevan la tendencia de bajar conforme avanza el ciclo, esto es razonable si se considera el régimen de agua a que se sometió el cultivo en los mismos.

Cuadro 5. Evapotranspiración total para los seis tratamientos y la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada.

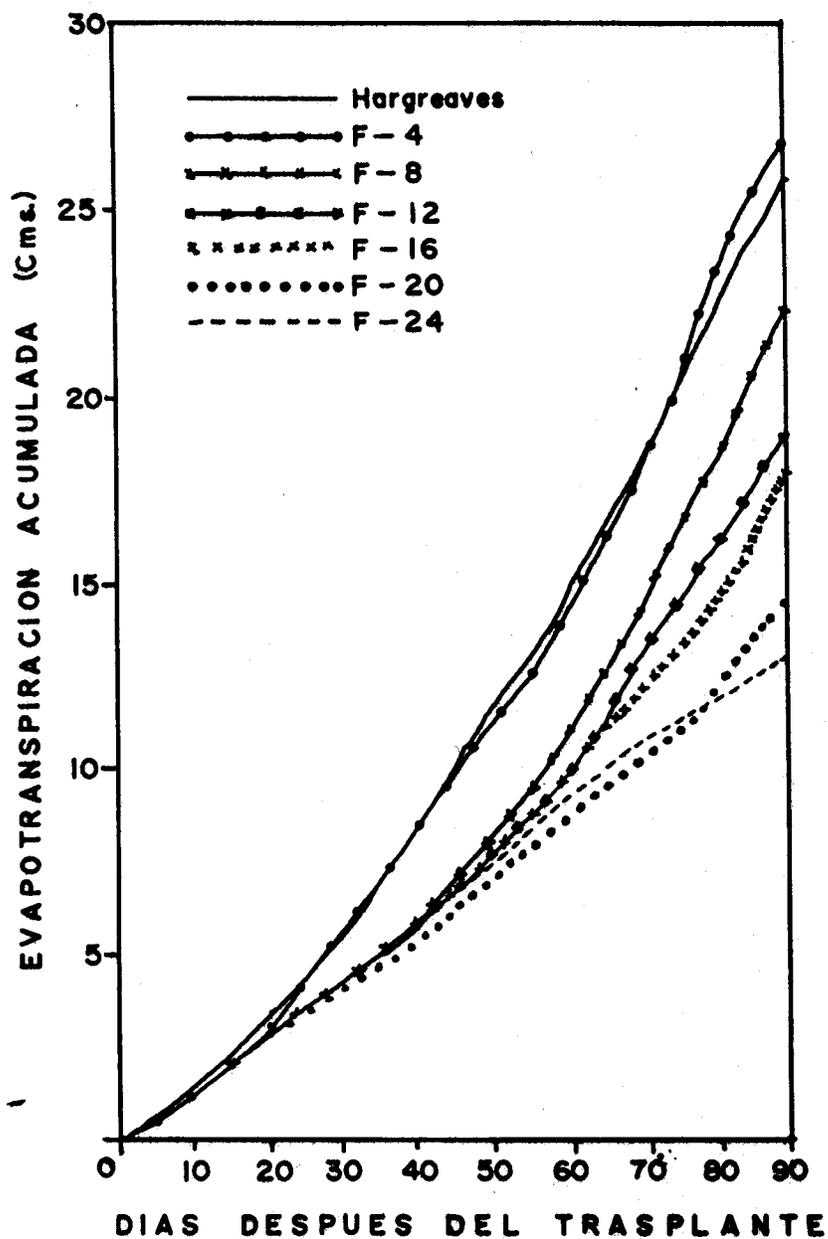
Tratamientos	Evapotranspiración total (cm.)
F-4	26.795
F-8	22.468
F-12	18.958
F-16	18.071
F-20	14.707
F-24	12.925
Hargreaves	25.971

En el Cuadro 6 se consignan las tasas de evapotranspiración semanal para los seis tratamientos y Hargreaves modificada. En el mismo puede notarse la igualdad en las tasas iniciales de los tratamientos, pero es debido a que corresponden a la etapa de establecimiento donde todas las unidades experimentales se regaron por igual. Así mismo se encuentran en algunos tratamientos semanas con el mismo consumo, esto se debe a que el consumo total para un período (8, 12, 16, 20 o 24 días) se distribuyó en varias semanas para obtener la tasa semanal.

