

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFEECTO DE SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y
EVAPOTRANSPIRACION DE LA CEBOLLA (Allium cepa L.),
PARA LA UNIDAD DE RIEGO "LAGUNA EL HOYO",
MUNICIPIO DE MONJAS, JALAPA.

T E S I S

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
D E L A

FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

P O R

DAVID ARMANDO PINEDA HERRERA

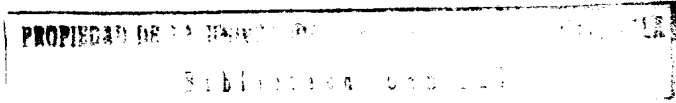
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, junio de 1987



DL
01
T(1004)

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. Castañeda A.

TRIBUNAL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Rolando Lara
EXAMINADOR	Ing. Agr. Napoleón Medina
EXAMINADOR	Ing. Agr. Juan González
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez P.



Referencia	IA-102-87
Asunto	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

5 de junio de 1987

Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano,
Facultad de Agronomía.

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 SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DE LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.), PARA LA UNIDAD DE RIEGO "LAGUNA EL HOYO", MUNICIPIO DE MONJAS, JALAPA", desarrollado por el estudiante David Armando Pineda Herrera.

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/ Jorge Sandoval I.
A S E S O R

JSI/eqded.

Guatemala,
junio de 1987

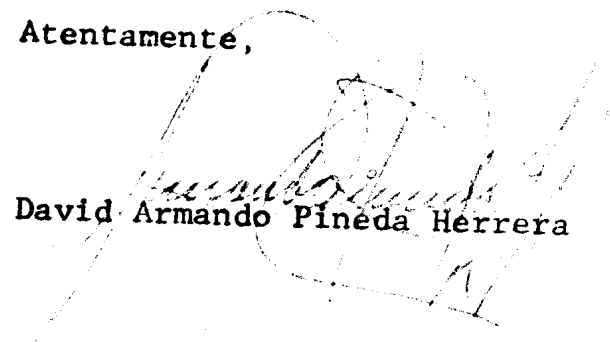
Señores
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía

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 SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DE LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.), PARA LA UNIDAD DE RIEGO "LAGUNA EL HOYO", MUNICIPIO DE MONJAS, JALAPA".

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

Atentamente,


David Armando Pineda Herrera

DAPH.

ACTO QUE DEDICO

- A:
DIOS
Ser supremo, fuente de sabiduría.
- A:
MI MADRE
Olivia Herrera Medina de Pineda
Por sus consejos, para quien le
pido a Dios permita que continúe
haciendo realidad sus anhelos.
- A:
MI PADRE
Guillermo Pineda Gándara
Con carino, respeto y admiración.
- A:
MI ESPOSA
Silvia Ileana
Por su comprensión, su amor y dedi-
cación.
- A:
MI HIJA:
Marcela Olivia
Como un ejemplo de esfuerzo, para
su futuro.
- A:
MIS HERMANOS
Julio Rafael
Guillermo Enrique
Ramiro Esteban
Edgar Arturo
Juan Guillermo
Elsa Marina
Iris Angélica
Rosa María
Lilian Amparo
- A:
MIS SOBRINOS
Con mucho cariño, deseando se superen
cada día más.
- A:
MIS TIOS
Con cariño. Especialmente a Aurelita
de Sandoval, por ser una segunda madre
para mí.
- A:
MIS SUEGROS
Leopoldo Pimentel
Herlinda de Pimentel
- A:
MIS CUNADOS
En especial a Rafael Oliveros, José
de Jesús y Alma de Chupina

A:
MIS PRIMOS

Con cariño

A:
MIS AMIGOS

En especial a:
Rodolfo Estrada
Francisco Marroquín
Heber Arana y
Rodolfo Folgar

TESIS QUE DEDICO

- A: MI PATRIA GUATEMALA
- A: EL DEPARTAMENTO DE JUTIAPA
- A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA
- A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA
- A: EL DISTRITO VI DE RIEGO
- A: TODOS LOS AGRICULTORES DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas por su valiosa asesoría en el presente trabajo y además por brindarme su decidido apoyo, tiempo y confianza, siendo merecedor de todo mi respeto y aprecio.

A los Ingenieros Agrónomos: David Juárez, Rolando Lara, Gustavo Méndez, Ricardo Miyares, por su colaboración desinteresada.

A los Ingenieros Agrónomos: Fernando Garrido y César Palma, por su gran apoyo, colaboración, confianza y buenos deseos.

A Ing. Inf. Margarita Ramos de Rosales, Topógrafo José María González, Profesor Arody Mazariegos y señora Elma de De León, respetuosamente por su dedicación esmerada y decidida colaboración.

A los Ingenieros Antonio Salvatierra, Rodolfo Wiss, César de la Cerda, Roberto Motta y Felipe Gordillo por su amistad y muestras de solidaridad.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	3
3. OBJETIVOS	4
4. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Exigencias de humedad del cultivo de la cebolla.	5
4.2 Experimentos realizados sobre frecuencias de riego en Guatemala.	6
4.3 Evapotranspiración.	8
4.4 Métodos para determinar la evapotranspiración.	9
4.5 Descripción de los métodos a utilizar.	9
4.5.1 Método de parcelas experimentales.	9
4.5.2 Método de Hargreaves modificado en 1983	10
4.5.3 Método basado en la evaporación del tanque.	12
5. METODOLOGIA	14
5.1 Ubicación y descripción del área experimental.	14
5.2 Determinaciones físicas y químicas del suelo.	14
5.3 Manejo del cultivo.	17
5.4 Diseño estadístico, área del experimento y va- riables respuesta.	18
5.5 Manejo del experimento.	19
5.5.1 Control de la humedad del suelo y apli- cación de los riegos.	19
5.5.2 Determinación de la relación evapotrans- piración/evaporación.	22
5.6 Método de análisis de resultados.	22

	Página
6. RESULTADOS Y DISCUSION	25
6.1 Variables respuesta	25
6.1.1 Rendimiento de bulbos en toneladas mé- tricas por hectárea.	26
6.1.2 Rendimiento de plantas completas en to- neladas métricas por hectárea.	26
6.1.3 Número de plantas vivas por parcela ú- til al final del ciclo.	27
6.2 Uso de agua por el cultivo	27
6.2.1 Riegos y láminas consumidas.	27
6.2.2 Agotamiento de humedad aprovechable del suelo.	28
6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983.	30
6.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación eva- potranspiración/evaporación.	31
7. CONCLUSIONES.	33
8. RECOMENDACIONES	35
9. BIBLIOGRAFIA	36
10. APENDICE	38

INDICE DE CUADROS

	Página	
CUADRO 1	Propiedades físicas del suelo.	16
CUADRO 2	Resultados del análisis químico del suelo.	17
CUADRO 3	Resultados promedio de las variables respuesta.	25
CUADRO 4	Número de riegos y láminas consumidas.	28
CUADRO 5	Relación evapotranspiración/evaporación, para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.	32
CUADRO 6	Resultados de rendimientos de bulbos en toneladas métricas por hectárea, para cada tratamiento y repetición.	39
CUADRO 7	Análisis de varianza para el rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea.	40
CUADRO 8	Prueba de Tukey para rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea.	40
CUADRO 9	Resultados de rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea para cada tratamiento y repetición.	41
CUADRO 10	Análisis de varianza para el rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea.	41
CUADRO 11	Prueba de Tukey para rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea.	42
CUADRO 12	Resultados organizados de número de plantas vivas al final del ciclo, por tratamiento y repetición.	42
CUADRO 13	Análisis de varianza para el número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo por parcela.	43

	Página	
CUADRO 14	Control de humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para todos los tratamientos durante los riegos generales.	43
CUADRO 15	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-8.	44
CUADRO 16	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida por el tratamiento F-12.	44
CUADRO 17	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida por el tratamiento F-16.	45
CUADRO 18	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida por el tratamiento F-16.	45
CUADRO 18	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida por el tratamiento F-20.	46
CUADRO 20	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida por el tratamiento F-28.	46
CUADRO 21	Control de la humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida por el tratamiento F-32.	47
CUADRO 22.	Cálculo de evapotranspiración semanal por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, para todo el ciclo del cultivo.	48
CUADRO 23.	Valores de evapotranspiración semanal y total en milímetros para diferentes tratamientos, Hargreaves modificado en 1983 y evaporación del tanque tipo "A";	49

	Página	
CUADRO 24	Valores de pendiente, intercepto, pruebas de hipótesis, correlación y coeficientes de determinación r^2 de la evapotranspiración semanal de los tratamientos versus fórmula de Hargreaves modificada en 1983.	50
CUADRO 25	Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y evaporación semanal del tanque tipo "A"	51

INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-8.	52
FIGURA 2 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-12.	53
FIGURA 3 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-16.	54
FIGURA 4 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-20.	55
FIGURA 5 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-24.	56
FIGURA 6 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-28.	57
FIGURA 7 Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento F-32.	58
FIGURA 8 Evapotranspiración semanal acumulada de los diferentes tratamientos y Hargreaves modificado en 1983.	59
FIGURA 9 Relación de la evapotranspiración semanal medida en el campo y la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, para el tratamiento F-8.	60
FIGURA 10 Plano del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos.	61

R E S U M E N

El presente trabajo de investigación sobre el efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), se realizó en la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa, durante el período comprendido del 8 de enero del 8 de abril de 1987, en un suelo de textura arcillosa.

Las frecuencias de riego evaluadas fueron de 8, 12, 16, 20, 28 y 32 días, arregladas en un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, teniendo un total de 28 unidades experimentales, en los cuales se midió el consumo de agua en forma directa y se comparó con el consumo estimado por la fórmula de Hargreaves modificado en 1983. Así mismo se obtuvieron coeficientes "C" de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del tanque tipo "A", para calcular la evapotranspiración a través de ellos.

El método utilizado para determinar la humedad del suelo fue el gravimétrico, tomando muestras con un barreno tipo helicoidal después de cada riego y antes de aplicar el siguiente, cubriendo el estrato de 0 - 30 centímetros por encontrarse concentrados en ese el 100% de las raíces del cultivo. Con la profundidad radicular, la densidad aparente y el porcentaje de humedad a capacidad de campo, se determinó la cantidad de agua a aplicar en cada riego y el agua consumida por el cultivo entre un riego y el siguiente.

El efecto de las diferentes frecuencias de riego se midió a través de las siguientes variables respuesta: Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, rendimiento de plantas completas y en toneladas métricas por hectárea y número de plantas vivas por parcela útil para cada tratamiento al finalizar el experimento.

Con la evaluación de los diferentes tratamientos se en-

contró que la frecuencia de riego de 8 días, produjo más ren
dimiento de bulbos y plantas completas siendo de 27.07 y 39.29
toneladas métricas respectivamente, disminuyendo a medida que
la frecuencia de riego fue más larga, debido a lo cual en la
frecuencia de 32 días se obtuvo 12.76 y 16.87 toneladas métricas
en ambas variables. En cuanto al número de plantas vivas
al final del ciclo del cultivo, se comprobó que las frecuencias
de riego utilizadas, no afectan esta variable.

Al medir la evapotranspiración en los diferentes tratamien
tos, puede notarse claramente que la cantidad de agua con
sumida tiende a disminuir conforme se alarga el intervalo de
riego, alcanzando valores desde 28.54 centímetros para la frecu
encia de 8 días, hasta 15.44 centímetros para la frecuencia
de 32 días, encontrándose además que el mayor consumo se manifi
esta en las etapas fenológicas de desarrollo, mediados del
período y finales del período, sin llegar nunca al punto de
marchitez permanente.

En las comparaciones estadísticas entre evapotranspiración
medida y calculada se determinó que la evapotranspiración
medida en el tratamiento regado cada 8 días, es igual a la calcul
ada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, manifi
estando un alto coeficiente de correlación para los demás trata
mientos a excepción del intervalo de riego de 32 días, por
lo que se puede realizar un ajuste de este método indirecto
de determinar la evapotranspiración.

De la relación evapotranspiración modificada versus evapor
ación del tanque tipo "A", se obtuvo el coeficiente "C"
promedio para cada una de las etapas fenológicas del cultivo,
en los tratamientos regados cada 8, 12 y 16 días por ser los de
mejores rendimientos, siendo los siguientes: 0.25 para la etapa
inicial, 0.31 para el desarrollo del cultivo, 0.52 para medi
ados del cultivo y 0.55 para finales del período.

Finalmente se recomienda continuar con este tipo de in-

vestigaciones en la misma región y en otros cultivos de similar importancia, para poder contar con suficiente información en cuanto a necesidades de agua de los cultivos y métodos indirectos de calcularla. También se recomienda la utilización de los coeficientes "C" obtenidos de la relación Evapotranspiración/Evaporación para las diferentes etapas fenológicas, ya que este método es bastante práctico y sencillo de utilizar.

1. INTRODUCCION

El incremento de la población, sus necesidades alimenticias, la búsqueda de alternativas para generar ingre sos familiares, la aventurera siembra de invierno, así co mo los largos y secos veranos, justifican cada día más la presencia de los proyectos de riego, los cuales actualmen te son pocos para satisfacer la gran demanda de diferentes productos agrícolas que se producen.

Siendo característica de los proyectos de riego en Guatemala el trabajar con poca eficiencia, se hace neces rio hacer muchos trabajos de investigación en los mismos. Teniendo entre los de mayor importancia, los que se hagan en la evaluación del efecto que causan diferentes frecuen cias de riego, en el rendimiento y evapotranspiración pa- ra diferentes cultivos y regiones. Para ello el Institu- to de Investigaciones Agronómicas -IIA- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, a partir del año de 1983, ha emprendido este tipo de trabajos.

La Unidad de Riego "Laguna El Hoyo", es una fuente importante de producción a nivel nacional, que dispone de un volumen de agua limitado y altos costos de operación por ser un sistema combinado (bombeo - gravedad), lo que hace imprescindible el máximo aprovechamiento de sus re- cursos naturales disponibles, así como su eficiencia de riego.

