

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO
Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DEL CHILE PIMIENTO
(Capsicum annuum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO"

TESIS DE REFERENCIA
NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

P O R
LUIS FERNANDO MORAN (PALMA)

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, marzo de 1987

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

DL
01
T(992)

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
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Mario Melgar
VOCAL CUARTO:	Br. Luis Molina
VOCAL QUINTO:	T. U. Carlos E. Méndez M.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Luis A. Castañeda

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE S. CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala,
Enero 21 de 1987

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Ciudad de Guatemala.

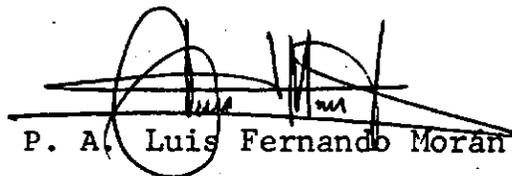
Honorables Señores:

En cumplimiento con lo establecido en 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 SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DE CHILE PIMIENTO (Capsicum annuum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO"

Presentándolo como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, para su aprobación.

Atentamente,


P. A. Luis Fernando Morán Palma

LFMP/.



Reforma.....
Anno.....
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1543

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Enero 21 de 1987

Ingeniero Agrónomo
César Castañeda S.
Decano en funciones
Facultad de Agronomía
Ciudad de Guatemala

Señor Decano:

Por este medio nos permitimos manifestar a usted que hemos asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DE CHILE PIMIENTO (Capsicum annuum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO", desarrollado por el Perito Agrónomo Luis Fernando Morán Palma.

Consideramos 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.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M.S. Jorge Sandoval I.

Ing. Agr. M.S. César Cisneros

JSI/gadg

ACTO QUE DEDICO

- A:
DIOS: Porque El da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.
- A:
MI PADRE: Porfirio Morán Morales (Q.E.P.D.)
- A:
MI MADRE: Francisca Palma Vda. de Morán
Oraciones al Creador para que la bendiga, amor y eterna gratitud por sus múltiples esfuerzos.
- A:
MI ESPOSA: Silvia L. Alvarez de Morán
Por su comprensión y esfuerzos, con amor.
- A:
MIS HERMANOS: Consuelo, Miguel Angel, Lisseth, y Ana María.

TESIS QUE DEDICO

A: Mi Patria

A: MI HIJO: Luis Fernando Morán Alvarez

A: MIS AMIGOS: Héctor Baldomero Monzón
Edgar Morataya Morataya
Francisco Meda Avila
Edwin Oliva Cermeño
Mynor Otzoy Rosales
Darío Marroquín Meza
Jorge Mario Ruano
Eduardo Flores Salazar
Abelardo M. Alvarado
Ecner Morel Hidalgo

A: MI CUÑADA: Mara Luz Alvarez

A: Todos mis compañeros de promoción.

AL: GLORIOSO: INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a los Ingenieros Agrónomos: Jorge Sandoval y César Cisneros, por la asesoría prestada durante la realización del presente trabajo.

- A: P. A. Edgar Morataya Morataya y
P. A. Francisco Meda Avila
Por su ayuda prestada para la terminación del presente trabajo.
- AL: Profesor Gilberto Aldana De León y Señora.
Por su colaboración.
- A: La Familia Alvarez Pérez.
- A: José Alberto Morales Gómez

C O N T E N I D O

	Página
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	4
3. OBJETIVOS	5
4. REVISION DE LITERATURA	6
4.1 Botánica, fisiología y necesidades climáticas del cultivo.	6
4.2 Necesidades de agua del pimiento.	7
4.3 Frecuencia de riego en el cultivo del Pimiento.	9
4.4 Constantes de humedad del suelo	11
4.5 Método del plástico para determinar la densidad aparente.	14
4.6 Evapotranspiración.	15
4.7 Métodos para determinar la evapotranspiración.	17
4.7.1 Métodos directos.	17
4.7.2 Métodos indirectos.	19
5. METODOLOGIA	29
5.1 Descripción general de la unidad de riego.	29
5.2 Análisis de suelo y determinaciones previas.	31
5.3 Manejo del cultivo.	33
5.4 Manejo del experimento	35
5.4.1 Trazo del experimento	35
5.4.2 Método de riego	36
5.4.3 Lámina de agua a reponer en cada riego.	37
5.4.4 Determinación de la cantidad de agua a aplicar.	39
5.5 Diseño experimental	40
5.5.1 Modelo estadístico	41
5.5.2 Variables respuesta	42

	Página
5.6 Método de análisis de resultados	42
6 RESULTADOS Y DISCUSION	48
6.1. Resultados de las variables respuesta	48
6.1.1 Rendimiento en peso de frutos	49
6.1.2 Número de frutos totales por parcela	50
6.1.3 Número de plantas vivas al final del ciclo.	51
6.1.4 Altura de plantas al final del ciclo	51
6.1.5 Longitud promedio de frutos	53
6.1.6 Diámetro promedio de frutos	54
6.2. Uso del agua	55
6.2.1 Lámina de agua consumida	55
6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable	58
6.3 Verificación de la adaptabilidad de las fórmulas para calcular la evapotranspiración.	61
7 CONCLUSIONES	64
8 RECOMENDACIONES	67
9 BIBLIOGRAFIA	68
10 APENDICE	70

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Resultados del análisis químico del suelo . . .	32
2	Propiedades físicas del suelo.	33
3	Resultados de los promedios de las variables respuesta de los seis tratamientos.	48
4	Número de riegos y lámina de agua consumida por tratamiento.	57
5	Relación Et/Ev para las diferentes etapas feno- lógicas del cultivo.	63
6	Resultados organizados de rendimiento en Kg/ha.	71
7	Análisis de varianza para rendimiento en Kg/ha.	71
8	Prueba de Tukey para rendimiento en Kg/ha. . . .	71
9	Resultados organizados de número de frutos total por unidad experimental.	72
10	Análisis de varianza para número de frutos total por unidad experimental.	72
11	Prueba de Tukey para número de frutos totales por unidad experimental.	72
12	Resultados organizados de número de plantas vi- vas al final del ciclo.	73
13	Análisis de varianza para número de plantas vi- vas al final del ciclo.	73
14	Resultados organizados de altura de planta al fi- nal del ciclo.	74
15	Análisis de varianza para altura de planta al fi- nal del ciclo.	74
16	Prueba de Tukey para altura de planta final. . .	74
17	Resultados organizados de longitud promedio de frutos.	75
18	Análisis de varianza para longitud promedio de frutos.	75
19	Prueba de Tukey para longitud promedio de fruto	75

CUADRO		Página
20	Resultados organizados para diámetro promedio de fruto.	76
21	Análisis de varianza para diámetro promedio de fruto.	76
22	Prueba de Tukey para diámetro promedio de fruto.	76
23	Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 8.	77
24	Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 12.	78
25	Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 16.	79
26	Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 20.	80
27	Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 24.	80
28	Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 28.	81
29	Cálculo de evapotranspiración semanal y total por el método del Tanque Evaporímetro para todo el ciclo del cultivo.	81
30	Cálculo de la evapotranspiración semanal y total por el método de Blaney-Criddle, período comprendido del 20 de enero de 1985 al 26 de abril de 1985.	82
31	Cálculo de evapotranspiración por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 para todo el ciclo del cultivo.	83
32	Cálculo de la evapotranspiración por la fórmula de Hargreaves modificado en 1966 para todo el ciclo del cultivo.	84