Se hicieron pruebas de "t" de medias apareadas para establecer la igualdad entre las tasas de evapotranspiración semanal para cada tratamiento con respecto a la tasa calculada por Hargreaves modificada, llegando a la conclusión de que sólo son

Cuadro 6. Valores de evapotranspiración semanal para cada uno de los tratamientos y Hargreaves modificada.

Semana No.	Tratamientos						Hargreaves. (mm)
	F-4 (mm)	F-8 (mm)	F-12 (mm)	F-16 (mm)	F-20 (mm)	F-24 (mm)	
1	7.37	7.37	7.37	7.37	7.37	7.37	9.70
2	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88	11.86
3	12.91	10.65	11.92	11.35	11.08	11.77	13.52
4	18.84	8.54	10.31	9.00	8.31	9.97	15.98
5	17.98	11.94	10.45	9.56	8.31	9.97	16.79
6	22.01	14.80	10.51	12.94	10.14	9.97	21.65
7	18.93	14.64	12.13	12.94	11.50	12.03	21.57
8	17.45	17.93	14.92	15.24	11.50	12.03	20.66
9	26.42	23.44	21.90	15.63	11.40	12.03	24.39
10	23.83	23.62	20.98	15.93	11.36	9.83	26.65
11	39.42	27.26	20.28	16.16	11.36	8.19	27.93
12	32.50	31.57	20.41	19.58	17.74	8.19	27.43
13	19.41	22.04	17.52	24.13	16.12	7.02	21.58



**FIGURA 12. EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA PARA LOS SEIS TRATAMIENTOS Y HARGREAVES.**

iguales las tasas del tratamiento F-4 y Hargreaves modificada.

Se hicieron además análisis de Correlación por los modelos Lineal, Geométrico, Logarítmico y Cuadrático con el objeto de determinar el modelo que explique en mejor forma la relación entre la tasa de evapotranspiración semanal de cada tratamiento y la tasa calculada por Hargreaves modificada. En el Cuadro 7 pueden verse los valores de "r" de los análisis de correlación.

Cuadro 7. Valores de "r" para los cuatro modelos utilizados en el análisis de correlación entre la evapotranspiración calculada por Hargreaves modificada y los seis tratamientos.

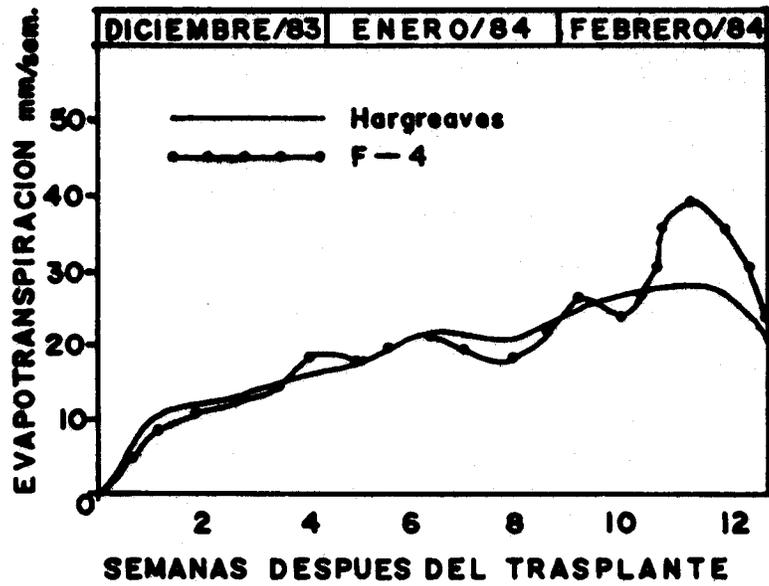
Tratamientos	Modelos			
	Lineal	Geométrico	Logarítmico	Cuadrático
	r	r	r	r
F-4	0.904	0.938	0.945	0.921
F-8	0.913	0.935	0.912	0.943
F-12	0.861	0.871	0.851	0.882
F-16	0.717	0.789	0.795	0.722
F-20	0.565	0.600	0.598	0.566
F-24	0.091	0.082	0.007	0.490

Es notoria en el Cuadro anterior la disminución de los valores de "r" conforme se prolongan los intervalos de riego; se chequearon estos valores y se determinó que desde el tratamiento F-4 al F-16 todos los modelos manifiestan una alta correlación.