Tradicionalmente los usuarios de la Unidad, riegan todos sus cultivos, recibiendo el servicio con una frecuen cia de 8 días, no importando de que cultivo se trate ni habiéndose hecho investigación para determinar si dicha frecuencia es la más adecuada o si se puede generalizar a todos los cultivos.

Por lo antes expuesto, se tomó la decisión de evaluar para esa área, el efecto de siete frecuencias de riego 8,

12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de cebolla. Debido a que es el que actualmente ocupa el tercer lugar entre los sembrados y el primer lugar entre los rentables que allí se explotan.

El trabajo de investigación se efectuó utilizando las prácticas de cultivo de los agricultores usuarios del servicio de riego, en los meses comprendidos de principios de enero a abril, por ser la época agrícola en la Unidad de Riego.

Mediante este trabajo se determinaron las frecuencias de riego más recomendables, la cantidad de agua que utiliza el cultivo durante todo su ciclo y el agotamiento de la humedad aprovechable, además se verificó la adaptabilidad de la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, y se obtuvo coeficientes "C" para cada una de las etapas fenológicas del cultivo, provenientes de la relación evapotranspiración medida en el campo/evaporación del tanque tipo "A", los cuales podrán ser usados como un método sencillo en el cálculo de la evapotranspiración de la cebolla en el área.

2. HIPOTESIS

- 2.1 Los rendimientos obtenidos en el cultivo de cebolla, serán diferentes con la aplicación de las frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 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 Hargreaves modificada en 1983.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

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

3.2 Objetivos Específicos:

- 3.2.1 Determinar la frecuencia de riego más recomendable para el cultivo y condiciones del área.
- 3.2.2 Determinar la lámina de agua consumida en cada riego y la total en el ciclo del cultivo.
- 3.2.3 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
- 3.2.4 Verificar la adaptabilidad de la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 para el área en la estimación de la evapotranspiración.
- 3.2.5 Establecer la relación evapotranspiración / evaporación para diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con mayores rendimientos.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Exigencias de humedad del cultivo de la cebolla

Wither y Vipond (18) consideran al cultivo de la cebolla, sensible a la humedad durante todo su desarrollo y sobre todo durante el desarrollo de bulbos. En un suelo uniforme, se produce mayor desarrollo radicular en los estratos superiores que en cualquier otro punto, considerando para el cultivo de la cebolla, una profundidad típica de enraizamiento de 0.3 m. como máximo.

Doorembos y Kassam (3) aseguran que el cultivo de la cebolla es muy sensible al déficit de agua, durante el período de formación de la cosecha, especialmente durante el período de crecimiento del bulbo. El cultivo de la cebolla, consume el agua a una tasa de evapotranspiración de 5-6 mm/día, reduciéndose cuando se ha agotado el 25% del agua disponible en el suelo. Para mantener un alto porcentaje de rendimiento de buena calidad de éste cultivo necesita un suministro de agua controlado y frecuente durante todo el período vegetativo.

Sánchez (15) al determinar las tasas de evapotranspiración para el cultivo de la cebolla en un suelo franco arcilloso de Bárcena Villa Nueva, utilizando frecuencias de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días, obtuvo los siguientes resultados 194, 220, 175, 241, 161 y 70 m.m. respectivamente.

Sagastume (14) al determinar las tasas de evapotranspiración para el cultivo de la cebolla en un suelo franco arcilloso de Bárcena Villa Nueva, utilizando frecuencias de 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, obtuvo los siguientes resultados: 347, 245, 203, 173, 161, 146 y 247 m.m. respectivamente.

4.2 Experimentos realizados sobre frecuencias de riego en Guatemala.

El proyecto de frecuencias de riego y evapotranspiración del Instituto de Investigaciones Agronómicas -IIA- de la Facultad de Agronomía, ha realizado varias investigaciones en diferentes cultivos y zonas del país, dos de las cuales fueron desarrolladas en Bárce nas Villa Nueva, en el cultivo de la cebolla, siendo estas las siguientes:

Sánchez (15) trabajando con frecuencias de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días, obtuvo los siguientes rendimien tos para plantas completas: 51, 55, 41, 39, 31 y 35 TM/Ha, y para bulbos 25, 30, 25, 25, 21 y 17 TM/Ha, respectivamente, determinando que el rendimiento en peso se ve influenciado significativamente por la in fluencia de riego al igual que la lámina evapotranspirada. La frecuencia con mayor intervalo de riego produjo el menor rendimiento (17.7 TM/Ha), el cual estuvo muy cerca del promedio nacional de rendimien tos en bulbos, (20 TM/Ha) considerándose además acep table. Además observó que los tratamientos mas secos afectan principalmente a la parte aérea y en menor grado los bulbos. Comprobó también que el someter el cultivo de cebolla a períodos de sequedad prolongados, acelera su madurez fisiológica, reduciendo el consumo de agua al alcanzar esta etapa. Observó que el trata miento de 24 días afectó la humedad aprovechable, lle gando a descender al punto de marchitez permanente, pero no observó la muerte de las plantas. Al compro bar el rendimiento de bulbos obtenidos con frecuencias de 4, 8, 12 y 16 días, determinó que tenían pequeñas diferencias, debido a lo cual recomienda utilizar la frecuencia de riego de 16 días.

Sagastume (14) aplicó frecuencias de riego de 8,

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Exigencias de humedad del cultivo de la cebolla

Wither y Vipond (18) consideran al cultivo de la cebolla, sensible a la humedad durante todo su desarrollo y sobre todo durante el desarrollo de bulbos. En un suelo uniforme, se produce mayor desarrollo radicular en los estratos superiores que en cualquier otro punto, considerando para el cultivo de la cebolla, una profundidad típica de enraizamiento de 0.3 m. como máximo.

Doorembos y Kassam (3) aseguran que el cultivo de la cebolla es muy sensible al déficit de agua, durante el período de formación de la cosecha, especialmente durante el período de crecimiento del bulbo. El cultivo de la cebolla, consume el agua a una tasa de evapotranspiración de 5-6 mm/día, reduciéndose cuando se ha agotado el 25% del agua disponible en el suelo. Para mantener un alto porcentaje de rendimiento de buena calidad de éste cultivo necesita un suministro de agua controlado y frecuente durante todo el período vegetativo.

Sánchez (15) al determinar las tasas de evapotranspiración para el cultivo de la cebolla en un suelo franco arcilloso de Bárcena Villa Nueva, utilizando frecuencias de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días, obtuvo los siguientes resultados 194, 220, 175, 241, 161 y 70 m.m. respectivamente.

Sagastume (14) al determinar las tasas de evapotranspiración para el cultivo de la cebolla en un suelo franco arcilloso de Bárcena Villa Nueva, utilizando frecuencias de 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, obtuvo los siguientes resultados: 347, 245, 203, 173, 161, 146 y 247 m.m. respectivamente.

12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, obteniendo los siguientes resultados para plantas completas 56, 43, 8, 32, 25, 22 y 19 TM/Ha, y para bulbos 30, 26, 25, 20, 10, 15 y 14 TM/Ha. respectivamente; determinando que estas afectaron los rendimientos de la cebolla, pero en ninguno de los tratamientos se observó plantas muertas. El tratamiento con frecuencia cada 32 días se considera que produjo buen rendimiento y muestra la gran resistencia de la cebolla a la sequía ya que la humedad aprovechable en la misma bajó sus porcentajes al punto de marchitez permanente, obteniendo un buen rendimiento de plantas completas, lo cual indica que la parte aérea se ve afectada levemente, pues existe diferencia grande en peso, respecto a la producción de bulbos antes mencionada.

Al comparar estos resultados y los de Sánchez (15) se observa la gran similitud que existe en cuanto a rendimientos de la cebolla para las mismas frecuencias.

Zea (19) trabajó en el cultivo de tomate, comprobando que la evapotranspiración si se ve afectada por diferentes frecuencias de riego, confirmando que el tratamiento más húmedo (8 días), fue el que más evapotranspiró, además esa frecuencia no afectó la humedad aprovechable, ya que no se llegó a consumir ni el 50% en el estrato 0 - 30 cm., mientras que la frecuencia más seca (24 días), llegó a agotar más del 80% de humedad aprovechable.

Soberanis (16) determinó que frecuencias de 4, 6, 8, 10 y 12 días, no tienen diferencias significativas en cuanto a peso, número de frutos y número de plantas vivas de tomate, debido a lo cual recomienda la frecuencia más larga (12 días) como punto de partida para futuras investigaciones. La humedad aprovechable para las frecuencias antes indicadas, siempre se mantuvo arriba del 50%.

Méndez (12) trabajó en el cultivo del melón y de terminó que frecuencias de riego de 8, 12, 20, 24 y 28 días, no afectan el número de frutos, pero sí su tamaño, forma, peso y calidad. También comprobó que un suministro adecuado de agua durante el período de floración, al inicio de la cosecha, produce frutos de buena calidad y que un déficit riguroso en el período mencionado, ocasiona frutos de forma irregular.

Tello (17) trabajando en el cultivo de chile pimiento, comprobó que una frecuencia de riego cada 4 días, produjo mayor cantidad de plantas muertas, lo cual confirma que la excesiva humedad, solo ocasiona pérdidas, considerando que hacerlo es inadecuado y antieconómico.

Según Corado (1) el cultivo del melón tratado con frecuencias de riego cada 28 días, llegó a consumir el 1% de la humedad aprovechable abajo del punto de marchitez permanente en el estrato 0 - 30 cm., mientras que en el estrato 30 - 60 cm., su consumo fue de el 33%, debido a lo cual las plantas no murieron.

4.3 Evapotranspiración

Grassi (6) se refiere a la evapotranspiración (Et.), como el proceso de cambio del estado de agua líquido a vapor, mediante el cual el agua almacenada en la capa del suelo, pasa a la atmósfera al ser usada en el complejo suelo-planta-agua. Continúa diciendo que la (Et.) puede ser potencial (Etp) o real (Etr).

Israelsen y Hansen (11) afirman que las condiciones que afectan la evapotranspiración del agua, dependen de la temperatura, las prácticas de riego, duración del período de crecimiento, de las precipitaciones y otros factores. El volumen de agua transpirado por las plantas, depende en gran parte del agua que tienen a 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.

Wither y Vipond (18) consideran que los valores típicos de (et) para climas templados es de 1 a 3 mm/día, en el trópico húmedo de 5 a 8 mm/día y en las regiones áridas de 10 a 12 mm/día.

4.4 Métodos para determinar la evapotranspiración

Peña (13) menciona los siguientes métodos directos para calcular la evapotranspiración: Tanques y lisímetros, evapotranspirómetro de thornthwaite, método de integración, método de parcelas experimentales, método de entradas y salidas para grandes extensiones, estudios de la humedad del suelo.

Los métodos indirectos, son todos aquellos que calculan la evapotranspiración a través de fórmulas empíricas, las cuales han sido desarrolladas tomando en consideración diferentes variables climáticas. Entre los métodos indirectos mas usados estan: Método de Lowry-Johnson, método de Blaney-Cirdle, método de Hargreaves modificado en 1966 y 1983, método de evaporación del tanque.

4.5 Descipción de los métodos a utilizar

4.5.1 Método de parcelas experimentales

Las medidas de humedad en el suelo, en parcelas experimentales en el campo, son normalmente más reales que las realizadas en tanques y lisímetros (11). Widtsoe fue el primero en medir el consumo de agua por las plantas en 1902.

Existen 2 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) El intervalo de riego en número preestablecido de días constante para cada tratamiento, en donde la lámina de reposición es variable.

En el caso de la lámina de reposición constante, se requiere de determinaciones frecuentes a fin de regar al nivel de humedad preestablecido. En cambio en la lámina variable solo es necesario conocer la humedad antes del riego a fin de calcular la lámina a reponer (5).

Para medir la humedad del suelo, se recurre al procedimiento gravimétrico en el cual mediante un barreno se recogen las muestras del suelo en el campo, estos extraen de un perfil espesores, de donde se recoge cada muestra representativa que generalmente se obtiene del tercio medio a una componente de todo el espesor. Luego de recogidas las muestras se extraen secas, del horno en que fueren secadas durante 24 horas. Luego el porcentaje de humedad de la muestra lo calculamos con la siguiente expresión:

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

Donde:

P_s = Porcentaje de humedad de la muestra.

P_{sh} = Peso de suelo húmedo.

P_{ss} = Peso de suelo seco.

4.5.2 Método de Hargreaves Modificado en 1983.

Sagastume (14) experimentó en el cultivo de cebolla y determinó que los valores de evapo

transpiración calculada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y los medidos en el campo tienen alta correlación para frecuencias con intervalos de 8, 16, 20 y 24 días, debido a lo cual recomienda que dicha fórmula puede ser ajustada para usarla en el cálculo de evapotranspiración para estas frecuencias, mientras que para intervalos de 12 días, la calculada por Hargreaves modificada en 1983 y la calculada en el campo son iguales.

Sánchez (15) determinó que los valores de evapotranspiración obtenidos por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y los valores obtenidos en el campo para las frecuencias más húmedas (4, 8, 12 y 16 días), manifiestan alta correlación, no así los tratamientos más secos (20 y 24 días).

Hargreaves (10) dice que la utilización de fórmulas complicadas para determinar la evapotranspiración, entorpece el trabajo del riego en donde se requiere resultados en forma inmediata sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados. Sugiriendo que primero se calcula la evapotranspiración potencial y posteriormente a esta la multiplicamos por el coeficiente del cultivo (Kc) para darnos la evapotranspiración real, lo cual queda expresado de la siguiente manera:

$$E_{tr} = \frac{E_{tp} \times K_c}{1}$$

Donde:

E_{tr} = Evapotranspiración real.

E_{tp} = Evapotranspiración potencial.

K_c = Coeficiente que depende de la etapa de desarrollo del cultivo.

$E_{tp} = \underline{0.0075 \times R_s \times T^\circ F}$

Donde:

$T^{\circ} F$ = Temperatura media en $^{\circ}F$.

R_s = Parámetro que esta en función de la temperatura máxima y mínima absolutas.

$$R_s = \underline{0.165 \times R_a \times TD^{0.5}}$$

Donde:

R_s = Radiación extraterrestre expresada en mm/día de evaporación, de acuerdo a la latitud del lugar.