CUADRO

Página

33	Evapotranspiración semanal y total por tratamiento y por fórmulas.	85
34	Coefficientes de determinación " r^2 " del modelo lineal de los seis tratamientos vrs. fórmulas.	86
35	Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y la evaporación semanal del tanque.	87

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Altura promedio de plantas durante el ciclo del cultivo para los seis tratamientos.	52
2	Longitud de frutos por tratamiento.	56
3	Diámetro de frutos por tratamiento.	56
4	Control de humedad tratamiento F-8	88
5	Control de humedad tratamiento F-12.	89
6	Control de humedad tratamiento F-16.	90
7	Control de humedad tratamiento F-20.	91
8	Control de humedad tratamiento F-24.	92
9	Control de humedad tratamiento F-28.	93
10	Evapotranspiración semanal acumulada tratamiento F-8 y fórmulas.	94
11	Evapotranspiración semanal acumulada tratamiento F-12 y fórmulas.	94
12	Evapotranspiración semanal acumulada tratamiento F-16 y fórmulas.	95
13	Evapotranspiración semanal acumulada tratamiento F-20 y fórmulas.	95
14	Evapotranspiración semanal acumulada tratamiento F-24 y fórmulas.	96
15	Evapotranspiración semanal acumulada tratamiento F-28 y fórmulas.	96
16	Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-8 y fórmulas.	97
17	Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-12 y fórmulas.	98
18	Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-16 y fórmulas.	99
19	Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-20 y fórmulas.	100

FIGURA		Página
20	Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-24 y fórmulas.	101
21	Tasa de evapotranspiración semanal tratamiento F-28 y fórmulas.	102
22	Evapotranspiración semanal acumulada del tanque y evapotranspiración semanal acumulada de los seis tratamientos.	103
23	Plano general del experimento,	104

R E S U M E N

En la Unidad de Riego "El Progreso", situada en Guastatoya, cabecera departamental de El Progreso, se realizó un experimento en el cual se evaluó el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento en el cultivo del chile pimiento. También se determinó el grado de adaptabilidad de tres métodos indirectos para calcular la evapotranspiración, los cuales fueron: Tanque Evaporímetro, Blaney-Criddle y Hargreaves, comparándolos con la cuantificada en el campo.

Se evaluaron seis frecuencias de riego, las cuales fueron: de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días respectivamente, estas se eligieron partiendo de que el riego en la unidad es de cada 8 días y en base a los resultados obtenidos en trabajos anteriores efectuados en riego sobre este cultivo.

Para determinar la evapotranspiración real se utilizó el método de parcelas experimentales. El diseño Experimental utilizado fue el de Bloques al Azar con cuatro repeticiones.

El método utilizado para determinar la humedad fue el gravimétrico, tomando muestras del suelo con barreno helicoidal después de cada riego y antes de aplicar el siguiente, cubriendo los estratos de 0 - 30 cm. y de 30 a 60 cm. Con estos datos, la densidad aparente y el porcentaje de hu-

medad a capacidad de campo se determinó la cantidad de agua a aplicar en cada riego y el agua consumida entre un riego y el siguiente.

El efecto de las diferentes frecuencias de riego se estableció considerando las siguientes variables respuesta: Rendimiento en peso de frutos en Kg/ha, número de frutos totales por parcela, número de plantas vivas y altura de planta al final del ciclo, longitud y diámetro promedio del fruto.

El rendimiento mayor se obtuvo con el tratamiento regado cada 8 días, el cual produjo 5,855.88 Kg/ha en promedio.

De manera general las variables respuesta número de frutos totales por unidad experimental, altura de planta al final del ciclo, longitud y diámetro promedio de frutos fueron menores en los tratamientos regados con intervalos de riego más largo.

En cuanto al número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo se encontró que las frecuencias evaluadas no afectan esta variable.

Las diferentes frecuencias de riego sí influyeron en la evapotranspiración del cultivo, los tratamientos regados con intervalos de riego corto consumieron más agua que los regados con intervalos mayores.

Los valores máximos de evapotranspiración se alcanzaron en la etapa de inicio de floración y la fructificación, los valores menores se dieron al inicio y al final del ciclo del cultivo; en cuanto al consumo de humedad aprovechable del suelo, ningún tratamiento alcanzó el punto de marchitez permanente.

En la comparación estadística entre evapotranspiración medida y calculada se determinó que los valores de evapotranspiración medida son diferentes a los calculados por las fórmulas de Tanque Evaporímetro, Blaney-Criddle y Hargreaves Modificado en 1966 y 1983, no adaptándose ninguno de los métodos para estimar la evapotranspiración en la región.

1. INTRODUCCION

La revolución agrícola empezó a finales del Siglo XIX y se ha prolongado hasta el presente. Durante ese período, gracias al cultivo selectivo de plantas, la mecanización, el desarrollo de fertilizantes comerciales y la invención de los plaguicidas, el rendimiento de la mayoría de los cultivos se duplicó o triplicó. Como resultado, hoy, con menos terreno cultivado se alimenta a más personas (21). Pero en las regiones donde la agricultura depende esencialmente del riego, tal como sucede en la región oriental del país, la aplicación oportuna y adecuada del agua es uno de los factores más importantes para obtener buenas cosechas.

El uso del agua en los sistemas de riego de Guatemala es inadecuado en cantidad y oportunidad, lo que se evidencia simplemente al observar que las áreas diseñadas son muy superiores a las áreas en operación. La causa de lo anterior es el desconocimiento de técnicas adecuadas para riego de los cultivos, lo cual únicamente es posible de lograrlo a través de la investigación, principalmente sobre cuánto y cuándo aplicar agua a los cultivos que se siembran en diferentes regiones y diferentes épocas

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San

Carlos ha iniciado una serie de estudios, en cooperación con algunas instituciones estatales, tendientes a generar información sobre este aspecto y poder así obtener información suficiente tanto técnica como científica, proveniente de investigaciones realizadas en nuestras unidades de riego y para los cultivos más importantes de cada región del país.

La presente investigación se realizó, tomando como base el trabajo realizado por Tello (19), en Chile Pimiento, debido a que éste tipo de investigación es necesario que se realice varias veces, para que los resultados obtenidos puedan ser de mayor consistencia.

La fecha de realización fue del 20 de enero al 26 de abril de 1985, se escogió el área que cubre la Unidad de Riego El Progreso, perteneciente al Distrito de Riego número 5, localizado en la cabecera departamental de Guastatoya.

El cultivo evaluado fue el Chile Pimiento, uno de los cultivos más importantes de la Región, así mismo se escogió un terreno representativo de la Unidad de Riego.

La investigación consistió en determinar la evapotranspiración por el método de parcelas de campo, utilizando para esto seis diferentes frecuencias de riego

de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días y probar el efecto de éstas sobre el rendimiento en peso, número de frutos totales, longitud y diámetro promedio de frutos, altura de planta y número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo; paralelamente se determinó la adaptabilidad que tienen para las condiciones de la región, los métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves (1966 y 1983) y tanque evaporímetro, para estimar la evapotranspiración.

2. HIPOTESIS

2.1 La aplicación de las diferentes frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, afectan el rendimiento en peso, número de frutos totales, longitud y diámetro promedio de frutos, altura de planta y número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo del Chile Pimiento (Cap-sicum annuum L.) y los valores de evapotranspiración del mismo.