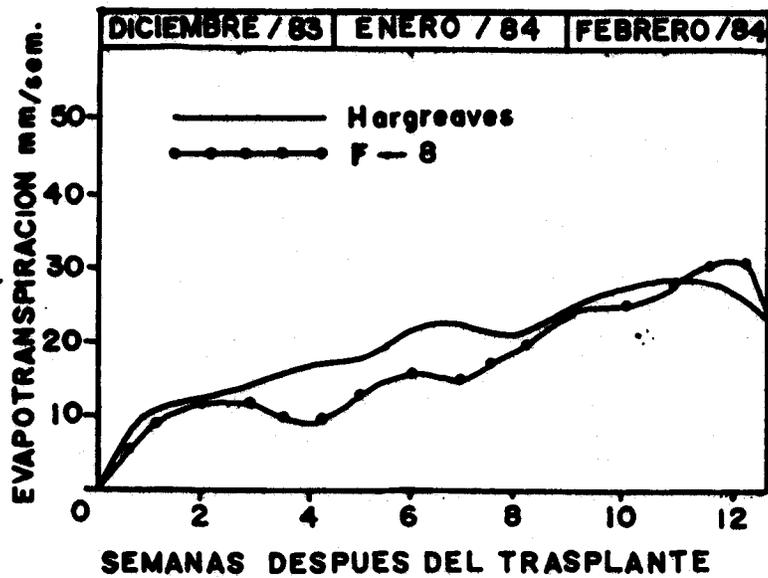
ción con el método de Hargreaves modificado, del F-20 queda ex-  
cento el modelo cuadrático y para el F-24 ninguno de todos dá  
indicios de que exista correlación. Para los tratamientos F-4  
y F-16 nos dá el más alto valor de "r" el modelo logarítmico -  
en tanto para el F-8 y F-12 es el cuadrático y para el F-20 el  
geométrico.

En las figuras del 13 al 18 se grafican una a una las ta-  
sas de Evapotranspiración semanal para cada tratamiento, en ca-  
da caso comparándolas con la curva de las tasas de evapotranspi-  
ración obtenidas por la fórmula de Hargreaves modificada. Aun y  
cuando en párrafos anteriores ya se analizaron estadísticamente  
estos valores, las gráficas mencionadas vienen a consolidar lo  
reflejado por dichos análisis, pues a simple vista se nota como  
las curvas de los tratamientos más húmedos se asemejan más a la  
curva de Hargreaves modificada, nó así los tratamientos secos cu-  
yas tasas difieren notoriamente.

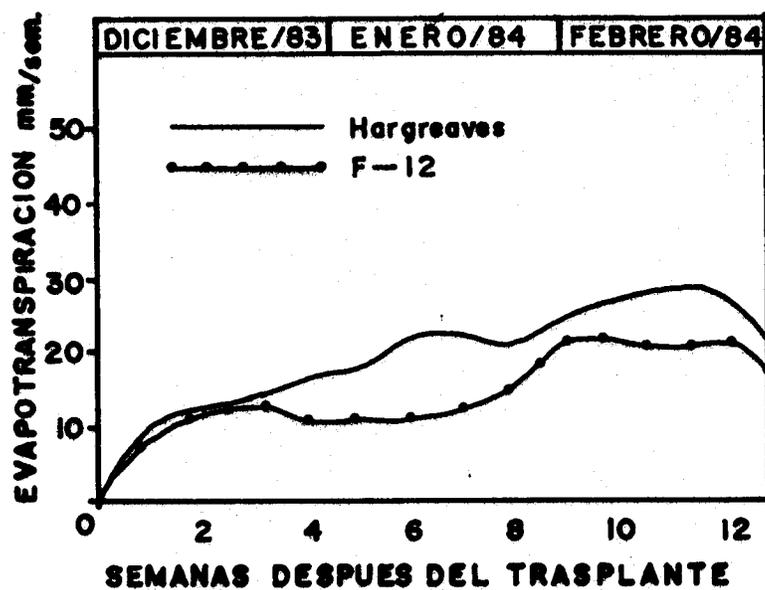
De todo el análisis anterior se concluye que la fórmula de  
Hargreaves modificada dá resultados de evapotranspiración total  
y tasa semanal iguales a los obtenidos en el tratamientos F-4.  
Las tasas de evapotranspiración semanal de los otros tratamien-  
tos correlacionan altamente con los resultados de las tasas de  
evapotranspiración de la fórmula, pero la lámina total evapo-  
transpirada es diferente, lo que se comprobó con la prueba de  
"t" de medias apareadas, esto significa que los modelos matemá-  
ticos indican una tendencia o forma de las gráficas similar pe-  
ro nó en cantidad de agua evapotranspirada.