TD = Diferencia entre la temperatura máxima y mínima absolutas expresadas en $^{\circ}C$.

4.5.3 Método basado en la evaporación del tanque

Gavande (4) considera conveniente que se mida la evaporación en tanques abiertos. De modo que la misma integre en una sola determinación, todos los factores meteorológicos que se encuentran afectando la pérdida de agua en un suelo cultivado y que aplicando factores empíricos de corrección, se puede obtener la evapotranspiración real.

Grassi (6) de igual forma se refiere a que la evaporación es similar a la evapotranspiración, ya que integra la mayor parte de los factores que intervienen en la misma. Expresando la evapotranspiración de la siguiente manera:

$$E_t = \underline{E_v \times C}$$

Donde:

E_t = Evapotranspiración.

E_v = Evaporación del tanque.

C = Coeficiente de ajuste.

Sagastume (14) trabajando en el cultivo de cebolla comprobó que la evaporación en el tanque esta afectada por los mismos factores que afectan la evapotranspiración, a excepción de la

planta. Por consiguiente los valores de evaporación, son diferentes a los valores de evapotranspiración medidas en el campo, pudiéndose ajustar dichos valores por medio de coeficientes provenientes de la relación Et/Ev. Para obtener esta relación llevó un registro semanal para cada uno de los tratamientos y finalmente, determinó un coeficiente "C" para cada una de las etapas fenológicas del cultivo de la cebolla, de la siguiente manera:

- Etapa inicial (18 días) Et/Ev promedio 0.36
- Etapa de desarrollo (34 días) Et/Ev promedio 0.56
- Etapa media (24 días) Et/Ev promedio 0.88
- Etapa final (11 días) Et/Ev promedio 0.43

5. METODOLOGIA

5.1 Ubicación y descripción del área experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Riego "Laguna El Hoyo", la cual está ubicada en el municipio de Monjas, departamento de Jalapa. Sus coordenadas geográficas son 14° 29' 34" de latitud y una longitud de 89° 52' 32". Su elevación es de 960 mt. s.n.m.

Posee un clima correspondiente a la zona de vida bosque seco subtropical, dentro de la clasificación de Holdridge según (2). Este clima está influenciado por los siguientes factores, precipitación pluvial de 956 mm., humedad relativa 65%, temperatura media mensual 22°C, insolación anual de 2,521.9 horas y una velocidad media del viento de 6.1 km/h.

Sus suelos se encuentran dentro de las clases agrológicas I y III. La clase agrológica I ocupa 302 has. y la clase III ocupa 147.5 has. (7).

Su fuente de abastecimiento está constituida por un vaso de almacenamiento (Laguna El Hoyo), a la cual en la época de invierno se le surte con un volumen de 3.3 millones de mt.³ de agua. Esto se logra a través de un canal que conduce el agua derivada de las presas de Quintanilla y Güirilá. Su infraestructura de riego está diseñada para conducir 320 lt/seg. los cuales son distribuidos por gravedad, pero derivados por bombeo.

El agua para riego es de buena calidad ya que se encuentra dentro de la clasificación C₁ S₁.

5.2 Determinaciones físicas y químicas del suelo.

Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm., por estar comprendido en este estrato el 100% del desarrollo radicular del cultivo de la cebolla.

Estas muestras se homogenizaron y se enviaron a los la

laboratorios de suelos del ICTA para el análisis químico y a DIRYA para determinar textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente del suelo. Además de las determinaciones de laboratorio, en el campo se determinaron valores de capacidad de campo y densidad aparente cuyos datos al ser comparados con los del laboratorio fueron considerados más convenientes para los fines del experimento, detallando a continuación cada uno de estos métodos.

La capacidad de campo determinada por el método de campo sirvió para comparar su valor con el valor del laboratorio. La práctica consistió en hacer un cuadro de 1 mt.² en el campo al cual se le hicieron alrededor dos bordos de 0.20 mt. de altura. Luego se procedió a saturar toda el área del cuadrado, así como también el espacio entre los bordos. 24 horas después se empezaron a tomar muestras con intervalos que oscilaron entre 6-12 horas, a profundidad de 0.30 mt., continuando de esta manera hasta completar aproximadamente 72 horas, ya que por lo general, la capacidad de campo se obtiene aproximadamente a las 48 horas después de haber regado y dependiendo del tipo de suelo. El porcentaje de humedad de cada muestra se obtuvo por el método gravimétrico. Ya obtenidos los datos se graficaron los valores de porcentaje de humedad que fueron colocados en las ordenadas y el tiempo en las absisas. Observando la gráfica cuando se notó que el porcentaje de humedad llegó a ser constante, se consideró dicho valor como el de la capacidad de campo.

Para determinar el valor del punto de marchitez permanente, únicamente dividimos la capacidad de campo obtenida en el campo entre 2, según Aguilera (1) citado por Sagastume (14).

Para determinar la densidad aparente en el campo, se utilizó el método del plástico, para lo cual se hizo

un agujero de 0.15 mt. de largo, 0.15 mt. de ancho y 0.30 mt. de profundidad, de la tierra extraída fue sa cada toda la muestra que luego se colocó en una bolsa plástica poniéndole su respectiva identificación, cerrándola inmediatamente para que no perdiera humedad, además se obtuvo una submuestra que fue colocada en una caja de aluminio. Luego en el espacio del agujero se introdujo un plástico, el cual fue acomodado a las paredes del mismo. Estando así, se agregó cantidades conocidas de agua usando para ello una probeta graduada y al llegar al nivel, se notó el volumen total de agua ocupado por el espacio del agujero. Inmediatamente la muestra y submuestra fueron llevadas al laboratorio donde se pesaron, la submuestra fue introducida en el horno a 110°C, para luego obtener el porcentaje de humedad por el método gravimétrico. Posteriormente con estos datos se calculó la densidad aparente por medio de la siguiente expresión:

$$Da = \frac{100 \times Psh}{Vt (100 + Ps)} = \text{gr/cm}^3$$

Donde:

- Da = Densidad aparente en gr/cm^3
 Psh = Peso de suelo húmedo en Kg.
 Vt = Volumen total en litros
 Ps = Porcentaje de humedad %.

Las propiedades físicas del área donde se realizó el experimento se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

MUESTRA (cms)	LABORATORIO		CAMPO	CALCULADO
	Textura	C.C. (%)	D.a grs/cc	P.M.P. %
0 - 30	Arcilla	31.30	1.23	15.65

Para el análisis químico del suelo se tomó sub-muestras, para luego formar una muestra compuesta del área experimental y se envió al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, para poder contar posteriormente con recomendaciones en cuanto a fertilización, cuyos resultados se pueden observar en el siguiente cuadro.

CUADRO 2. RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

ESTRATO (cms)	P.H.	MICROGRAMOS/ml Meq/100 ml de SUELO			
		P	K	Ca	Mg
0 - 30	7.2	10.00	118	11.22	5.16

5.3 Manejo del cultivo

Se utilizó la variedad Chata Mexicana, por ser la que cultivan los agricultores del área. Además fue tomada en cuenta debido a que en estudios efectuados por el ICTA (8), ha dado buenos resultados. Además a esta variedad no le afecta tanto el fotoperíodo como a otras variedades.

El trabajo experimental dió inicio con la formación de un semillero, al cual se le hizo todos los tratamientos químicos, prácticas culturales y riegos para lograr el buen desarrollo de las plantas durante esta etapa, la cual duró 50 días. Posteriormente se efectuó el trasplante al campo definitivo, esta actividad se hizo en horas frescas y considerando distancias de siembra de 0.5 mt. entre surcos y 0.15 mt. entre plantas, utilizando hileras dobles, en cada unidad experimental. La fertilización se hizo en base a los resultados del laboratorio y se dió especial cuidado al control de plagas y enfermedades, tomando como base las recomendaciones de Gudiel (9). El control de malezas se hizo manual y la cosecha 90 días después del trasplante.

5.4 Diseño estadístico, área del experimento y variables respuesta.

Se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar. Se evaluaron 7 frecuencias que fueron determinadas cada 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, las cuales se distribuyeron al azar para cada una de las repeticiones y en este documento se identifican como: F-8, F-12, F-16, F-20, F-24, F-28 y F-32 respectivamente.

El área del experimento y demás relativos a la misma fueron tomados de Sagastume (14), por lo cual en el presente trabajo fueron utilizados los siguientes datos:

- Área total del experimento = 1003 mt²
- Área neta del experimento = 420 mt²
- Área por unidad experimental = 15 mt²
- Área útil por unidad experimental = 7.5 mt²
- Dimensiones de la unidad experimental = 6 x 2.5 mt.
- Dimensiones de la parcela útil = 5 x 1.5 mt.
- Número de unidades experimentales = 28
- Distancia entre unidades experimentales = 1.5 mt.
- Distancia entre bloques = 2 mt.
- Número de surcos por unidad experimental = 5
- Número de hileras por surco = 2
- Densidad de siembra = 400 plantas por parcela neta.
- Densidad de siembra = 200 plantas por parcela útil.

El diseño de campo puede observarse en la figura No. 10, así como su asignación aleatoria y ubicación de la infraestructura de riego a utilizar.

Para poder evaluar el efecto de los diferentes tratamientos se tomó en cuenta las siguientes variables respuesta:

- Rendimiento en TM/ha de bulbos de cebolla.
- Rendimiento en TM/ha de plantas completas de cebolla.
- Número de plantas vivas por parcela útil para cada tratamiento al final del ciclo del cultivo.

5.5 Manejo del experimento

5.5.1 Control de la humedad del suelo y aplicación de los riegos.

Después del trasplante, el cultivo fue regado cada 5 días durante la primera quincena, dejando 8 días sin regar antes del primer riego formal, por el método de riego por surcos, actividad que duró 21 días siendo esta la etapa de establecimiento del cultivo.

El agua utilizada para los riegos fue derivada de un canal principal a través de un canal secundario, el cual llegó a un costado de la parcela, lugar donde se hizo las tomas terciarias llevando de esta forma el agua que le correspondía a cada una de las unidades experimentales. Para ello se utilizó sifones previamente calibrados de 2 pulgadas de diámetro por 1.5 metros de largo, a la entrada de las tomas terciarias y de 1 pulgada de diámetro por 1 metro de largo para regar las unidades experimentales.

El control de la humedad se realizó por el método gravimétrico. Las muestras se tomaron antes de regar con 24 horas de anticipación, para saber cuanto se había consumido y así poder determinar la cantidad de agua a reponer. Posteriormente se dió el riego de reposición, al cual después de 48 horas se le tomó muestras, para verificar si el suelo había llegado a capacidad de campo, siendo así este mismo porcentaje de humedad se tomó como base para el siguiente período de acuerdo a cada tratamiento muestreado.

La toma de muestras se hizo a una profundidad de 0-30 cm., utilizando para ello un barreno colocando las misma en cajas de aluminio a razón de 125 gramos, para obtener posteriormente el porcen-

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

$$La = \frac{(P_{scc} - P_{sar})}{100} \times Dap \times Pr$$

Donde:

La = Lámina de auxilio (cm)

P_{scc} = Porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo.

P_{sar} = Porcentaje de humedad del suelo 1 días antes del riego.

Dap = Densidad aparente.

Pr = Profundidad radicular (cm).

A la lámina de auxilio antes descrita se le agregó la cantidad de agua consumida el día antes del riego, ya que la muestra de suelo se tomó 24 horas antes de regar. Esta cantidad se calculó por medio de una regla de 3 simple.

El volumen de agua que se aplicó en cada riego se determinó de la siguiente manera:

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

Donde:

Vol = Volumen de agua requerido (litros)

A = Area de cada unidad experimental (m²).

La = Lámina de auxilio.

1000 = Constante que transforma m³ a litros.

Conociendo el caudal de entrada a cada toma terciaria se calculó el tiempo de riego (Tr), para cada parcela.

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

Donde:

Tr = Tiempo de riego (minutos)

Vol = Volumen de agua requerido (litros)

Q = Caudal de entrada (litros/segundos)

60 = Constante que transofrma segundos a minutos.

5.5.2 Determinación de la relación Evapotranspiración/ Evaporación.

Los datos de evapotranspiración (Et) fueron obtenidos por el método de campo descrito anteriormente, y los datos de evaporación (Ev) por medio de la evaporación del tanque tipo "A", registrados en la estación meteorológica "La Ceibita", que se encuentra en el área estudiada. La relación evapotranspiración/evaporación, fue calculada semanalmente y para las etapas fenológicas más importantes del cultivo de la cebolla (inicial, desarrollo, media del período, final del período) y para los tratamientos de mayor rendimiento. Los resultados obtenidos en el cálculo de evapotranspiración/evaporación son los coeficientes "C" para el cultivo de cebolla en el área.

Además se calculó la evapotranspiración del cultivo por medio de la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, cuyos resultados fueron comparados con los medidos en el campo.

5.6 Método de análisis de resultados

A los resultados obtenidos de las variables respuesta medidas, se les aplicó un análisis de varianza con niveles de significancia del 1 y 5%. Así mismo, en vista que se encontraron diferencias entre tratamientos se hicieron pruebas de Tuckey con un nivel de significancia del 5%.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculados con la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, equivalían a los valores de evapotranspiración medidos en el campo, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de variable independiente (valores de evapotranspiración calculados por la fórmula) era explicado por el modelo de

regresión lineal simple, $Y = b_0 + b_1X$, considerándose para este análisis un nivel de significancia del 0.1% para mayor confiabilidad de los resultados.

Se consideró que cuando los coeficientes de determinación " r^2 " calculados fueron menores a los tabulados para un nivel de significancia de 0.1% 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 la fórmula de Hargreaves modificada, no se adaptaba 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 es igual a uno y que el intercepto es igual a cero, de ser así, esto indicaría que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes a los medidos directamente, por lo que la fórmula de Hargreaves modificada, se adapta 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.

En estas pruebas para aceptar las hipótesis nulas planteadas los valores de " t " tabulada tienen que ser mayores o iguales a los valores de " t " calculada.