2.2 El valor de la evapotranspiración medida en el campo durante el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente al valor de la evapotranspiración estimado a partir de datos del Tanque Evaporímetro y por las fórmulas de Blaney-Criddle y Hargreaves.

3. OBJETIVOS

- 3.1 Determinar el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento en peso, número de frutos totales, longitud y diámetro promedio de frutos, altura de planta y número de plantas vivas al final del ciclo; así como la evapotranspiración del chile pimiento.
- 3.2 Determinar cual de las frecuencias de riego evaluadas es la más recomendable para la época y condiciones del área.
- 3.3 Determinar la adaptabilidad en el área de las fórmulas empíricas de Blaney-Criddle mejorado por Penman, Hargreaves y Tanque Evaporímetro para la estimación de la evapotranspiración.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Botánica, Fisiología y Necesidades Climáticas del Cultivo.

El pimiento es una Solanácea del género *Capsicum*, es una planta anual, herbácea, de crecimiento determinado. Su sistema radicular es pivotante con numerosas raíces adventicias sobre el hipocotilo, alcanzando una profundidad de 70 - 120 cm. La altura de las plantas varía de 0.30 a 1 metro, según las variedades. El pimiento necesita una temperatura media diaria de 24° C. (18).

La temperatura nocturna, por debajo de los 16° C y las diurnas por encima de los 32° C, disminuye el número de flores, y la fecundación y formación de frutos resultan afectadas (20) (8).

El pimiento se planta sobre suelos de textura areno-limosa o limosa, ricos en humus o en suelos franco-arenosos fértiles y profundos (11) (18).

Necesita un buen drenaje, pues sufre de asfixia radicular, el pH más conveniente, está entre 6.5 y 7, (18).

El chile pimiento prospera en climas cálidos y templados en alturas comprendidas entre 0 y 1,300 msnm (8).

4.2 Necesidades de Agua del Pimiento

Las necesidades totales de agua (evapotranspiración media) son del orden de 600 a 900 mm y hasta 1,250 mm en períodos vegetativos largos con varios cortes (6).

Para obtener rendimientos elevados, se necesita un suministro adecuado de agua y suelos relativamente húmedos durante todo el período vegetativo. La reducción del suministro de agua durante el período vegetativo tiene, en general, un efecto negativo sobre el rendimiento, produciéndose la máxima reducción del rendimiento cuando hay una escasez continua de agua hasta el momento del primer corte. La parte inicial del período de floración es la más sensible a la escasez de agua no debiendo exceder entonces del 25% el agotamiento del agua del suelo en la zona radical. La escasez de agua inmediatamente antes de la floración y durante el principio de ésta reduce el número de frutos. El efecto del déficit de agua sobre el rendimiento durante éste período es mayor en condiciones de temperaturas altas y humedad reducida (6).

La sequía se manifiesta por un follaje ver-

de obscuro y por la caída de las flores, reduciendo el número de frutos y produciendo efectos fisiológicos negativos en los mismos. En contraste el exceso de humedad se caracteriza por una coloración verde claro, que finalmente puede conducir a la asfixia radicular (18).

Normalmente el 100% de absorción de agua tiene lugar en la primera capa del suelo de 0.5 a 1.0 m. de profundidad. El cultivo del Pimiento consume el agua a una tasa de evapotranspiración de 5 a 6 mm/día, reduciéndose la tasa mencionada cuando se ha agotado el 30% del agua disponible en el suelo (6).

Tello S. (19) en investigación realizada en la unidad de riego Rancho-Jícara en suelos franco-arenosos reporta que el porcentaje de humedad aprovechable por las plantas no bajó más del 55%, lo que indica que no se exploró todo el rango de humedad al utilizar frecuencias de 4, 6, 8, 10 y 12 días y recomienda utilizar en futuros experimentos, frecuencias más largas. Así mismo, reporta que el porcentaje de humedad aprovechable que la planta consumió regando cada 10 y 12 días, varió la mayor parte del tiempo entre 30 y 40%, lo cual se considera adecuado en cultivos sensibles

a la falta de humedad, además, concluyó que en ninguno de los tratamientos el consumo de agua por las plantas fue mayor de 45% de la humedad aprovechable total del suelo.

4.3 Frecuencia de Riego en el Cultivo del Pimiento

Las propiedades del suelo afectan las prácticas de riego en forma considerable. Es importante tener ciertos conocimientos de las relaciones de las diferentes clases de suelo y de las cantidades de agua que retendrán. La clase de suelo determina en gran parte la cantidad de agua a aplicar y la frecuencia (2).

En términos generales los factores que influyen sobre el momento más oportuno de regar son: Factores edáficos, climáticos, épocas de siembra, necesidades de agua de los cultivos, disponibilidad de agua y capacidad de la zona radicular para almacenar la misma (12).

Se ha determinado que regar con intervalos muy cortos en un cierto número de cultivos (Chile Pimiento, Tomate, Plátanos y Cítricos entre otros), no da los mejores resultados agrícolas. Por lo tanto aumentando ligeramente el intervalo sin forzar indebidamente a la planta se obtienen algunas

ventajas, el intervalo de riegos, determina, en gran parte el potencial de agua del suelo, a la cual están expuestas las raíces de las plantas durante casi toda la temporada (2).

Según Doorembos (1976), 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 reducirá la eficiencia de aplicación del mismo, al aumentarse las pérdidas. 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 el ciclo vegetativo sea aproximadamente el mismo (6).

Se sabe que las Solanáceas son plantas de rápido crecimiento y con un contenido de 90% de agua aproximadamente, en los frutos cosechados, el cultivo requiere un adecuado suministro de agua (2).

De manera general puede decirse, que el cultivo del Chile Pimiento tiene una necesidad uniforme de agua durante todo su ciclo vegetativo,

ya que las irregularidades favorecen la necrosis apical de los frutos (6).

Según Tello (1983), no existe diferencia estadística significativa en el rendimiento al aplicar láminas totales entre 599 mm (riego cada 4 días) y 310.9 mm (riego cada 12 días), considerando que los rendimientos son iguales se aprecia la diferencia que puede haber en cuanto a costos de agua y mano de obra; además problemas del suelo, por el exceso de agua, como lavado de nutrientes, reducción de la aireación del suelo y como consecuencia, la presencia de enfermedades fungosas, esto para el tratamiento de 4 días.

Indica también que regar cada 4 días es demasiado frecuente, por lo tanto recomienda regar con intervalos de 12 días de acuerdo a las condiciones bajo las cuales investigó (19).

4.4 Constantes de Humedad del Suelo

4.4.1 Capacidad de campo

La capacidad de campo puede determinarse por dos formas: La primera es realizando la prueba en el laboratorio, sometiendo muestras de suelo a una tensión de 0.3 atmósferas, se considera que estas estimaciones

nes no son indicadores muy confiables, pues la capacidad de campo depende del perfil del suelo y su estructura.