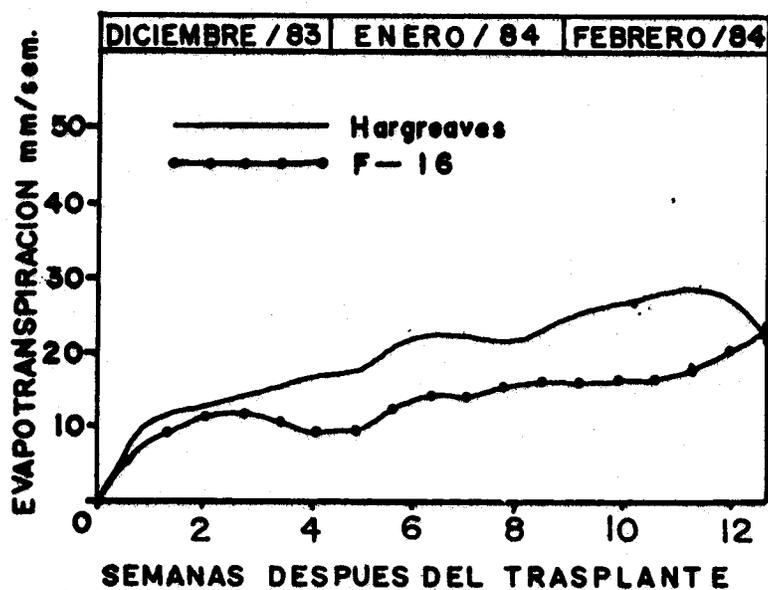
**FIGURA 13. TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL. TRATAMIENTO F-4 : HARGREAVES**



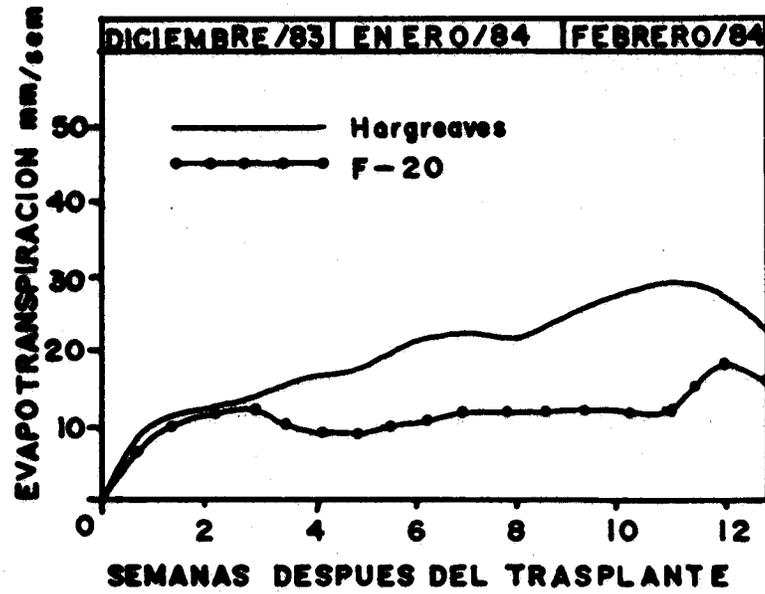
**FIGURA 14. TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-8 : HARGREAVES.**