Además de este análisis estadístico, también se efectuó una comparación gráfica ploteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspira-

ción acumulada, ambos con respecto al tiempo de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con la fórmula de Hargreaves modificada, para observar la tendencia que siguió cada una de las curvas y determinar si los valores medidos son equivalente a los valores calculados.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

El presente capítulo se divide en cuatro partes. La primera comprende los resultados y análisis de las variables respuesta por medio de las cuales se evaluó el efecto de los diferentes tratamientos. En la segunda se analiza el uso de agua por las plantas. En la tercera se comparan los resultados de evapotranspiración obtenida en los tratamientos, con los calculados por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y en la última se calculan los valores del coeficiente "C" obtenidos de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación de agua en el tanque tipo "A".

6.1 Variables respuesta

Las variables respuesta evaluadas fueron: Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea y número de plantas vivas por parcela útil al final del experimento. En el cuadro 3 se resumen los resultados promedio obtenidos en los diferentes tratamientos para cada una de las variables respuesta.

CUADRO 3. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES RESPUESTA.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO EN TM/ha		NUMERO DE PLANTAS VIVAS POR PARCELA UTIL AL FINAL DEL CICLO
	BULBOS	PLANTAS COMPLETAS	
F - 8	27.07	39.29	207.75
F - 12	23.65	34.78	207.50
F - 16	21.63	30.87	208.50
F - 20	17.63	25.52	205.75
F - 24	15.63	21.03	206.50
F - 28	13.32	18.76	209.75
F - 32	12.76	16.87	207.50

6.1.1 Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea.

En el cuadro 3 puede observarse que el tratamiento regado cada 8 días produjo el mayor rendimiento con 27.07 toneladas métricas por hectárea y que invariablemente la producción disminuyó, a medida que el intervalo de riego aumentó hasta llegar a una producción de 12.76 toneladas métricas por hectárea en el tratamiento regado cada 32 días.

Los resultados de rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea para cada tratamiento y repetición se encuentran en cuadro 6 del apéndice. El análisis de varianza que se encuentra en el cuadro 7 del apéndice muestra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se hizo prueba de Tukey cuyo resumen se presenta en el cuadro 8 del apéndice, donde la diferencia entre los tratamientos F-8, F-12, F-16, F-20 y F-24 es altamente significativa y no significativa para los tratamientos F-28 y F-32, por lo cual estadísticamente los rendimientos de estos últimos tratamientos se consideran iguales.

El rendimiento de bulbos como puede observarse en el cuadro 3 fue disminuyendo a medida que la frecuencia se hizo larga, hasta llegar a un momento en el cual la producción no solo fue menor, sino que también la calidad se vió afectada debido a que los bulbos sufren deformación, como sucedió en las frecuencias regadas cada 24, 28 y 32 días.

6.1.2 Rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea.

Los resultados de rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea para cada tratamiento y repetición se encuentran en el cuadro 9 del apéndice. El análisis de varianza del

cuadro 10 del apéndice muestra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos. El resumen de la prueba de Tukey, cuadro 11 del apéndice, indica que estadísticamente la diferencia entre los tratamientos F-8, F-12, F-16, F-20 y F-24 es altamente significativa y no significativa para los tratamientos F-28 y F-32. Al igual que en el rendimiento en bulbos, la producción de plantas completas en toneladas métricas por hectárea, disminuyó invariablemente al alargarse la frecuencia de riego.

6.1.3 Número de plantas vivas por parcela útil al final del ciclo.

El número promedio de plantas vivas puede observarse en el cuadro 3, notándose que es similar para todos los tratamientos. Los resultados organizados de número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo por tratamiento y repetición, se presentan en cuadro 12 del apéndice y el análisis de varianza se muestra en el cuadro 13 del apéndice, el cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por consiguiente, la aplicación de las diferentes frecuencias de riego no afectó la mortalidad de las plantas. Lo anterior confirma lo obtenido por Sánchez (15) y Sagastume (14), quienes tampoco tuvieron mortalidad de plantas.

6.2 Uso de agua por el cultivo

6.2.1 Riegos y láminas consumidas

En los cuadros del 14 al 21 se calcularon las láminas de agua consumida para los diferentes tratamientos. En el cuadro 4 puede observarse un resumen del consumo total de agua de los mismos y

el número de riegos aplicados.

CUADRO 4. NUMERO DE RIEGOS Y LAMINAS CONSUMIDAS

TRATAMIENTOS	NUMERO DE RIEGOS	LAMINA CONSUMIDA TOTAL (cms)
F - 8	9	27.90
F - 12	7	20.93
F - 16	5	18.51
F - 20	4	17.98
F - 24	3	17.32
F - 28	3	16.02
F - 32	3	15.44

El cuadro 14 corresponde al cálculo del consumo de agua durante 2 de las 3 semanas que corresponden a la etapa de establecimiento. La tercera está incluida en la lámina de agua consumida antes del primer riego, siendo diferente para cada uno de los tratamientos, en los 6 cuadros restantes.

De manera general puede observarse en el cuadro 4, que el consumo de agua es menor a medida que se alarga el intervalo de riego, lo cual se justifica debido a que las plantas al disponer de más agua tendrán que consumir más.

6.2.2 Agotamiento de humedad aprovechable del suelo

En las figuras de la 1 a la 7 del apendice, se grafica el porcentaje de humedad aprovechable y el porcentaje de humedad del suelo contra el tiempo en días. Los primeros 21 días corresponden a la etapa de establecimiento, momento a partir del cual se dió inicio al primer riego para cada uno de los tratamientos. De manera general

puede observarse que para todos los tratamientos el agotamiento de la humedad aprovechable fue incrementando a medida que transcurría el tiempo, acentuándose más en las etapas fenológicas del cultivo, que van de mediados del período hasta finales del mismo, lo cual sucedió en los últimos 42 días del ciclo.

La figura 1 corresponde al tratamiento F-8, en la cual puede observarse que aún en las etapas de mayor consumo no agotó más del 50% de la humedad aprovechable, debido a lo cual se considera que el cultivo en ningún momento fue sometido a altas tensiones, siendo el tratamiento que dió mejores rendimientos.

La figura 2 corresponde al tratamiento F-12, el cual muestra que el cultivo tampoco fue sometido a altas tensiones, siendo en la etapa final su mayor consumo el cual fue 55% de la humedad aprovechable, debido a lo cual su rendimiento es bastante bueno.

La figura 3 corresponde al tratamiento F-16, en la cual el agotamiento de la humedad aprovechable de la etapa media a la etapa final, incrementa su consumo hasta valores que van de 55% a 67% respectivamente, esto permite visualizar que el esfuerzo de tensión al que se sometió el cultivo no es grande aún, debido a lo cual se considera aceptable su rendimiento.

La figura 4 corresponde al tratamiento F-20, en la cual el agotamiento de la humedad de la humedad aprovechable en la etapa media, observa su mayor consumo con valores de 65% a 71%.

La figura 5 corresponde al tratamiento F-24, el cual a partir de la etapa de desarrollo ya ha

bía agotado un 55% de la humedad aprovechable, llegando a consumir un 89%, siendo notoria la disminución de su rendimiento.

La figura 6 corresponde al tratamiento F-28, en el cual el cultivo llegó a agotar un 90% de la humedad aprovechable, siendo grande el esfuerzo de tensión al cual es sometido el cultivo.

La figura 7 corresponde al tratamiento F-32, en el cual el cultivo llegó a agotar un 95% de la humedad aprovechable, mostrando desde la etapa de desarrollo un esfuerzo de tensión grande para el cultivo.

6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983.

En los cuadros 22 y 23 del apéndice puede observarse el cálculo de la evapotranspiración semanal por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y la tasa semanal de evapotranspiración para los siete tratamientos, Hargreaves modificada y la evaporación del tanque tipo "A".

Para verificar la adaptabilidad de la fórmula de Hargreaves modificada en 1982, en la estimación de la evapotranspiración del cultivo de la cebolla, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente es explicado por el modelo de regresión lineal simple, ~~en~~ encontrándose que desde el tratamiento F-8 al F-28, los coeficientes de determinación r^2 calculados (r^2_c) son mayores al tabulado (r^2_t), concluyéndose que el modelo explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos en el campo y los calculados por la fórmula, lo cual se observa en el cuadro 24 del apéndice, no siendo así para el tratamiento F-32 ya que posee un coeficiente de determinación calculado, menor que el tabulado.

Realizando la prueba de "t" para probar que la pendiente de la recta es igual a uno y el intercepto igual a cero, se encontró que estadísticamente solo el tratamiento F-8 fue igual a uno e igual a cero. Esto indica que los valores de evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, son equivalentes a los medidos en el tratamiento F-8, por lo que la misma se adapta a la región. Para los tratamientos F-12 al F-28 por poseer un coeficiente de determinación r^2 calculado mayor al tabulado, el análisis de correlación indica que los datos calculados por Hargreaves 1983, no son equivalentes, pero pueden ajustarse.

En la figura 8 del apéndice puede observarse graficamente el comportamiento de la evapotranspiración semanal acumulada para todos los tratamientos y la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983.

De esta manera tenemos una visión clara del comportamiento de cada una de estas, especialmente el del tratamiento F-8, que según nuestros análisis estadísticos es equivalente a los calculados por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, lo cual se ilustra en la figura 9 del apéndice.

6.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación evapotranspiración/evaporación.

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

El cuadro 25 del apéndice muestra los coeficientes "C" semanales, para cada tratamiento durante el ciclo

del cultivo obtenido de la relación mencionada, cuyos valores aumentan a medida que transcurre el ciclo del cultivo y variando a finales. Debido a esa circunstancia para los tratamientos de mejores rendimientos F-8, F-12 y F-16, se elaboró el cuadro 5 que se detalla a continuación.

CUADRO 5. RELACION EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION, PARA LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO.

ETAPA FENOLOGICA DEL CULTIVO	DURACION	RELACION Et/Ev PROMEDIO
Inicial (21 días)	8-1-87 al 28-1-87	0.25
Desarrollo (28 días)	29-1-87 al 25-2-87	0.31
Media (28 días)	26-2-87 al 25-3-87	0.49
Final (14 días)	26-3-87 al 8-4-87	0.55

Los coeficientes "C" que aparecen en el cuadro anterior constituyen un dato valioso para el cálculo de evapotranspiración partiendo únicamente de datos de evaporación, además de explicar por sí mismos la relación que existe entre la evapotranspiración medida en el campo y la evaporación del tanque tipo "A".

7. CONCLUSIONES

- 7.1 Las frecuencias de riego utilizadas, si tienen efecto sobre el rendimiento de bulbos y plantas completas de cebolla. Obteniéndose un rendimiento promedio de bulbos de 27.07, 23.65, 21.63, 17.63, 15.63, 13.32 y 12.76 TM/ha., para los tratamientos regados cada 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días respectivamente.
- 7.2 El número de plantas vivas al final del experimento, no se vió afectado por las frecuencias de riego usadas en este estudio.
- 7.3 La lámina de agua consumida por el cultivo de la cebolla disminuye mientras mayor es el intervalo de riego, siendo de 27.90, 20.93, 18.51, 17.98, 17.32, 16.02 y 15.34 cm. para intervalos de riego de 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días respectivamente.
- 7.4 El agotamiento de la humedad aprovechable se incrementa a medida que la edad del cultivo de cebolla avanza, acentuándose más en las etapas fenológicas que van de mediados a finales del período. Para todos los tratamientos el agotamiento de la humedad aprovechable en ningún momento alcanzó valores de punto de marchitez permanente.
- 7.5 Estadísticamente los valores de tasa de evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y los medidos en el campo con el intervalo de riego de 8 días son equivalentes. La evapotranspiración calculada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y la medida en los tratamientos regados cada 12, 16, 20, 24 y 28 días tienen una alta correlación, por lo que la misma puede ser ajustada para usarla en el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de cebolla.
- 7.6 El coeficiente "C" promedio obtenido de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque

tipo "A", para los tratamientos regados cada 8, 12, y 16 días fue de 0.25 para la etapa inicial, de 0.31 para el desarrollo del cultivo, 0.49 para mediados del período, 0.55 para finales del período.

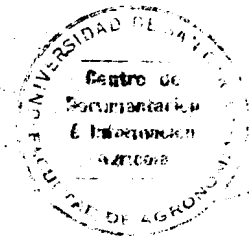
8. RECOMENDACIONES

1. Que este tipo de investigaciones se continúe realizando en la misma región, época y cultivo para confirmar los resultados obtenidos.
2. Utilizar la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, para el cálculo de la evapotranspiración cuando se riegue el cultivo de cebolla con una frecuencia de 8 días.
3. Bajo condiciones de escasez de agua en el área se recomienda programar riegos hasta 16 días, debido a que el rendimiento se considera aceptable.
4. Los coeficientes "C" obtenidos de la relación evapotranspiración/evaporación del tanque tipo "A" pueden utilizarse como datos preliminares, por lo tanto se recomienda seguirlos afinando ya que constituye un método sencillo, práctico y aplicable a la región, facilitando de esta forma el cálculo de la evapotranspiración para el cultivo de cebolla.

9. BIBLIOGRAFIA

1. 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. 63 p.
2. CRUZ, S., J. R. DE LA. 1976. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala. Instituto Nacional de Forestación. 24 p.
3. DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. 1979. Efecto del agua sobre rendimientos de los cultivos. Roma, FAO. 212 p.
4. GAVANDE, S. A. 1973. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, Limusa. 351 p.
5. GRASSI, C. s.f. 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. 107 p.
6. _____ 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos, criterios y procedimientos. Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje, Material Didáctico no. RD-8. 88 p.
7. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. DIVISION DE RECURSOS HIDRAULICOS. 1968. Programa nacional de pequeño riego, proyecto la Laguna del Hoyo. Guatemala. 85 p.
8. _____ INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. 1977. El cultivo de la cebolla tipo seco en la región nor-oriental. Guatemala, ICTA. Folleto Técnico no. 5. 18 p.
9. GUDIEL, V. N. 1985. Manual agrícola superb. 6 ed. Guatemala, Superb. 391 p.
10. HARGREAVES, H. G. s.f. Estimating crop evapotranspiration requirements. s.n.t.
11. ISRAELSEN O. W.; HANSEN, V. E. 1979. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. España, Reverte. 391 p.
12. 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.