La segunda forma es medirla directamente en el campo, para lo cual Withers y Vipond (22) propone el siguiente método: De limitar un área de muestreo de un metro cuadrado con bordos de diez centímetros de alto y levantar otros bordos exteriores a los primeros, para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después se humedece el área hasta saturarla, tanto en la zona de muestreo como el espacio comprendido entre bordo y bordo. Si el suelo es arcilloso se puede empezar a muestrear entre 24 y 48 horas después; si es arenoso debe empezarse 12 a 18 horas después. Para evitar la evaporación se debe cubrir el área, incluyendo el bordo exterior con nylon y tomar dos a tres muestras por estrato a estudiar, cada vez que se muestree. El dato es más exacto si se muestrea durante unos 4 a 5 días. El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico, pesando las muestras húme

medas, secándolas al horno a 105° - 110° y pasándolas ya secas, mediante la fórmula siguiente:

$$Ps = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

Donde:

Ps = Porcentaje de humedad de la muestra.

Psh = Peso del suelo húmedo.

Pss = Peso del suelo seco.

Posteriormente se construye una gráfica en la cual se coloca el contenido de humedad en la cordenadas y el tiempo en las obcisas con ella es posible determinar el porcentaje de humedad que corresponde a la capacidad de campo de cada estrato, en el momento que la curva se estabiliza.

4.4.2 Punto de marchitez permanente.

Existen ciertas divergencias en cuanto al rango de tensión al cual se produce el punto de marchitamiento permanente, pero todos coinciden en tomar 15 atmósferas como la tensión adecuada ya que a esta tensión el crecimiento cesa.

El punto de marchitez permanente se

puede calcular aproximadamente dividiendo el valor de capacidad de campo por un factor cuyo valor oscila entre 2 y 2.4 el cual está en función de la proporción de limo en el suelo; si la proporción de limo es alta se usa 2.4 (14).

4.5 Método del Plástico para Determinar la Densidad Aparente

Este método consiste en construir una calicata, en la cual se hacen gradas en cada estrato de 30 cm., en cada grada se hace un agujero en forma de cubo de 15 x 15 x 15 cm., sacando la tierra del interior y colocando una bolsa plástica amarrada, con el objeto de que no se escape la humedad del interior, luego se pesa. Posteriormente se coloca un plástico dentro del cubo el cual se le agrega agua hasta llegar al nivel del suelo, la cantidad de agua agregada corresponde al volumen de suelo extraído (1).

La determinación de la densidad aparente puede efectuarse tomando una muestra representativa de cada estrato y determinarle el porcentaje de humedad mediante el método gravimétrico, para luego aplicar la fórmula siguiente:

$$\bar{D}_a = \frac{100 \times P_{sh}}{V_t (100 \times P_s)}$$

Donde:

D_a = Densidad aparente en grs./cm³

P_{sh} = Peso del suelo húmedo en Kgs.

V_t = Volumen total en litros

P_s = Porcentaje de humedad (%).

4.6 Evapotranspiración

La evapotranspiración real 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.

La evaporación es el agua evaporada por el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. 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 (12).

Tello S. (1983), determinó experimentalmente la evapotranspiración real del Chile Pimiento, ob

teniendo los siguientes datos:

Frecuencia de Riego	Evapotranspiración Total (cm)
4 días	59.90
6 días	45.77
8 días	34.27
10 días	32.13
12 días	31.09

Obtuvo además en base a la fórmula de Blaney-Criddle, un valor de 27.44 cm. de evapotranspiración total, y recomienda no utilizar la fórmula bajo las cuales experimentó debido a que la evapotranspiración calculada por la fórmula es menor en todos los casos que la evapotranspiración medida para los cinco tratamientos (19).

A pesar de las investigaciones, cada vez más numerosas sobre las relaciones entre las plantas y el agua y las correlaciones entre el agua y el rendimiento de los cultivos, no se dispone todavía de una fórmula universal o un conjunto de fórmulas que permitan calcular el consumo de agua de los cultivos. Con frecuencia, la práctica y la experimentación directa son los únicos métodos disponibles (22).

4.7 Métodos Para Determinar la Evapotranspiración

Existen varios métodos para determinar la evapotranspiración, y atendiendo a la forma de obtener los datos se dividen en directos e indirectos.

4.7.1 Métodos directos.

Debido a que en la presente investigación se utilizó el método de parcelas experimentales, solamente se describirá este.

La medición de la humedad del suelo en parcelas experimentales situadas en el campo, son más reales que las realizadas en tanques y lisímetros. La humedad del terreno se determina antes y después de cada riego, con algunas mediciones de la zona radicular principal. El inconveniente de éste método es que hay que realizar un gran número de determinaciones para obtener una precisión adecuada (12).

Según Grassi (9), 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 don

de 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 a 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.

Para obtener la humedad se recurre al método Gravimétrico, el cual consiste en determinar las variaciones de humedad en cada una de las capas que forman el perfil del suelo, hasta una profundidad igual a la que tienen las raíces del cultivo considerado. El muestreo se realiza tomando muestras de suelo a estratos de 0.30 m. hasta la zona donde llegan las raíces del cultivo considerado, se deben tomar muestras de 100 o más gramos de suelo, utilizando para esto un barreno helicoidal, las muestras son pesadas y luego secadas al

horno a temperaturas entre 105 y 100 °C, durante 24 horas.

La pérdida de peso dividida por el peso del suelo secado, multiplicado por 100 da el porcentaje de humedad referido al suelo seco. Se requiere tomar muestras en varios lugares representativos de la zona considerada, generalmente dos o más sitios de muestreo por parcela, para obtener mayor precisión (12).

4.7.2 Métodos indirectos.

Varios investigadores han estudiado en qué medida influye el clima desarrollando así fórmulas que correlacionan parámetros climáticos con la evapotranspiración. Estos estudios se han realizado en diferentes regiones del mundo, existiendo más de 18 fórmulas experimentales (16).

A menudo es preciso aplicar estas fórmulas en condiciones climáticas y agronómicas muy distintas de aquellas para las que fueron inicialmente concebidas. Resulta pues muy importante someter a prueba la exactitud de las fórmulas antes de utili-

zarlas en un nuevo conjunto de condiciones. No solamente el grado de exactitud necesario para predecir la Et sino tambien la eleccion de la fórmula estan condicionadas por las variables climáticas, que es preciso haber medido con exactitud a lo largo de cierto número de años (6).

Se describirán a continuación los métodos indirectos de Blaney-Criddle, Hargreaves 1966, Tanque Evaporímetro y Hargreaves 1983:

El método de Blaney-Criddle (1950), fue desarrollado para las condiciones áridas del oeste de los Estados Unidos, proponiendo una fórmula simplificada, habiéndose recogido gran abundancia de datos para determinar los coeficientes que deben ser empleados para los diferentes cultivos. Esta fórmula relaciona valores reales (actuales) de evapotranspiración, con la temperatura media mensual "t" y el porcentaje mensual de horas anuales de brillo solar "p" (9).

La fórmula da una estimación de la evapotranspiración ya que se basa en corre

lación de prácticas de riego existentes, debido a su simplicidad y a la gran cantidad de datos básicos que aporta, este método se utiliza extensamente para estimar las necesidades de riego (3).

La evapotranspiración mensual se puede calcular usando la fórmula siguiente:

$E_{tr} = k \cdot f$ y para un ciclo de cultivo de "n" meses:

$$E_{tr} = \sum_{i=1}^n (k \cdot f_i) = K \cdot F$$

Donde:

E_{tr} = Evapotranspiración real

k = Coeficiente mensual del cultivo.

f_i = Factor de uso consuntivo mensual.

K = Coeficiente del cultivo para el ciclo vegetativo.