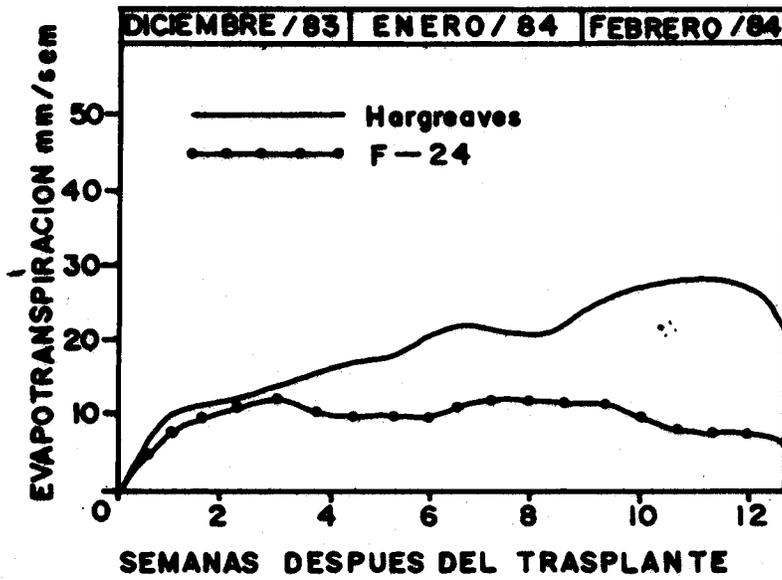
**FIGURA 15. TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL. TRATAMIENTO F-12: HARGREAVES.**



**FIGURA 16. TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-16: HARGREAVES.**



**FIGURA 17. TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-20:HARGREAVES.**



**FIGURA 18. TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-24:HARGREAVES.**

## 7. CONCLUSIONES

- 7.1) Existen diferencias estadísticas significativas en cuanto a rendimiento en peso, al aplicar diferentes frecuencias de riego.
- 7.2) La frecuencia de riego más adecuada en la época y región donde se realizó el experimento, para la obtención de -- bulbos de cebolla es la de 16 días.
- 7.3) Para la obtención de plantas completas de cebolla, la frecuencia de riego más adecuada es la de 8 días.
- 7.4) Las frecuencias de riego usadas no influyen en el número de plantas vivas que se obtengan al final del ciclo del cultivo.
- 7.5) Existen diferencias estadísticas significativas en cuanto a cantidad de agua evapotranspirada total al aplicar diferentes frecuencias de riego.
- 7.6) En todos los casos la lámina total de agua evapotranspirada durante todo el ciclo del cultivo disminuyó a medida que el intervalo de riego fué mayor.
- 7.7) En los tratamientos regados cada 4, 8, 12 y 16 días, que fueron los que más produjeron, llegaron a consumir en el último mes hasta un 75 a 100 por ciento de la humedad a - provechable, o sea que estuvieron sometidos a tensiones altas de humedad del suelo.

- 7.8) En los tratamientos regados cada 20 y 24 días la humedad del suelo bajó a valores cercanos al punto de marchitez permanente sin que ésto causara ninguna mortalidad en las plantas pero sí una reducción en la producción.
- 7.9) El valor de la evapotranspiración total calculada con la fórmula de Hargreaves modificada y la medida en el tratamiento regado cada 4 días son iguales; todos los demás tratamientos dieron valores de evapotranspiración menores que el de la fórmula.
- 7.10) La tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Hargreaves modificada y la medida en el tratamiento regado cada 4 días son iguales.
- 7.11) La tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Hargreaves modificada y la medida en los tratamientos regados cada 8, 12 y 16 días siguen la misma tendencia, aunque el valor total de evapotranspiración es diferente en cada tratamiento y la fórmula.

## 8. RECOMENDACIONES

- 8.1) De acuerdo a las condiciones Ecológicas y Edáficas bajo las cuales fué desarrollado este experimento, se recomienda regar a cada 16 días para obtener bulbos y a cada 8 días para obtener plantas completas de cebolla.
- 8.2) En condiciones de escasez de agua puede someterse el cultivo a tensiones altas de humedad del suelo regando con frecuencia de 20 ó 24 días ya que aunque la producción se vé reducida, las plantas no mueren. Se deberá efectuar un análisis económico antes de poner en práctica esta recomendación.
- 8.3) Usar la fórmula de Hargreaves modificada ya que dá resultados iguales de evapotranspiración que al regar a cada 4 días y sigue la misma tendencia que los tratamientos que se regaron a cada 8 , 12, y 16 días para los cuales se podrían desarrollar coeficientes de ajuste de la fórmula.
- 8.4) Continuar experimentando en este cultivo, con la finalidad de verificar con más seguridad y ajustar la fórmula de Hargreaves modificada a las condiciones de la región.
- 8.5) En futuras investigaciones usar frecuencias de riego mayores de 24 días ya que no se observó mortalidad al someter a las plantas a este grado de sequía.