13. PEÑA IDELFONSO, M. R. DE LA. 1973. Elementos para el uso y manejo eficiente del agua de riego. México. Subsecretaría de Agricultura y Operación, Dirección General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico no. 387. 351 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. 68 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. SOBERANIS LOPEZ, J. L. 1983. Efecto de la frecuencia de riego en los rendimientos y medición de la evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum), en la unidad de riego de el Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
17. TELLO SAMAYOA, C. A. 1983. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración de chile pimiento (Capsicum annum L.) en la unidad de riego de el Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
18. WITHER, B.; VIPOND, S. 1979. El riego, diseño y práctica. 2 ed. Madrid, España, Diana. 351 p.
19. ZEA MORALES, J. L. 1984. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del cultivo del tomate (Lycopersicum esculentum), en un suelo de la seris Chicaj del Valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78 p.



Nombre: David Armando Pineda Herrera, carnet No. 52285.

EFFECTO DE SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DE LA CEBOLLA (Allium cepa L.), para la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, Municipio de Monjas, Jalapa.

10. A P E N D I C E

CUADRO 6. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA, PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL Y_i	PROMEDIO \bar{Y}_i
	I	II	III	IV		
F - 8	26.74	26.01	27.95	27.59	108.29	27.07
F - 12	22.59	24.39	25.03	22.60	94.61	23.65
F - 16	20.30	22.76	22.00	21.48	86.54	21.63
F - 20	16.97	17.38	18.52	17.68	70.55	17.63
F - 24	14.16	15.94	17.12	15.30	62.52	15.63
F - 28	12.91	12.28	14.24	13.86	53.29	13.32
F - 32	11.62	12.46	13.44	13.52	51.04	12.76
TOTAL Y_j	125.29	131.22	138.3	132.03	526.84	
PROMEDIO \bar{Y}_j	17.90	18.74	19.76	18.86		18.81

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					0.05	0.01
Bloque	3	12.14	4.04	8.41	3.16*	5.09**
Tratamiento	6	711.606	118.601	247.08	2.66*	4.01**
Error	18	8.706	0.48			
Total	27	732.46				

C. V.: Coeficiente de variación = 2.68%

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	INTERPRETACIONES
F - 8	27.04	a
F - 12	23.65	b
F - 16	21.63	c
F - 20	17.63	d
F - 24	15.63	e
F - 28	13.32	f
F - 32	12.76	f

CUADRO 9. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTALES	PROMEDIOS
	I	II	III	IV	Yi	\bar{Y}_i
F - 8	38.94	38.07	40.64	39.50	157.15	39.29
F - 12	33.82	34.65	36.76	33.90	139.13	34.78
F - 16	29.58	32.64	31.09	30.18	123.49	30.87
F - 20	24.61	26.02	26.47	24.99	102.09	25.52
F - 24	19.49	21.40	22.57	20.68	84.14	21.03
F - 28	17.76	18.70	19.54	10.05	75.05	18.76
F - 32	15.37	16.77	17.61	17.73	67.48	16.87
TOTAL Yj	179.57	188.25	194.68	186.03	748.53	
PROMEDIO \bar{Y}_j	25.65	26.89	27.81	26.57		26.73

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADA METRICA POR HECTAREA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	CALCULADA	F TABULADA	
					0.05	0.01
Bloque	3	16.66	5.55	9.719	3.16*	5.09**
Tratamiento	6	1737.14	289.52		2.66*	4.01**
Error	18	10.28	0.571			
Total	27	1764.079				

C.V.: Coeficiente de variación = 2.82%.

CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	MEDIAS	INTERPRETACION
F - 8	39.29	a
F - 12	34.78	b
F - 16	30.87	c
F - 20	25.52	d
F - 24	21.03	e
F - 28	18.76	f
F - 32	16.87	f

CUADRO 12. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO, POR TRATAMIENTOS Y REPETICION

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL Y _i	PROMEDIO \bar{Y}_i
	I	II	III	IV		
F - 8	14.42	14.21	14.52	14.49	57.64	14.41
F - 12	14.28	14.42	14.66	14.24	57.60	14.40
F - 16	14.32	14.49	14.56	14.39	57.76	14.44
F - 20	14.35	14.28	14.56	14.18	57.37	14.34
F - 24	14.25	14.39	14.69	14.14	57.47	14.37
F - 28	14.31	14.45	14.56	14.59	57.91	14.48
F - 32	14.17	14.32	14.59	14.52	57.60	14.40
TOTAL Y _j	100.10	100.56	102.14	100.55	403.55	
PROMEDIO \bar{Y}_j	14.30	14.36	14.59	14.36		14.40

NOTA: A los resultados originales de número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo por tratamiento y repetición se les sacó raíz cuadrada, para convertirlas de variables discretas a continuas.

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO DEL CULTIVO POR PARCELA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					0.05	0.01
Bloque	3	0.343	0.114	3.37	3.16*	5.09
Tratamiento	6	0.048	0.008	0.23	2.66NS	4.01NS
Error	18	0.609				
Total	27	1.00				

* Significativo

NS No Significativo

C.V. Coeficiente de Variación 1.27%

CUADRO 14. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS DURANTE LOS RIEGOS GENERALES.

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS (cms)	AJUSTE	LAMINA CONSUMI DA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
13-1-87	31.18	15-1-87	30.51	0.67	0.247	0.618	0.8653
18-1-87	31.44	20-1-87	30.76	0.68	0.250	0.625	0.8750
Lámina Parcial							1.74

CUADRO 15. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-8

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS (cms)	* AJUSTE (cms)	LAMINA CONSUMI DA. (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
23-1-87	31.3	28-1-87	29.28	2.02	0.74	0.45	1.19
31-1-87	30.73	5-2-87	28.51	2.22	0.82	0.49	1.31
8-2-87	30.85	13-2-87	28.48	2.37	0.87	0.52	1.39
16-2-87	30.98	21-2-87	27.25	3.73	1.38	0.83	2.20
24-2-87	30.81	1-3-87	26.86	3.95	1.46	0.87	2.33
4-3-87	31.27	9-3-87	26.46	4.81	1.77	1.06	2.83
12-3-87	29.91	17-3-87	24.26	5.65	2.08	1.25	3.33
20-3-87	29.88	25-3-87	23.07	6.81	2.51	1.50	4.02
28-3-87	30.01	2-4-87	22.14	7.87	2.90	1.74	4.64
5-4-87	29.82	8-4-87	25.02**	4.80	1.77	1.18	2.95

** = Humedad al momento de cosechar

DR = Después del riego

Ar = Antes del riego

* = Ver cuadro 21

Lámina parcial 26.16
Riegos generales- 1.74
Lámina total consumida 27.90

CUADRO 16. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-12

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS (cms)	* AJUSTE (cms)	LAMINA CONSUMI DA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
23-1-87	31.3	28-1-87	29.09	2.21	0.81	0.49	1.30
31-1-87	31.52	9-2-87	27.70	3.82	1.40	0.47	1.87
12-1-87	30.71	21-2-87	25.58	5.13	1.89	0.63	2.52
24-2-87	30.15	5-3-87	24.42	5.73	2.11	0.70	2.81
8-3-87	30.62	17-3-87	23.06	7.56	2.78	0.92	3.70
20-3-87	29.99	29-3-87	21.40	8.59	3.17	1.05	4.21
1-4-87	30.23	8-4-87	25.20**	5.03	1.86	0.92	2.78

** Humedad al momento de cosechar.

Lámina parcial 19.19
Riegos generales 1.74
Lámina total consumida 20.93

CUADRO 17. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA POR EL TRATAMIENTO F-16

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS (cms)	AJUSTE* (cms)	LAMINA CONSUMI DA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
23-1-87	31.3	28-1-87	29.22	2.08	0.77	0.46	1.23
31-1-87	31.45	13-2-87	26.59	4.86	1.79	0.41	2.20
16-2-87	31.32	1-3-87	25.19	6.13	2.26	0.52	2.78
4-3-87	31.18	17-3-87	22.49	8.69	3.20	0.74	3.94
20-3-87	30.00	2-4-87	19.44	10.56	3.89	0.90	4.79
5-4-87	29.82	8-4-87	26.84**	2.98	1.10	0.73	1.83
** Humedad al momento de cosecha					Lámina parcial		16.77
					Riegos generales		1.74
					Lámina total consumida		18.51

CUADRO 18. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-20

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS (cms)	AJUSTE* (cms)	LAMINA CONSUMI DA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
23-1-87	31.3	28-1-87	29.40	1.9	0.70	0.42	1.12
31-1-87	30.77	17-2-87	23.59	7.18	2.65	0.47	3.12
20-2-87	30.26	9-3-87	19.96	10.30	3.80	0.67	4.47
12-3-87	29.89	29-3-87	18.74	11.15	4.11	0.72	4.83
1-4-87	30.22	8-4-87	25.35**	4.87	1.80	0.90	2.80
** Humedad al momento de cosecha.					Lámina parcial		16.24
					Riegos generales		1.74
					Lámina total consumida		17.98

CUADRO 19. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-24.

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREO	* AJUSTE	LAMINA CONSUMI- DA
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%		(cms)	(cms)	(cms)
23-1-87	31.3	28-1-87	28.94	2.36	0.87	0.52	1.39
3-1-87	30.97	21-2-87	22.25	8.72	3.21	0.46	3.67
24-2-87	31.13	17-3-87	17.16	13.97	5.15	0.73	5.89
20-3-87	29.78	8-4-87	19.01 ^{**}	10.77	3.97	0.66	4.63
** Humedad al momento de cosecha.					Lámina parcial		15.58
					Riegos generales		1.74
					Lámina total consumida		17.32

CUADRO 20. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-28

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTRAS	* AJUSTE	LAMINA CONSUMI- DA
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%		(cms)	(cms)	(cms)
23-1-87	31.3	28-1-87	28.81	2.49	0.92	0.55	1.47
31-1-87	30.93	25-2-87	21.01	9.92	3.66	0.44	4.09
28-2-87	30.83	25-3-87	16.76	10.04	5.19	0.62	5.81
28-3-87	30.45	8-4-87	24.37 ^{**}	6.08	2.24	0.67	2.91
** Humedad al momento de cosecha.					Lámina parcial		14.28
					Riegos generales		1.74
					Lámina total consumida		16.02

CUADRO 21. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-32

PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE REN- CIA	CONSUMO ENTRE MUESTREOS (cms)	* AJUSTE (cms)	LAMINA CONSUM. DA (cms)
DR		AR					
FECHA	%	FECHA	%				
23-1-87	31.3	28-1-87	28.96	2.34	0.86	0.52	1.38
31-1-87	31.18	1-3-87	19.38	11.80	4.35	0.45	4.80
4-3-87	30.62	2-4-87	15.71	14.91	5.50	0.57	6.07
5-4-87	30.39	8-4-87	28.04**	2.35	0.87	0.58	1.45

** Humedad al momento de cosecha

Lámina parcial	13.70
Riegos generales	1.74
Lámina total consumida	15.44

* Ajuste proporcional que corresponde a tres días en los cuales no se determinó en el campo, el consumo de agua entre los muestreos previos (1 día) y posteriores (2 días) al riego.

CUADRO 22. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1983 PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

FECHA	DURACION DEL PERIODO EN SEMANAS	PROMEDIO DE TEMPERATURA MAXIMA SEMANAL °C	PROMEDIO DE TEMPERATURA MINIMA SEMANAL °C	T.D. ^{0.5} °C	Ra mm/sem.	Rs mm/sem.	TEMPERATURA MEDIA DIA	Etp mm/sem	Etc Kc mm/sem	Etc	Etc ACUMULADA (mm)
8-1-87 14-1-87	1	20.57	7.22	3.65	86.1	51.85	57.01	22.16	0.5	11.8	11.08
15-1-87 21-1-87	1	23.72	7.13	4.07	86.1	57.82	59.76	25.91	0.5	12.95	24.08
22-1-87 28-1-87	1	19.37	8.24	3.34	86.1	47.45	56.84	20.22	0.5	10.11	34.14
29-1-87 4-2-87	1	25.25	14.6	3.26	91.0	48.95	67.86	24.91	0.67	16.69	50.83
5-2-87 11-2-87	1	28.42	17.5	3.30	94.67	51.54	73.33	28.34	0.67	18.28	69.81
12-2-87 18-2-87	1	25.31	20.6	2.17	94.67	33.89	73.31	18.63	0.67	12.48	82.29
19-2-87 25-2-87	1	31.36	18.88	3.53	94.67	55.14	77.22	29.86	0.67	20.00	102.29
26-2-87 4-3-87	1	32.36	16.97	3.92	99.97	64.66	76.39	37.04	1.0	37.04	139.41
5-3-87 11-3-87	1	29.01	10.9	4.25	103.95	72.89	67.91	37.12	1.0	37.12	176.53
12-3-87 18-3-87	1	29.85	10.97	4.24	103.95	72.22	67.83	36.99	1.0	36.99	213.52
19-3-87 25-3-87	1	34.14	13.04	4.59	103.95	78.72	74.46	43.96	1.0	43.96	257.48
26-3-87 1-4-87	1	32.15	14.03	4.26	104.77	76.64	73.56	42.28	1.0	42.28	299.76
2-4-87 8-4-87	1	31.17	13.47	4.21	109.69	76.19	72.17	41.23	1.0	41.23	340.99

87

CUADRO 23. VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN MILIMETROS PARA DIFERENTES TRATAMIENTOS, HARGREAVES MODIFICADO EN 1983 Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".