F = Suma de los factores mensuales de uso consuntivo o Evapotranspiración.

Para temperatura en °C y Evapotranspiración en mm/mes, f_i se calcula así:

$$f_i = \left[\frac{T_i + 17.8}{21.80} \right]^{P_i}$$

P_i = Porcentaje mensual de horas luz respecto al total anual.

El servicio de Conservación de Suelos introdujo un factor de corrección "k", el cual es función de la temperatura media mensual (k_t) y del estado de desarrollo del cultivo (k_c) por lo que:

$$K_i = K_{t_i} \cdot k_{c_i}$$

El coeficiente de temperatura (K_{t_i}) se calcula así:

$$K_{t_i} = 0.03144 T_i^{\circ}\text{C} + 0.2396$$

El coeficiente del cultivo (k_{c_i}) varía a lo largo del ciclo de acuerdo al porcentaje de desarrollo del cultivo y " p_i " puede ser obtenido en tablas específicas.

La fórmula de Blaney-Criddle proporciona valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias (menos de 5 mm/día) y valores inferiores con altas exigencias (más de 5 mm/día) (9).

El método de Hargreaves de 1966, permite calcular la evapotranspiración real

en función de la humedad relativa media al medio día, la temperatura media y la duración del día, el cual depende de la latitud (9). El autor del método en 1966, introdujo factores adicionales de corrección de la fórmula y una tabla que incluye coeficientes de efecto del cultivo.

En unidades del sistema métrico y con temperaturas en grados centígrados, la expresión de la fórmula es:

$$Et_i = 17.37 k_i \cdot d_i \cdot t_i (1.0 - 0.01 Hn_y)$$

y

$$Hn = 1.0 + 0.4 HR_i + 0.004 HR_i^2$$

$$Et = \sum_{i=1}^n Et_i$$

Donde:

k_i = Coeficiente del cultivo para el período i .

d_i = Coeficiente mensual de duración del día.

t_i = Temperatura media mensual en °C.

Hn_i = Humedad relativa media al medio día.

HR_i = Humedad relativa media mensual.

i = 1, 2, 3,, n .

n = Número de meses que dura el ciclo del cultivo.

El coeficiente "d" está relacionado con el "p" de la fórmula de Blaney-Criddle de manera que:

$$d_i = 0.12P_i$$

Debido a que ésta fórmula fue desarrollada para condiciones meteorológicas medias, el mismo Hargreaves propuso factores de corrección para mejorar los resultados de la siguiente manera: El efecto de la velocidad del viento se debe aumentar o disminuir en un 9% por cada 50 Kms/día de aumento o disminución con respecto a 100 Kms/día correspondientes a las condiciones de obtención de la fórmula. La fórmula se obtuvo con una insolación del 90%, por lo que para situaciones diferentes hay que aplicar las correcciones siguientes:

Insolación (%)	30	40	50	60	70
	80	90			
Corrección (%)	-34	-28	-24	-29	-16
	-9	0			

En cuanto a la altitud, los resultados deben aumentarse en 1% por cada 100 m de elevación a partir de los 150 m correspondientes a las condiciones de creación de la fórmula.

Las medidas de evaporación de una superficie libre de agua, como lo es un tanque evaporímetro, es un proceso similar a la evapotranspiración ya que integra los efectos de los distintos factores meteorológicos que influyen en la misma (9).

Estudios de correlación en diferentes cultivos han permitido obtener coeficientes para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua, según la ecuación siguiente:

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

Donde:

E_{tp} = Evapotranspiración potencial.

E_v = Evaporación en el tanque.

C = Coeficiente de ajuste, adimensional.

El coeficiente "C", está en función de la velocidad del viento, la humedad

relativa media mensual y del tipo de cober
tura vegetal alrededor del tanque.

Según Grassi (1975), la evaporación medida en el tanque parece ser hasta el momento el procedimiento más confiable, ya que se integran la mayor parte de los factores meteorológicos que intervienen en la pérdida de agua, hacia la atmósfera (9).

Se ha utilizado tanques con diferentes características en cuanto a tamaño, color, ubicación y nivel con respecto al terreno.

Para el presente trabajo se utilizó un tanque cuyas características principales son: Diámetro de 1.22 m., altura real utilizable de 0.25 m.; con una capa de insolación de 0.04 m., que tiene la función de aislante con respecto al lugar donde repose; de color antirefractorio de radiación solar y temperatura; compues
to de un material de fibra especial de polyester que evita los cambios bruscos de temperatura, haciendo que el agua permanezca sin variar con respecto a la ambiental; y colocado sobre la superficie

del suelo libre de obstáculos a su alrededor.

Es de hacer notar que por razones de seguridad, dicho tanque fue colocado aproximadamente a unos 30 metros del lugar donde se realizó el experimento.

George H. Hargreaves, elaboró una fórmula más para la determinación de los requerimientos de evapotranspiración de diversos cultivos en 1983 (17).

Al igual que varias fórmulas que existen para determinar la evapotranspiración indirectamente, la que Hargreaves menciona aquí, debe calcularse primero la evapotranspiración potencial y la que multiplicada por los coeficientes de cultivo (kc), nos da la evapotranspiración real; como se explica a continuación:

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

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 utilizar los coeficientes dados por la FAO.

La Evapotranspiración Potencial, se calcula por el siguiente procedimiento:

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

Donde:

Etp = Evapotranspiración potencial (cm).

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

T° F = Temperatura media en grados Fahrenheit.

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

Donde:

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

TD = Diferencia entre temperatura máxima y mínima absolutas, expresadas en grados centígrados (17).

5. METODOLOGIA

5.1 Descripción General de la Unidad de Riego

La Unidad de Riego "El Progreso", está localizada en la cabecera departamental de Guastatoya, fue construída en el año de 1971, a un costo de Q.117,210.00. La operación del sistema se inició en marzo de 1972. Tiene un área de diseño de 115 hectáreas, irrigando actualmente entre 70 y 87 hectáreas, teniendo una área potencial de 128 ha. Los cultivos que predominan dentro del área son: Tomate, Chile Pimiento, Tabaco, Pepino, Cebolla, Maíz, Frijol y Pastos (10).

La fuente de abastecimiento de esta Unidad, es el Rio Guastatoya, teniendo una calidad de agua de riego clasificada como $C_2 S_1$, según Manual 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, es de salinidad media y baja en contenido de sodio, lo cual convierte a estas aguas como de buena calidad para el riego de cultivos.

La Unidad de Riego se encuentra a 73 Kms. de la ciudad capital de Guatemala, por la ruta CA-9 al Nororiente de la capital. Está localizada en la intersección de las coordenadas $14^{\circ} 51' 18''$, Latitud Oeste, a una altitud de 516.9 metros sobre

el nivel del mar. El clima predominante es cálido seco, de estepa; con invierno moderado y seco (5).

Según la clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge, el tipo de zona de vida es: Bosque muy seco Tropical, teniendo las siguientes características: En esta zona de vida se encuentra un área que rodea el monte espinoso en el valle del Motagua (4). Por el hecho de ser un valle encerrado por las montañas, las cuales actúan como una cortina rompe vientos siendo este el motivo de que las lluvias se presenten cortas y de gran intensidad durante el invierno, que sucede entre mediados de mayo y finales de octubre. Durante el resto del año no se registran lluvias, siendo por lo tanto un verano totalmente seco.