9. BIBLIOGRAFIA

- 1) AGUILERA, M. y MARTINEZ, R. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 2a. ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza y Investigación y Servicio de Irrigación, 1980. 341 p.
- 2) BUCARO GONZALEZ, C.A. Determinación de evapotranspiración potencial y balance hídrico en base a datos climáticos de los distritos de riego San Jerónimo, Asunción Mita, Laguna del Hoyo, Catarina y La Fragua. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1973. 36 p.
- 3) CACERES, E. Producción de hortalizas. 3a. ed. Costa Rica, IICA, 1980. 387 p.
- 4) CARDONA CASTILLO, H. Evaluación de los sistemas de labranza: manual, tracción animal, microtracción mecanizada y cero, en frijol ejotero (Phaseolus vulgaris L.) en pequeñas extensiones. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,983. 51 p.
- 5) DOOREMBOS, J. y KASSAM, A. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p.
- 6) GRASSI, C. Aspectos metodológicos para la determinación experimental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje, Material Didáctico No. Rd-26. 1978. 110 p.
- 7) GREGG CRUZ, M. Producción de hortalizas. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1976. p. irr.
- 8) GUDIEL, V. M. Manual agrícola Superb. 5a. ed. Guatemala, Superb, 1980. 291 p.
- 9) HARGREAVES, H. G. Estimating crop evapotranspiration requirements. s.n.t.
- 10) ISRAELSEN, O.W. y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. España, Reverté, 1979. 369 p.
- 11) MARTINEZ MENENDEZ, H.A. Evaluación de seis híbridos de cebolla (Allium cepa L.) para la industria del deshidratado. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 37 p.
- 12) MEXICO, DIRECCION GENERAL DE EDUCACION TECNOLOGICA AGROPECUARIA. Horticultura. México, DGTA/FAO/PNUD, 1978. 136 p. (Serie de manuales para la educación agropecuaria.)
- 13) \_\_\_\_\_ Riego y drenaje. México, DGTA/FAO/PNUD, 1978. 136 p. (Serie de manuales para la educación agropecuaria.)

- 14) MINERA BARILLAS, A.A. Comparación de métodos para pronosticar evapotranspiración en Guatemala. Tesis Ing. Agr. - Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 88 p.
- 15) ORTEGA BALDIZON, H. Evaluación de seis variedades y tres híbridos de cebolla (Allium cepa L.) bajo las condiciones del valle de San Jerónimo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 26 p.
- 16) RODRIGUEZ ZABALETA, C. Instructivo para el manejo y reporte de experimentos agrícolas bajo condiciones de riego. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Memorandum Técnico No. 380. 1978. 111 p.
- 17) SANTOS DE LEON, A.M. Clasificación agrológica del área central del Instituto Técnico de Agricultura. Informe -- Técnico. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1983. 20 p.
- 18) SOBERANIS LOPEZ, J.L. Efecto de la frecuencia de riego en los rendimientos y medición de la evapotranspiración - en tomate (Lycopersicum esculentum) en la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 64 p.
- 19) TELLO SAMAYOA, C.A. Efecto de cinco frecuencias de riego - en el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento (Cápsicum annum) en la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1983. 70 p.

Vo. Co  
Gutierrez



**A P E N D I C E**

Cuadro 8

Coefficiente de cultivo (kc)