SEMANA	T R A T A M I E N T O S							HARGREA VES MO- DIFICADA	EVAPORA- CION TANQUE
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	F-32		
1	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	11.08	32.80
2	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	12.95	36.70
3	10.40	11.27	10.57	9.80	12.20	12.70	12.00	10.11	42.50
4	11.30	10.91	9.76	10.70	10.90	12.03	10.70	16.69	41.00
5	12.00	11.40	9.63	10.92	10.70	10.22	10.50	18.98	39.60
6	16.20	14.70	11.07	10.92	10.70	10.22	10.50	12.48	48.00
7	19.70	15.42	12.15	15.64	13.55	10.22	10.50	20.00	39.70
8	21.60	16.40	13.60	15.64	17.20	13.91	11.20	37.04	45.30
9	25.40	20.30	17.20	15.90	17.20	14.50	13.30	37.12	32.30
10	29.10	21.60	17.20	16.90	17.20	14.50	13.30	36.99	41.70
11	35.10	24.50	20.90	16.90	15.43	14.50	13.30	43.96	54.60
12	39.80	23.72	20.90	18.00	15.43	15.20	13.30	42.28	51.70
13	41.00	21.60	24.30	21.00	15.43	15.30	18.20	41.23	52.50
TOTAL	279.00	209.22	184.68	179.72	173.34	160.70	154.20	340.99	558.70

CUADRO 24. VALORES DE PENDIENTE, INTERCEPTO, PRUEBAS DE HIPO-
TESIS, CORRELACION Y COEFICIENTES DE DETERMINACION
 r^2 DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATA-
MIENTOS VERSUS FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN
1983.

TRATA- MIENTO	PENDIENTE	INTERCEPTO	t_c b_1	t_c b_0	CORRE- LACION	DETERMI- NANTE r^2 c
F - 8	0.80 = 1	0.47 = 0	-1.90	0.05	**	0.8495
F - 12	0.39 ≠ 1	5.80 ≠ 0	-12.66	2.94	**	0.8580
F - 16	0.35 ≠ 1	4.81 ≠ 0	-13.21	2.38	**	0.83
F - 20	0.27 ≠ 1	6.69 ≠ 0	-19.72	5.74	**	0.83
F - 24	0.21 ≠ 1	7.85 ≠ 0	-23.41	7.96	**	0.77
F - 28	0.16 ≠ 1	8.16 ≠ 0	-45.23	27.65	**	0.79
F - 32	0.13 ---	8.22 ---	---	---	N.S.	0.55

$$t_t (11, 0.05) = 2.201$$

$$r_t (11, 0.001) = 0.801$$

$$r^2_t (11, 0.001) = 0.64$$

++ : Altamente significativo

N.S.: No significativo

CUADRO 25. RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE TIPO "A".

SEMANA NUMERO	T R A T A M I E N T O S						
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	F-32
	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev
1	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
2	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
3	0.24	0.27	0.25	0.23	0.29	0.30	0.28
4	0.28	0.27	0.24	0.26	0.27	0.29	0.26
5	0.30	0.29	0.24	0.28	0.27	0.26	0.27
6	0.34	0.31	0.23	0.23	0.22	0.21	0.22
7	0.50	0.39	0.31	0.39	0.34	0.26	0.26
8	0.48	0.36	0.30	0.35	0.38	0.31	0.25
9	0.79	0.63	0.53	0.49	0.53	0.45	0.41
10	0.70	0.52	0.41	0.41	0.41	0.35	0.32
11	0.64	0.45	0.38	0.31	0.28	0.27	0.24
12	0.77	0.46	0.40	0.35	0.30	0.29	0.26
13	0.78	0.41	0.46	0.40	0.29	0.29	0.35

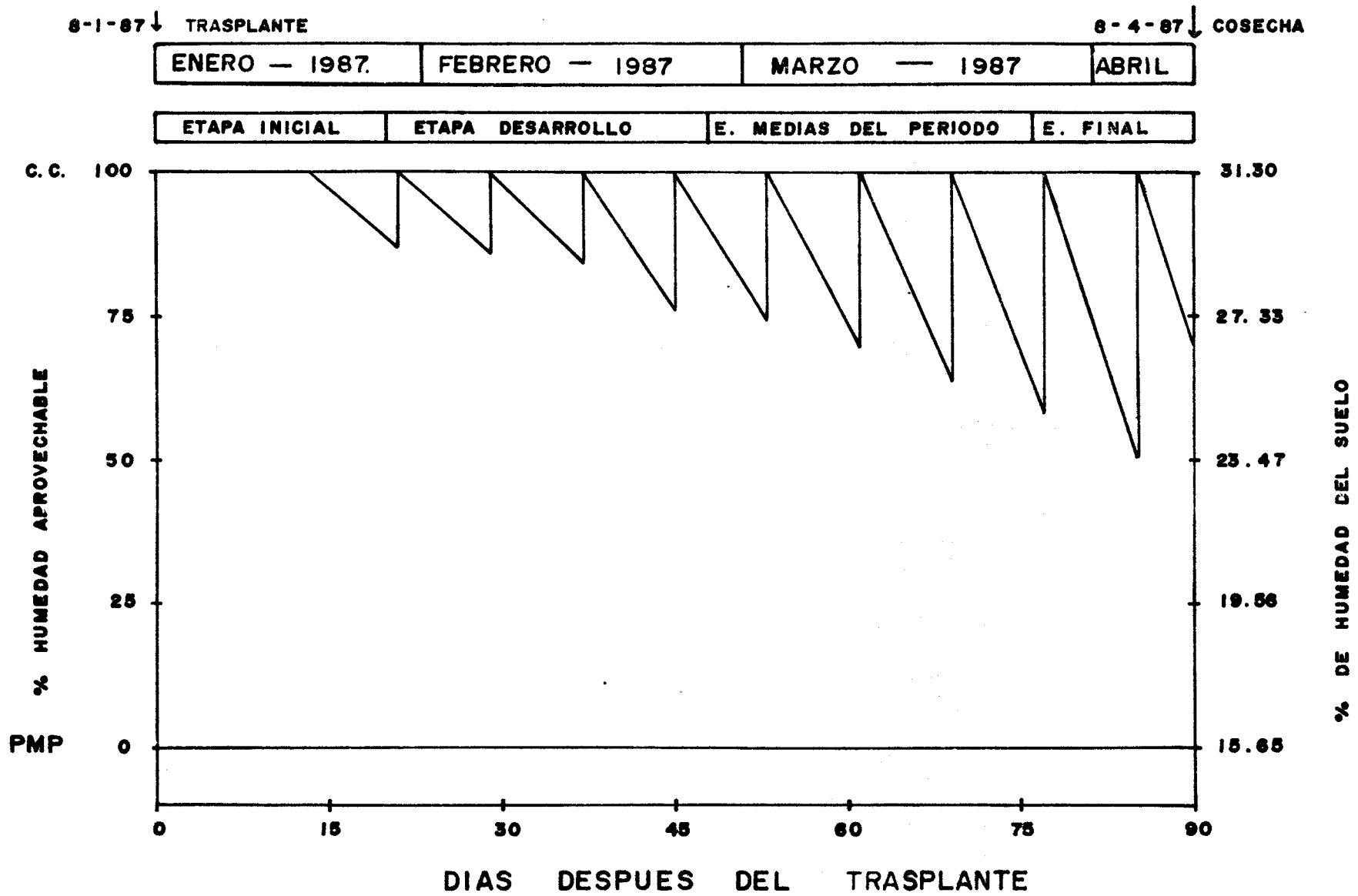


FIG. 1 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA
EL TRATAMIENTO F - 8

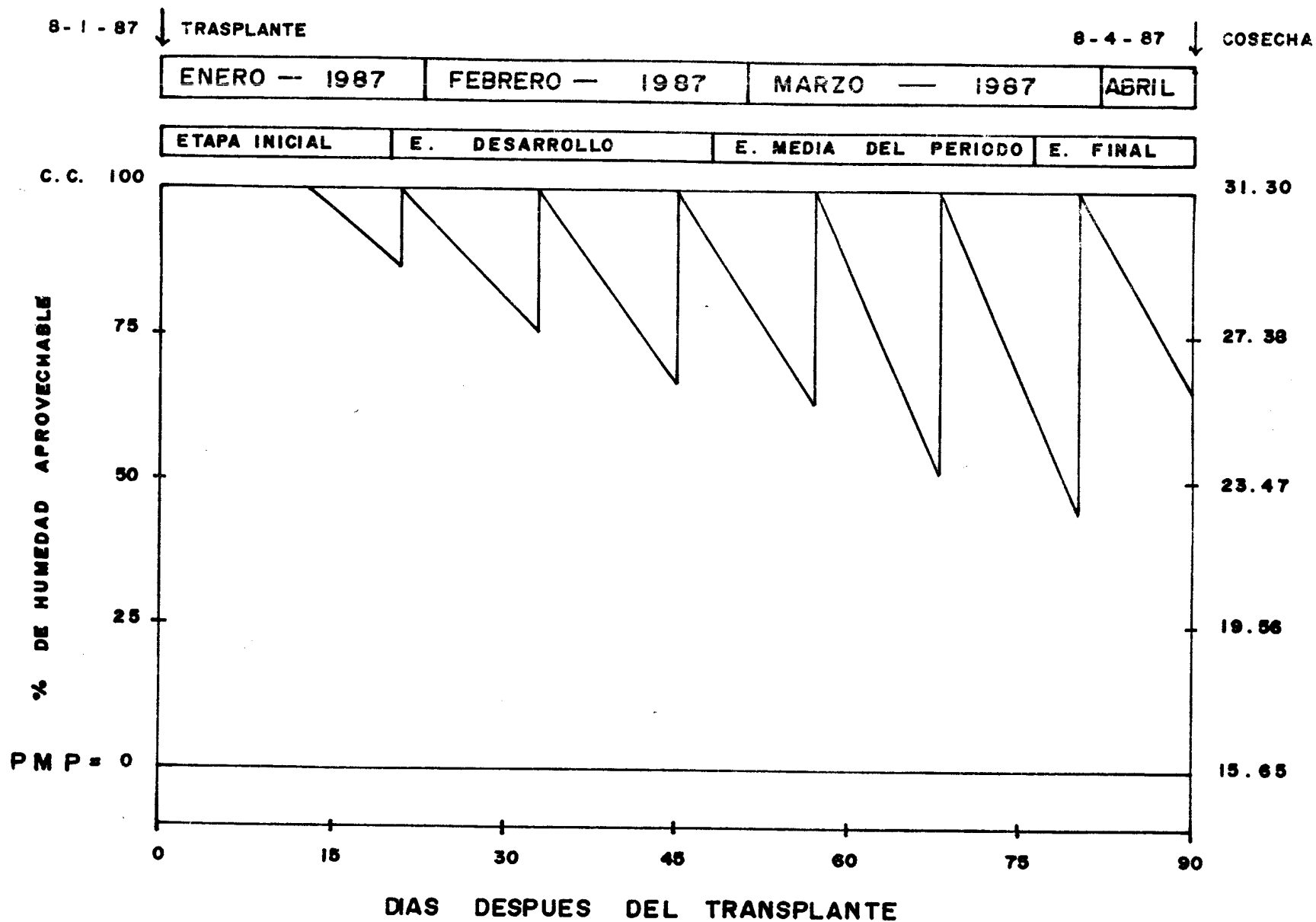


FIG. 2 % DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA
EL TRATAMIENTO F-12