Su temperatura máxima es de 40° C., con una mínima de 15° C., y una promedio de 27.4° C. Posee una precipitación pluvial anual de 857.04 mm. y la humedad relativa máxima es de 75%, la mínima de 60% un promedio de 67% (5).

Los suelos del valle que cubre la Unidad de Riego son aluviales con perfil no diferenciado y su formación está determinada por factores locales

como sedimentación y transporte.

Físicamente son suelos de textura franco-arcillo-limosa casi en su totalidad, con una pequeña área arcillosa; son profundos con buen drenaje interno y externo, reacción que va de moderadamente alcalina a alcalina (pH de 7.3 a 8.5). El contenido de materia orgánica varía de baja, en los 90 cm a alta en el primer horizonte (0.55% a 5.22% respectivamente).

La topografía del terreno es generalmente ondulada con pendientes del 3 al 10%. La clasificación agrológica del área que cubre la Unidad es:

Clase Agrológica I	74.6 ha.
Clase Agrológica III	41.8 ha.
Clase Agrológica VI	6.0 ha. (5).

5.2 Análisis de Suelo y Determinaciones Previas

Previo a la implementación del experimento, se efectuaron análisis químicos y físicos del suelo. Para el análisis químico, se tomaron varias submuestras para luego formar una muestra compuesta del área experimental, la cual se envió al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, para poder obtener las recomendaciones en cuanto a fertilización del cultivo.

Las diferentes submuestras se tomaron a profundidad de la capa arable del terreno en un número que dependió de la homogeneidad del mismo, los resultados obtenidos se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1. RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

pH	MICROGR./ml meq/100 ml. DE SUELO				OBSERVACIONES.
	P	K	Ca	Mg	
7.3	44.83	210	15.96	6.81	(1)

(1) Se reporta mediana presencia de sodio.

Para el análisis físico se tomaron también varias submuestras del área experimental, de cada uno de los estratos a trabajar, se homogenizaron y se enviaron al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA), para la determinación de textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. En cuanto a capacidad de campo y densidad aparente, se efectuaron determinaciones a nivel de campo, utilizando el método propuesto por Withers y Vipond (22) descrito en el numeral 4.4.1 del capítulo de revisión de literatura y el método descrito en el numeral 4.5 del mismo capítulo, cuyos resultados fueron diferentes a los del laboratorio, to

mándose finalmente los datos determinados a nivel de campo, por considerarse más confiables de acuerdo a los fines del experimento. Los resultados de capacidad de campo y densidad aparente, determinados en el campo de textura determinada en el laboratorio y punto de marchitez permanente tomado como la capacidad de campo dividida entre dos, se muestran en el Cuadro 2.

CUADRO 2. PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

ESTRATO cm	CAPACIDAD DE CAMPO	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE	DENSIDAD APARENTE (grs./cc)	CLASE TEXTURAL
0 - 30	29.253	14.626	1.259	Franco arcilloso
30 - 60	25.276	12.638	1.145	Franco arcilloso

5.3 Manejo del Cultivo

El cultivo se manejó de acuerdo a las recomendaciones del ICTA, en cuanto a preparación del terreno, método de distancias de siembra, control de plagas y enfermedades, control de malezas y fertilización.

El cultivo evaluado fue el Chile (Capsicum annuum L.) variedad Pimiento Rojo.

Se utilizó esta variedad, debido a que es la única con posibilidades de comercialización a ni-

vel regional y nacional; además por su adaptabilidad al medio, su calidad en cuanto a consistencia grosor de cáscara, costumbre de consumo y costo de la semilla, la cual se obtuvo de la zona donde se investigó.

Se elaboró un semillero de 11 metros de largo por 1.20 metros de ancho y 0.20 metros de alto, se desmenuzó la tierra para favorecer la germinación de las semillas, juntamente se le agregó 200 grs/m² de fertilizante triple 15 (15-15-15). El tablón como se recomienda.

La siembra del semillero se realizó el 12 de diciembre de 1984, efectuándola en surcos transversales separados 10 cm. y a una profundidad igual al doble del tamaño de la semilla, esto se recomienda debido a la sensibilidad para germinar de la semilla ya que a una profundidad mayor, germina con dificultad.

El trasplante a campo definitivo se realizó 5 semanas después de nacidas las plantas. Para preparar el terreno se realizó un paso de aradura de profundidad de 30 cm y dos pasos de rastra pesada, luego el surqueado con un 0.5% de pendiente. El trasplante a campo definitivo se realizó el 20 de enero de 1985, colocando una planta por pos

tura en la parte del surco hasta donde llega el agua de riego, con distancias de 0.80 m entre surco y 0.30 m entre plantas.

La cosecha se efectuó por cortes semanales entre el 14 de abril y 23 de mayo de 1985, realizando un total de 5 cortes.

Durante todo el ciclo del cultivo se llevó a cabo un estricto control de plagas y enfermedades, realizando aplicaciones preventivas de mezclas de insecticidas y fungicidas, el control de malezas se realizó en forma manual y la fertilización siguiendo las recomendaciones del laboratorio de suelos.

5.4 Manejo del Experimento

5.4.1 Trazo del experimento

Después de realizar el surqueado, se procedió al trazo del experimento en el campo, el cual se hizo utilizando un teodolito, cinta métrica, pita y estacas, dando las dimensiones de 2.00 m entre parcelas y 3.00 m entre bloques, trazando un total de 24 parcelas de 5 x 5 metros. En la figura 23 del apéndice, puede observarse el plano general del experimento y la distribución de parcelas.

5.4.2 Método de riego.

Se utilizó el método de riego por gravedad en surcos, derivando el agua de la toma principal por medio de una bomba centrífuga accionada por un motor de gasolina de 3 H. P. con un diámetro de salida de 2" a la cual se le acopló una manguera de poliducto de 70 m de largo aforada al final de ésta dando un gasto de 2.3 lts/seg. con revoluciones constantes del motor.

Esta manguera se utilizó para conducir el agua a las diferentes parcelas, con esto se consiguió evitar construir tomas secundarias logrando así que no llegara humedad por desbordamientos o infiltración a las parcelas adyacentes.

Conociendo el caudal de salida al final de la manguera el cual es obtenido por medio de aforo, se procedió a calcular el caudal necesario para la parcela, luego se calculó el tiempo de salida del agua al final de la manguera para dar el volumen requerido y se divide dentro de el número de surcos total de la parcela, para obtener el tiempo que debe permanecer la manguera

en cada surco y distribuir el agua uniformemente dentro de la misma.

La fórmula a utilizar fue:

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

Tr = Tiempo de riego (minutos)

Vol = Volumen de agua requerido (m^3)

Q = Caudal al final de la manguera (m^3/min).

5.4.3 Lámina de agua a reponer en cada riego.

Al principio, con el trasplante se regaron uniformemente todas las parcelas para proporcionarles a las plantas las condiciones más adecuadas para su establecimiento, luego se dieron dos riegos generales y ya establecida la plantación se empezó a regar cada parcela en forma individual de acuerdo al calendario de riegos, regando a su respectivo intervalo.

Para determinar la humedad del suelo antes de regar se tomaron tres muestras por parcela a profundidades de 0 - 30 cm y de 30 - 60 cm, para determinar cuanta agua se había consumido y así poder calcular la cantidad de agua a reponer, luego a las 48

horas después del riego se tomaron la misma cantidad de muestras para verificar si el suelo llegó a su capacidad de campo.