CULTIVO	Fases de desarrollo del cultivo					Período vegetativo total
	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados - del período	Finales - del período	Recolección	
Banana tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0 -1,1	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,7 -0,8
subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0 -1,2	1,0 -1,15	1,0 -1,15	0,85-0,95
Frijol verde	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9 -0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
seco	0,3-0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7 -0,8
Col	0,4-0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,9 -1,0	0,8 -0,95	0,7 -0,8
Algodón	0,4-0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,9	0,65-0,7	0,8 -0,9
Vid	0,35-0,55	0,6 -0,8	0,7 -0,9	0,6 -0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Cacahuete	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95 -1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maíz dulce	0,3 -0,5	0,7 -0,9	1,05 -1,2	1,0 -1,2	0,95-1,1	0,8 -0,95
grano	0,3 -0,5	0,7 -0,85	1,05 -1,2	0,8 -0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Cebolla seca	0,4 -0,6	0,7 -0,8	0,95 -1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8 -0,9
verde	0,4 -0,6	0,6 -0,75	0,95 -1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Guisante fresco	0,4 -0,5	0,7 -0,85	1,05 -1,2	1,0 -1,15	0,95-1,1	0,8 -0,95
Pimentero fresco	0,3 -0,4	0,6 -0,75	0,95 -1,1	0,85-1,0	0,8 -0,9	0,7 -0,8
Patata	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05 -1,2	0,85-0,95	0,7 -0,75	0,75 -0,9
Arroz	1,1 -1,15	1,1 -1,5	1,1 -1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05 -1,2
Cártamo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05 -1,2	0,65-0,7	0,2 -0,25	0,65 -0,7
Sorgo	0,3 -0,4	0,7 -0,75	1,0 -1,15	0,75-0,8	0,5 -0,55	0,75 -0,85
Soya	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,15	0,7 -0,8	0,4 -0,5	0,75 -0,9
Remolacha azúcar	0,4 -0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9 -1,0	0,6 -0,7	0,8 -0,9
Caña de azúcar	0,4 -0,5	0,7 -1,0	1,0 -1,3	0,75-0,8	0,5 -0,6	0,85 -1,05
Girasol	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,7 -0,8	0,35-0,45	0,75 -0,85
Tabaco	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,2	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,85 -0,95
Tomate	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,95	0,6 -0,65	0,75 -0,9
Sandía	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,05	0,8 -0,9	0,65-0,75	0,75 -0,85
Trigo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2 -0,25	0,8 - 0,9
Alfalfa	6,3 -0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Cítricos						0,65-,075
desyerbe total						0,85-0,9
s/control de ma- lezas						0,4 -0,6
Olivo						

Cuadro 9

LA RADIACION EXTRATERRESTRE  $R_e$  EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE EVAPORACION, EN MM/DIA

Hemisferio Norte												Lat	Hemisferio Sur											
En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.		En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	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	11.1	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	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	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	15.2	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Cuadro 10. Rendimiento en T.M./Ha. de bulbos por tratamiento y por repetición.

Tratamiento	Bloques				TOTAL Y <sub>i</sub>	PROMEDIO $\bar{Y}_i$
	I	II	III	IV		
F-4	27.467	23.600	23.733	27.467	102.267	25.567
F-8	26.267	29.867	30.933	32.000	119.067	29.767
F-12	24.667	24.000	27.733	24.533	100.933	25.233
F-16	27.600	23.467	24.267	25.867	101.201	25.300
F-20	19.600	25.067	21.867	18.533	85.067	21.267
F-24	19.333	16.267	17.600	17.600	70.800	17.700
TOTAL Y <sub>j</sub>	144.934	142.268	146.133	146.000	579.335	
PROMEDIO $\bar{Y}_j$	24.156	23.711	24.356	24.333		24.139

Cuadro 11. Análisis de Varianza para el rendimiento de bulbos.

Fuente de Variación.	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	F Tabulada P. $\leq$ 0.05
Bloque	3	1.6069	0.5356	N.S. 0.1006	3.29
Tratamientos	5	343.8659	68.7732	12.9168*	2.90
Error	15	79.8645	5.3243		
Total	23	425.3373			

N.S. = No significativo

\* = significativo

C.V. = 9.56 %

Cuadro 12. Rendimiento en T.M./Ha. de plantas completas por tratamiento y por repetición.

Tratamiento	Bloques				Total Y <sub>i</sub>	Promedio $\bar{Y}_i$
	I	II	III	IV		
F-4	55.733	47.067	48.800	54.133	205.733	51.433
F-8	50.133	49.600	57.067	62.133	218.933	54.733
F-12	40.000	39.733	45.600	40.933	166.266	41.567
F-16	43.733	35.333	38.267	39.733	157.066	39.267
F-20	29.867	36.000	33.333	27.467	126.667	31.667
F-24	27.467	23.333	25.867	24.800	101.467	25.367
Total Y <sub>j</sub>	246.933	231.067	248.933	249.199	976.132	
Promedio $\bar{Y}_j$	41.156	38.511	41.489	37.400		40.672