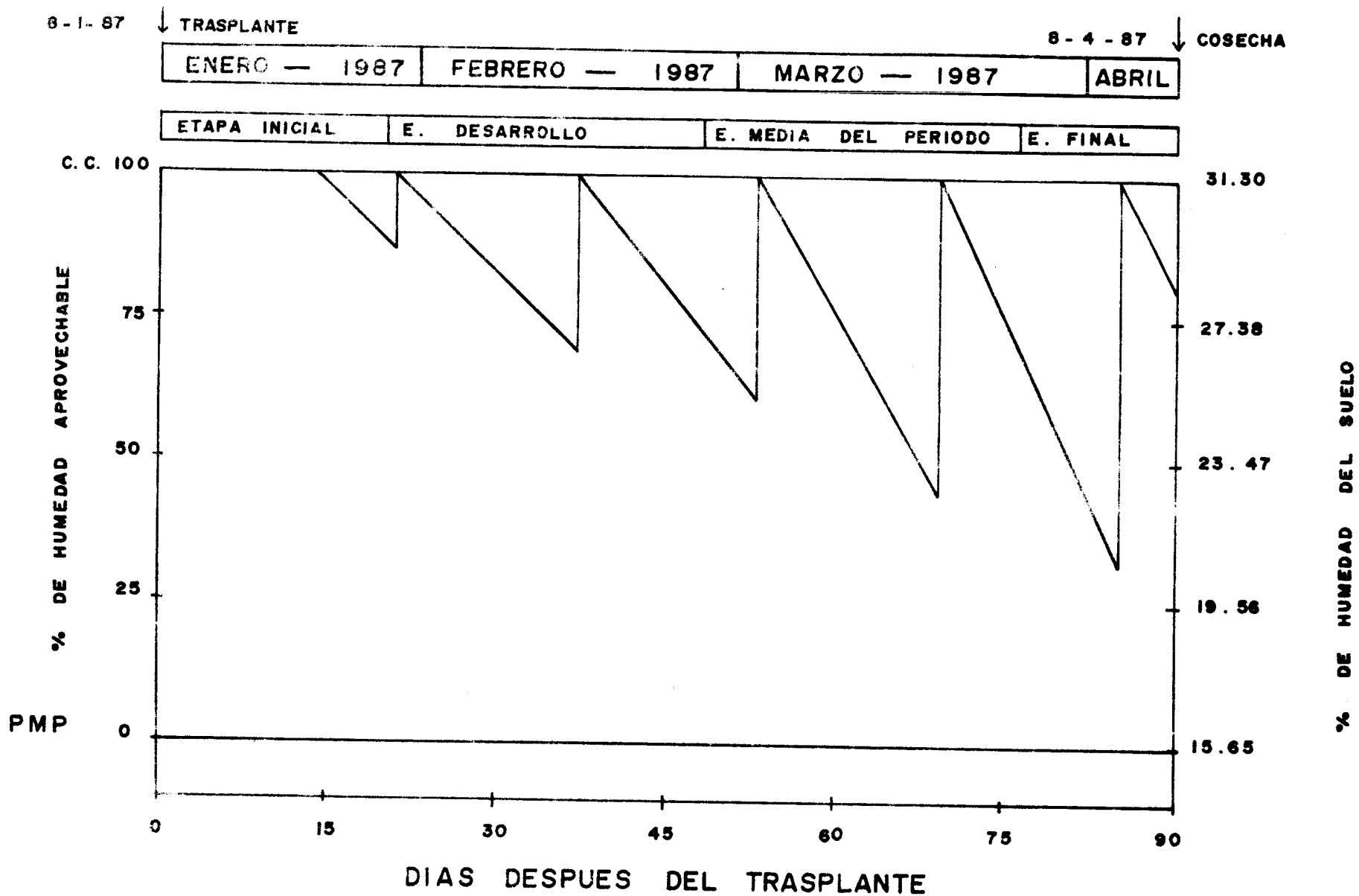


FIG. 3 % DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F - 16

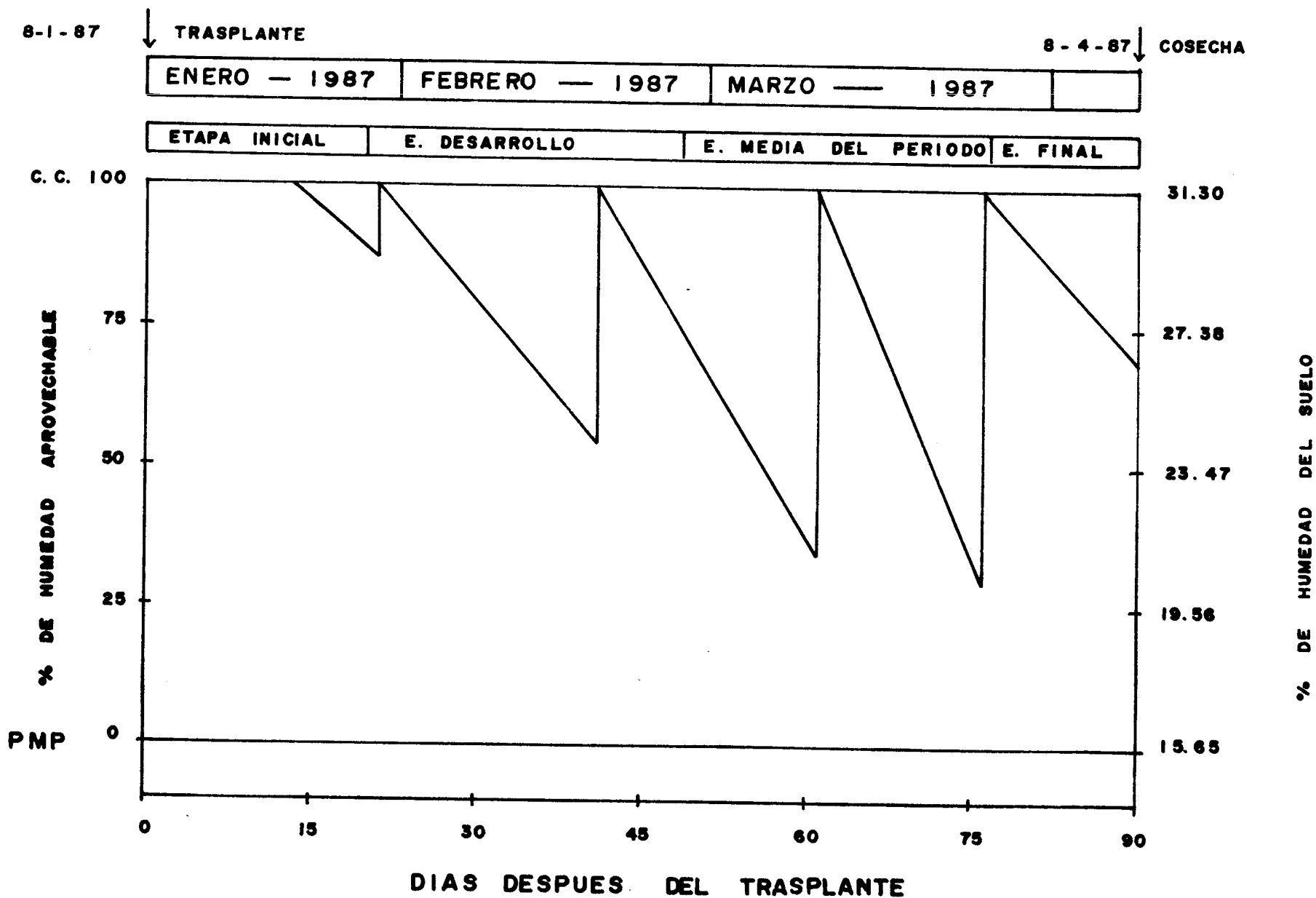


FIG. 4

% DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-20

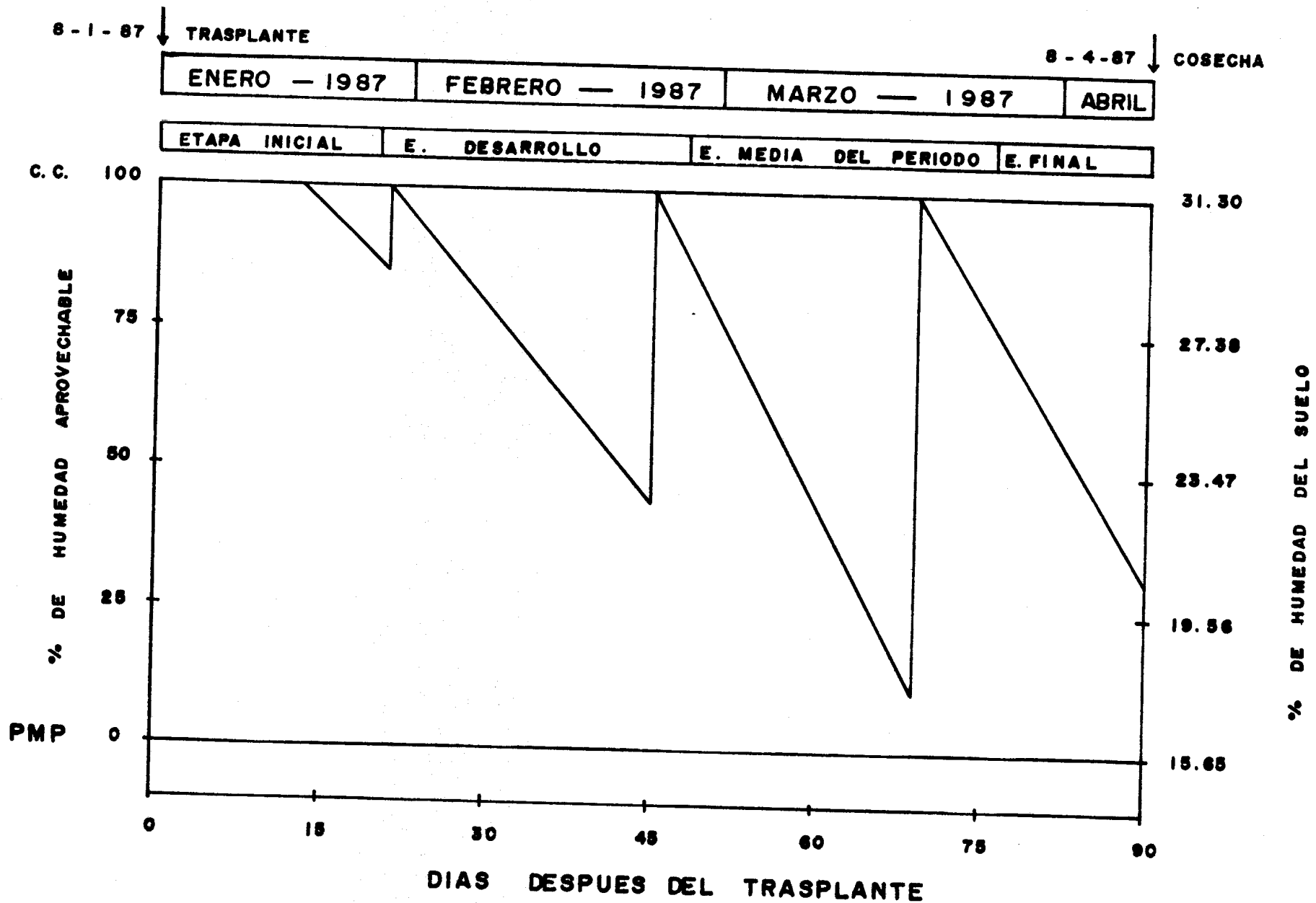


FIG. 5

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

8-1-87

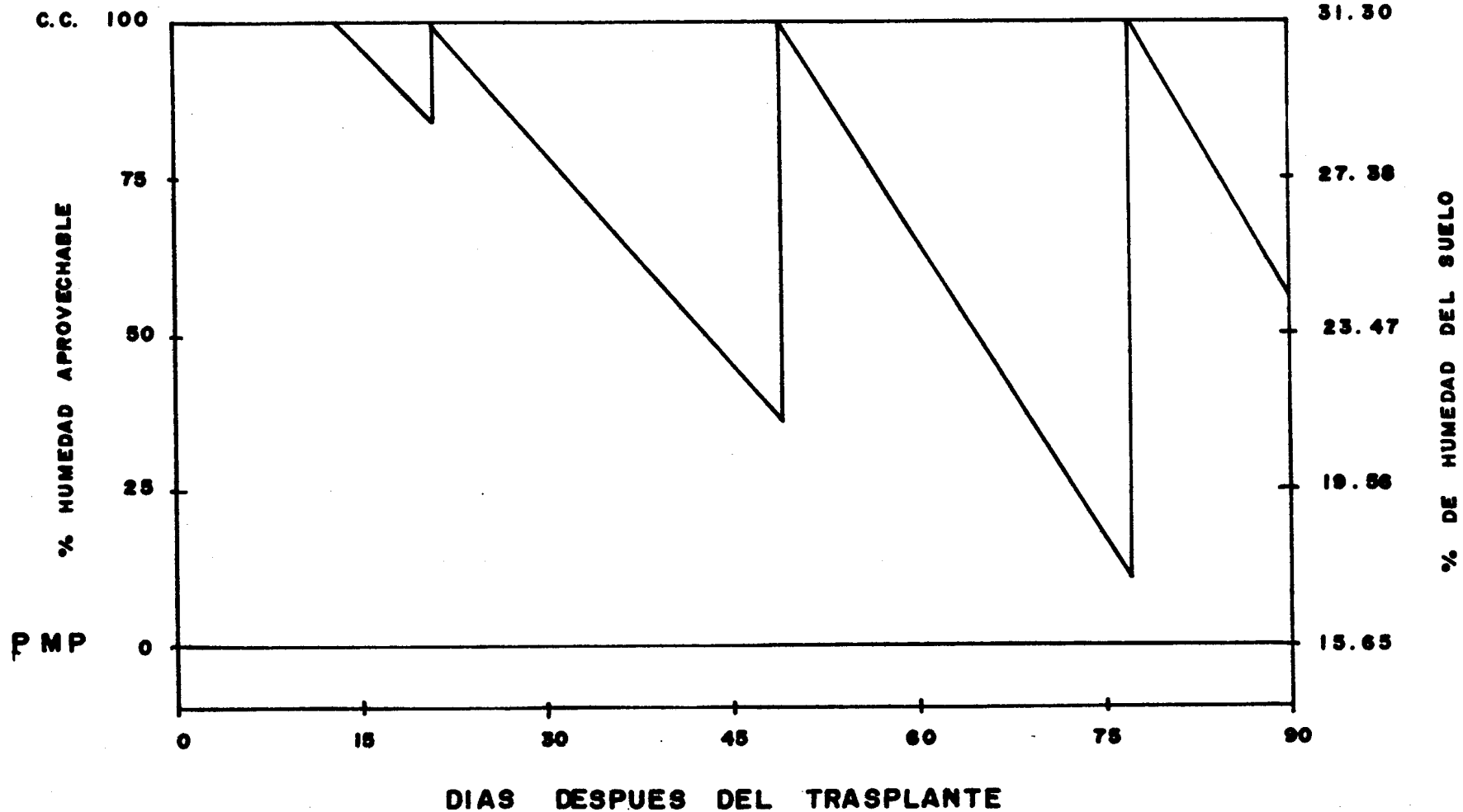
TRASPLANTE

8-4-87

COSECHA

ENERO — 1987	FEBRERO — 1987	MARZO — 1987	ABRIL
--------------	----------------	--------------	-------

ETAPA INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIA DEL PERIODO	E. FINAL
---------------	---------------	----------------------	----------