La toma de muestras se realizó con un barreno tipo gusano a las profundidades descritas, ya que a esta profundidad se concentra la mayor cantidad de raíces.

El contenido de humedad de las muestras se determinó por el método gravimétrico ya descrito.

Siguiendo con este procedimiento, se obtuvo la evapotranspiración para un período determinado y la total del cultivo calculando los porcentajes de humedad de cada estrato (0 - 30 y 30 - 60) y empleando la ecuación siguiente:

$$Li = Psi \times Dap \times Pr$$

Donde:

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

Psi = Porcentaje de humedad consumida para un período determinado.

Dap = Densidad aparente del estrato considerado.

Pr = Profundidad radicular del estrato considerado

Esta fórmula se aplicó para cada extrato, para luego sumar las láminas obtenidas.

La Evapotranspiración Total se obtuvo de la ecuación siguiente:

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

5.4.4 Determinación de la cantidad de agua a aplicar

La fórmula que se utilizó para determinar la lámina de auxilio fue:

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

Donde:

La = Lámina de auxilio (cm)

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

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

Dap = Densidad aparente de cada extrato.

Pr = Profundidad radicular (cm)

Para calcular el volumen de agua a aplicar en cada riego se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vol = A \times La$$

Donde:

Vol = Volumen de agua requerido (m^3)

A = Area de la parcela (m^2)

La = Lámina de auxilio (m)

El intervalo entre riegos, se determinó partiendo de la frecuencia utilizada por los agricultores de la región, que es de 8 días; por lo tanto se tomó dicha frecuencia como testigo y cinco frecuencias con intervalo más largo, quedando los tratamientos de la manera siguiente:

- Tratamiento F-8 = Frecuencia de riego de 8 días.
- Tratamiento F-12 = Frecuencia de riego de 12 días.
- Tratamiento F-16 = Frecuencia de riego de 16 días.
- Tratamiento F-20 = Frecuencia de riego de 20 días.
- Tratamiento F-24 = Frecuencia de riego de 24 días.
- Tratamiento F-28 = Frecuencia de riego de 28 días.

5.5 Diseño Experimental

Reyes (1982) indica que se puede utilizar el diseño experimental de bloques al azar cuando se tenga un solo gradiente, en nuestro caso la varia

ble a estudiar es la humedad por lo tanto será nuestro único gradiente y puede utilizarse este diseño (15).

Se evaluaron 6 tratamientos con 4 repeticiones, los tratamientos se distribuyeron como frecuencias de riego, dándole la siguiente identificación: F-8, donde F es la frecuencia y el número indica el intervalo de riego en días, quedando así: F - 8, F - 12, F - 16, F - 20, F - 24, y F - 28.

Las características del área experimental fueron:

- Área total del experimento	1,160 m ²
- Área neta del experimento	600 m ²
- Área por unidad experimental	25 m ²
- Área útil por unidad experimental	17 m ²
- Número de parcelas	24
- Número de surcos por unidad experimental	6
- Número de surcos por parcela útil	4
- Densidad de plantas por parcela neta	102
- Densidad de plantas por parcela útil	68

5.5.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico de Bloques al Azar, es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

U = Efecto de la media general.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental (15).

5.5.2 Variables respuesta

Las variables respuesta que se utilizaron para evaluar el efecto de los tratamientos fueron tomados únicamente en el área que comprendía la parcela útil y estas fueron: Rendimiento en peso (Kg/ha), número de frutos totales, número de plantas vivas y altura de plantas al final del ciclo, longitud y diámetro promedio de frutos.

5.6 Método de análisis de resultados

Los resultados fueron analizados por medio de un análisis de varianza y Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables respuesta, en las variables como número de frutos totales y número de plantas vivas al final del ciclo, los datos originales se transformaron a raíz cuadrada,

debido a que son variables discretas y no se distribuyen normalmente.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculada con las fórmulas equivalen a los valores de evapotranspiración medida en el campo, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente (valores de evapotranspiración calculados) es 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.

De obtener coeficientes de determinación " r^2 " menores a los tabulados para un nivel de significancia de 0.1% y $n-2$ grados de libertad, se concluye que el modelo de regresión lineal simple no explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos y los calculados, lo que indica que la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves 1966 y 1983, y Tanque Evaporímetro, no se adaptan a la región. Si los coeficientes de determinación " r^2 " calculados fueran mayores a los tabulados para el nivel de significancia y los grados de libertad mencionados, deberán efectuarse 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 indica que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes a los medidos directamente por lo que la fórmula de Blaney - Criddle, Hargreaves 1983 y 1966 y Tanque Evaporímetro se adaptan a la región. En el caso de rechazar las hipótesis planteadas, nos indicará 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 efectúa 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.

Los valores de " t_c " se determinan de la manera siguiente:

$$T_c = \frac{b_1 - B_1}{Sb_1}$$

Donde:

t_c = "t" calculada

b_1 = Pendiente obtenida de la regresión.

B_1 = Valor de la pendiente de la hipótesis considerada (1 para este caso).

Sb_1 = Error estandar del coeficiente de regresión.

$$Sb_1 = \sqrt{Sb_1^2}$$

$$Sb_1^2 = \frac{S^2}{\sum X^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Donde:

Sb_1^2 = Varianza del coeficiente de regresión.

S^2 = Cuadrado medio del error.

n = Número de datos considerados.

El cuadrado medio del error (S^2) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$S^2 = \frac{S_{yy} - b_1 S_{xy}}{n - 2}$$

Donde:

S_{yy} = Suma de cuadrados de la variable "y" =

$$\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

S_{xy} = Suma de cuadrados de xy = $\frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n}$

Para calcular la pendiente de la recta " b_1 " se usa la fórmula siguiente:

$$b_1 = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Cuando se plantea la hipótesis de que el intercepto es igual a cero (Hipótesis 2: $H_0: B_0 = 0$) los valores " t_c " se obtienen mediante la ecuación siguiente:

$$t_c = \frac{b_0 - B_0}{Sb_0}$$

Donde:

b_0 = Valor del intercepto obtenido de la regresión que es igual a: $\frac{\sum y}{n} - b_1 \frac{\sum x}{n}$

B_0 = Valor del intercepto de la hipótesis considerada (0 para este caso)..

Sb_0 = Error Standar del intercepto.

$$Sb_0 = \frac{(\sum x^2) \cdot s^2}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

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 del análisis estadístico anterior, también se realizó una comparación gráfica ploteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración acumulada, de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves 1983 y 1966. Tanque Evaporímetro, para poder observar la tenden

cia que sigue cada una de las curvas y determi
nar si los valores medidos son equivalentes a los
valores calculados.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación y la discusión de los mismos, separados en tres partes. En primer lugar, se presentan los resultados y los análisis respectivos de las variables respuesta en las cuales se apoyó este experimento. En la segunda parte se hace un enfoque sobre el uso del agua por las plantas para los diferentes tratamientos y en la última parte se verifica la adaptabilidad de las fórmulas al área.

6.1 Resultados de las Variables Respuesta

En el cuadro 3, se puede apreciar en resumen los resultados promedio obtenidos en los diferentes tratamientos, para cada una de las variables respuesta estudiadas.