Cuadro 13. Análisis de Varianza para el rendimiento de plantas completas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F Tabulada $P \leq 0.05$
Bloques	3	37.8708	12.6236	N.S. 0.8152	3.29
Tratamientos	5	2526.5761	505.3152	32.6300 *	2.90
Error	15	232.2929	15.4862		
Total	23	2796.7398			

N.S. = No significativo

\* = significativo

C.V. = 9.68 %

Cuadro 14.. Láminas de agua aplicadas en cada riego para los seis tratamientos incluyendo el período de establecimiento.  
( cm )

Riego Número	T r a t a m i e n t o s					
	F-4	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24
1	0.721	0.842	1.768	2.057	2.375	3.418
2	1.190	1.310	1.801	2.957	3.287	4.125
3	1.028	1.691	2.079	3.572	3.246	2.807
4	0.992	1.673	3.755	3.693	3.224	
5	1.168	2.112	3.477	3.217		
6	1.325	2.906	3.503			
7	1.149	2.544				
8	0.992	3.876				
9	1.036	2.939				
10	0.922					
11	1.793					
12	1.552					
13	1.219					
14	2.251					
15	2.255					
16	2.039					
17	2.588					
Lámina aplicada durante el período de establecimiento	2.575	2.575	2.575	2.575	2.575	2.575
Lámina total aplicada *	26.795	22.468	18.958	18.071	14.707	12.925

\* Equivalente a la evapotranspiración total del cultivo.

Cuadro 15. Cálculo de Evapotranspiración por la fórmula de Hagreaves modificada para todo el ciclo del cultivo.

Fechas	Duración del período en semanas	Promedio de Temp. Max. semanal. °C	Promedio de Temp. Min. semanal. °C	T.D. °C	Ra mm/sem	Rs mm/sm	Temp. Media °F	Eto. mm/sem	Kc	Etc. mm/sem	Etc. Acum (mm)
1-12-83 7-12-83	1	25.99	13.53	12.46	83.30	48.52	66.21	24.24	0.40	9.70	9.70
8-12-83 14-12-83	1	25.24	12.49	12.75	83.30	49.08	64.44	23.72	0.50	11.86	21.56
15-12-83 21-12-83	1	24.22	12.82	11.39	83.30	46.39	64.76	22.53	0.60	13.52	35.08
22-12-83 28-12-83	1	24.95	12.79	12.16	83.30	47.93	65.37	23.50	0.68	15.98	51.06
29-12-83 4-01-84	1	21.59	9.20	12.39	84.91	49.31	60.55	22.39	0.75	16.79	67.85
5-01-84 11-01-84	1	23.61	10.26	13.35	86.10	51.91	24.06	24.06	0.90	21.65	89.05
12-01-84 18-01-84	1	24.41	13.41	11.00	86.10	47.12	64.22	22.70	0.95	21.57	111.07
19-01-84 25-01-84	1	24.12	14.16	9.96	86.10	44.83	64.69	21.75	0.95	20.66	131.73
26-01-84 1-02-84	1	24.82	12.35	12.47	87.33	50.88	63.91	24.39	1.00	24.39	156.12
2-01-84 8-02-84	1	24.26	11.98	12.28	94.71	54.76	61.79	25.38	1.05	26.65	182.77
9-02-84 15-02-84	1	25.84	13.58	12.26	94.71	54.72	64.81	26.60	1.05	27.93	210.70
16-02-84 22-02-84	1	26.83	14.55	12.28	94.71	54.76	66.79	27.43	1.00	27.43	238.13
23-02-84 28-02-84	0.86	24.74	12.44	12.30	81.18	46.98	64.49	22.72	0.95	21.58	259.71

Cuadro 16. Calendario de riegos..

Fecha	T r a t a m i e n t o s					
	F-4	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24
18-12-83	X	X	X	X	X	X
22-12-83	X					
26-12-83	X	X				
30-12-83	X		X			
03-01-84	X	X		X		
07-01-84	X				X	
11-01-84	X	X	X			X
15-01-84	X					
19-01-84	X	X		X		
23-01-84	X		X			
27-01-84	X	X			X	
31-01-84	X					
04-02-84	X	X	X	X		X
08-02-84	X					
12-02-84	X	X				
16-02-84	X		X		X	
20-02-84	X	X		X		
24-02-84	X					
28-02-84 *	X	X	X			X

\* Día de la cosecha.-