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

FIG. 6

% DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-28

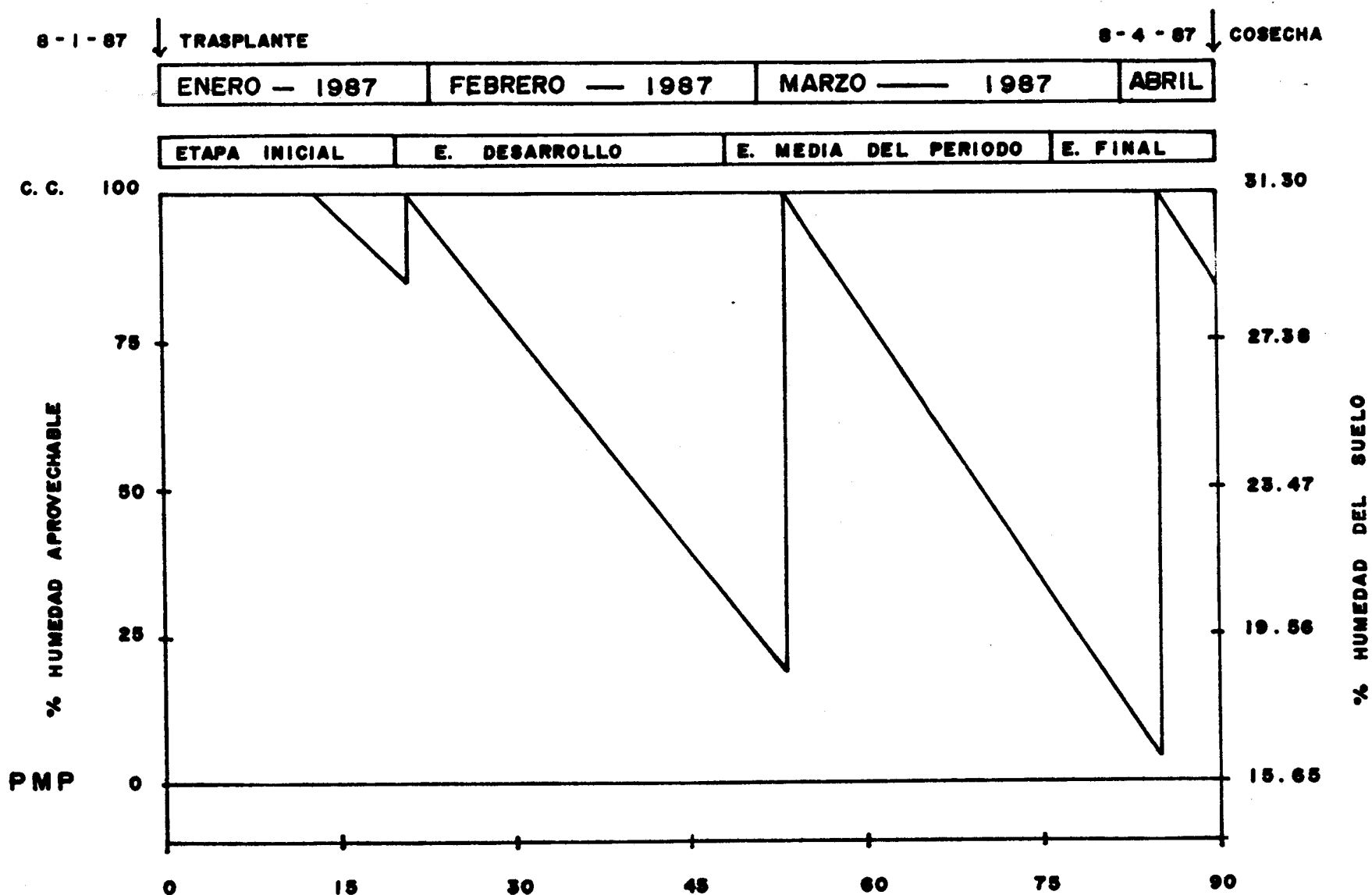


FIG. 7

% DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO
PARA EL TRATAMIENTO F-32

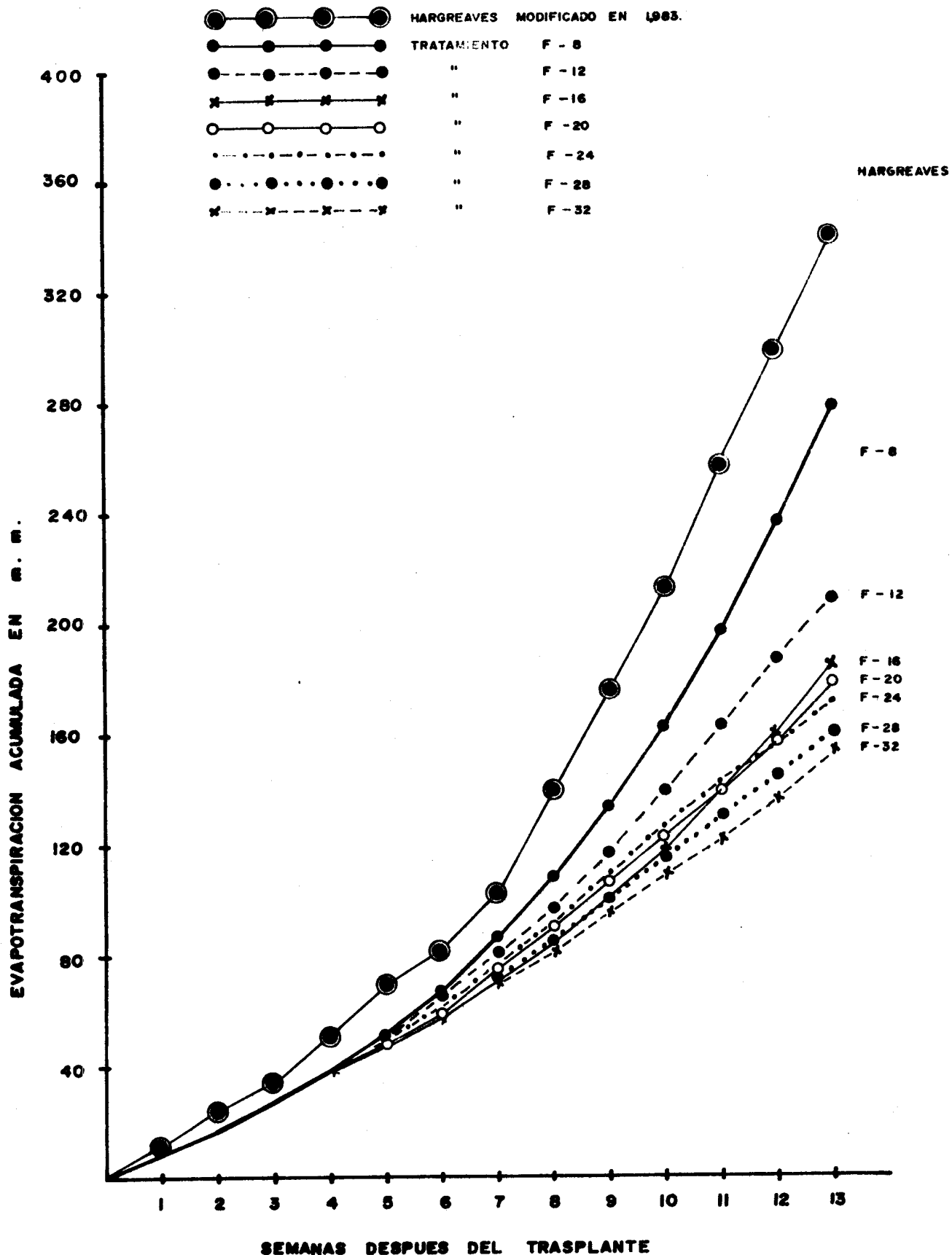


FIG. 8 EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL ACUMULADA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y HARGREAVES MODIFICADO EN 1,983.

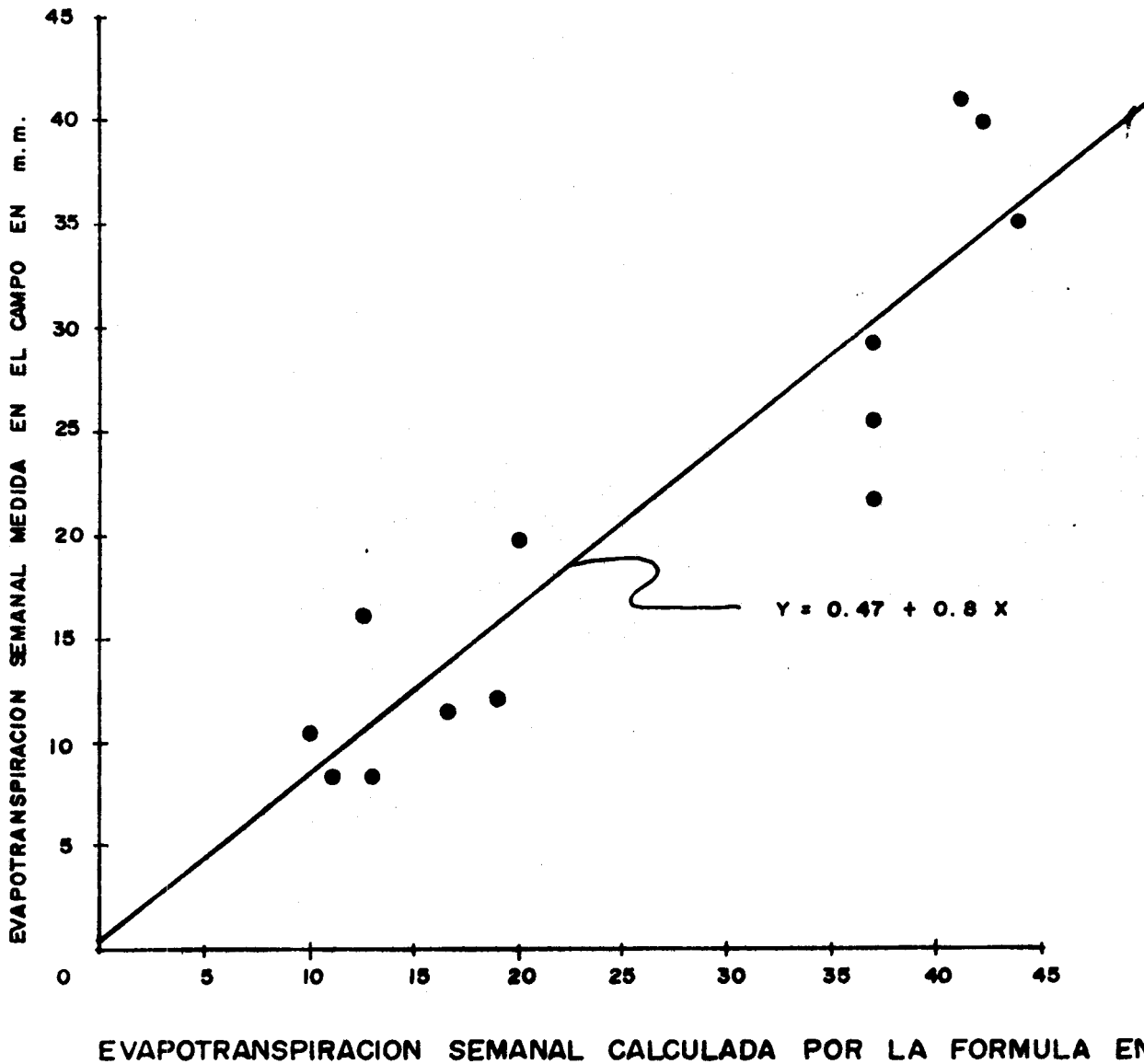


FIG. 9 RELACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL MEDIDA EN EL CAMPO Y LA CALCULADA POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1983 PARA EL TRATAMIENTO F-8

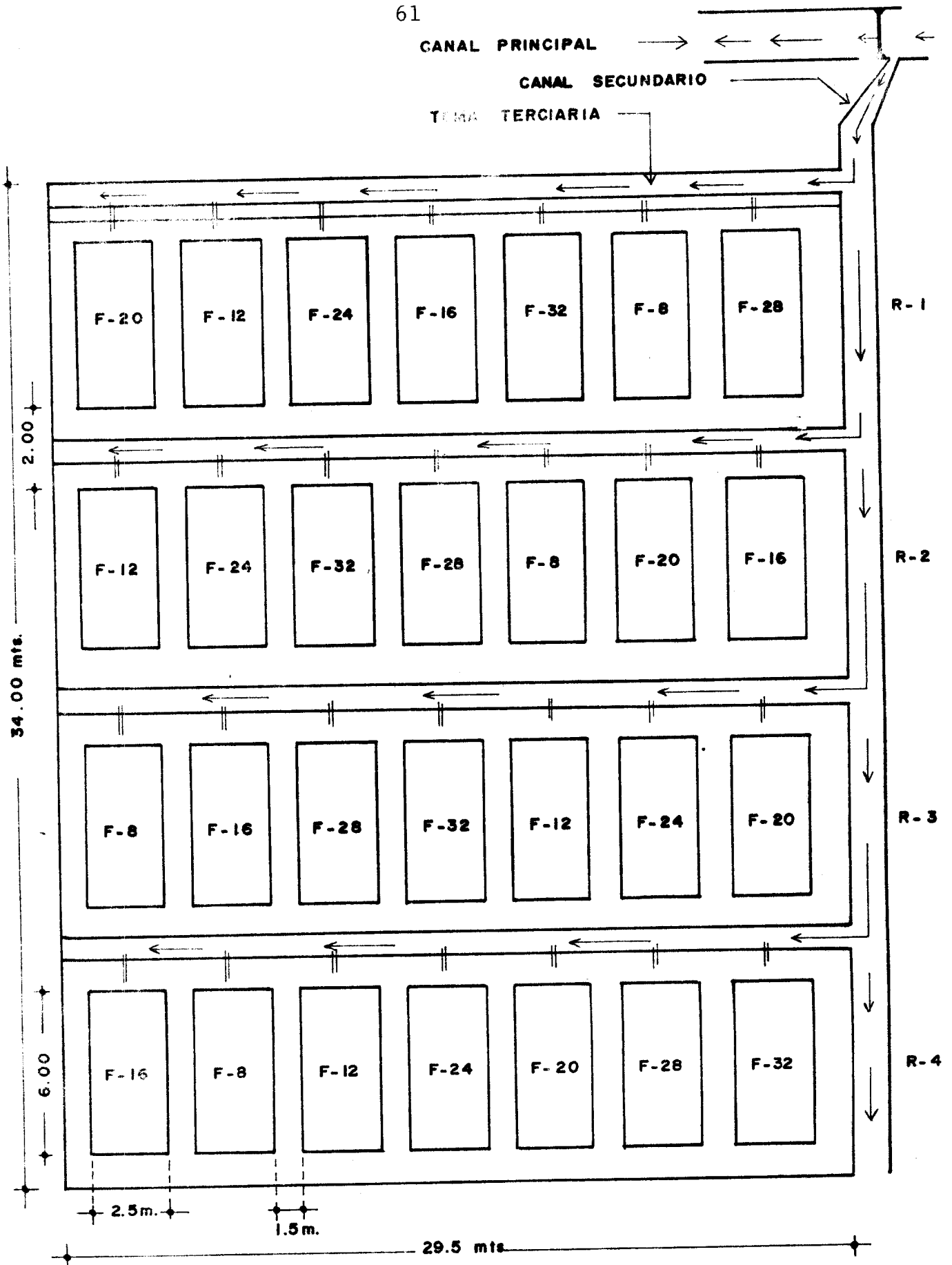


FIG. 10 PLANO DEL EXPERIMENTO Y ASIGNACION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"



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

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Distrito de Guatemala