CUADRO 3. RESULTADOS DE LOS PROMEDIOS DE LAS VARIABLES RESPUESTA DE LOS SEIS TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (Kg/ha)	NUMERO DE FRUTOS POR PARCELA	NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO/PARCELA	ALTURA DE PLANTAS	LONGITUD DE FRUTOS (cm)	DIAMETRO DE FRUTOS (cm)
F - 8	5855.9	710.3	61.0	50.5	8.2	4.9
F - 12	4139.7	568.3	61.0	45.0	7.2	4.5
F - 16	2480.9	364.3	61.0	42.0	6.5	4.1
F - 20	2238.2	331.8	62.0	42.4	6.5	3.9
F - 24	1073.5	148.5	61.0	34.8	5.8	3.6
F - 28	704.4	122.5	62.0	31.4	5.8	3.5

6.1.1 Rendimiento en peso de frutos

En el cuadro 3 se puede observar el pe se promedio total de frutos en kilogramos por hectárea que produjo cada tratamiento, pudiéndose notar que, cuando el intervalo de riego es más corto el rendimiento es mayor, así el tratamiento regado cada 8 días fue el que produjo más con 5855.88 Kg/ha, y el tratamiento de 28 días el que produjo menos con 704.41 Kg/ha, como se puede ver hay gran diferencia en cuanto al rendimiento, esto se confirma al realizar el análisis de varianza que se presenta en el cuadro 7, en el cual se concluye con 95% de confiabilidad que exis te diferencia significativa en cuanto al ren dimiento por tratamiento. Al realizar la prueba de Tukey cuadro 8 se concluye que el tratamiento F-8 es el que tiene mayor rendimiento, seguido por el tratamiento F-12, mientras que los tratamientos de 16 y 20 días tienen valores intermedios y los tratamientos de 24 y 28 días son los menores.

Estos resultados concuerdan con lo indí cado por Doorembos (6) con respecto a que los riegos tardíos, especialmente cuando la plan ta es muy sensible a la tensión de humedad

del suelo, puede tener efectos negativos muy significativos sobre el rendimiento.

Según la Fundación del Servicio para el Agricultor (20), los mejores rendimientos se logran con un adecuado suministro de agua, ya que los frutos cosechados contienen un 90% de agua aproximadamente.

6.1.2 Número de frutos totales por parcela.

En el cuadro 3 se presentan, el número de frutos promedio por tratamiento, pudiendo se notar que el tratamiento de 8 días produjo el mayor número de frutos totales con un promedio de 710 frutos por parcela, mientras que el tratamiento de 28 días, tiene un promedio de 122 frutos por parcela, siendo el menor.

El análisis de varianza cuadro 10 de apéndice, indica que existe una diferencia significativa en cuanto al número de frutos total por tratamiento. De manera general se concluye que a mayor intervalo de riego, el número de frutos decrece, siendo los tratamientos F - 8 y F - 12 estadísticamente iguales, de acuerdo a la prueba de Tukey del cuadro 11.

Estos resultados concuerdan con lo ex-

puesto por Sánchez (18), el cual expone que la sequía se manifiesta en el chile pimientado por un follaje verde obscuro y por la caída de las flores, reduciendo el número de frutos y produciéndose efectos negativos en los mismos. Doorembos (6) dice también que la escasez de agua inmediatamente antes de la floración y durante el principio de ésta reduce el número de frutos.

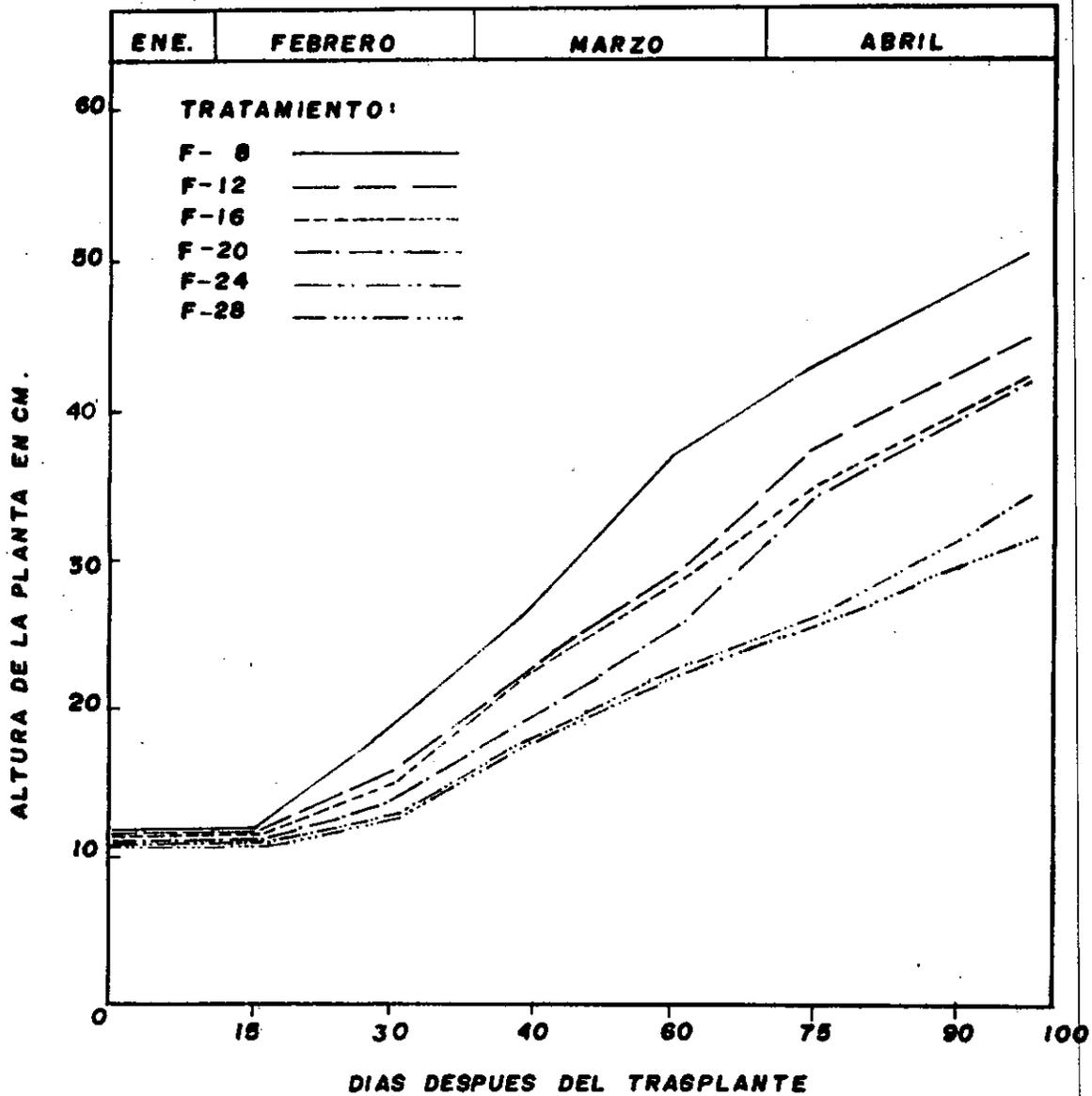
6.1.3 Número de plantas vivas al final del ciclo.

En el cuadro 3 se aprecia el promedio por tratamiento y en el cuadro 12 se presentan los resultados organizados de número de plantas vivas al final del ciclo, en el cuadro 13, se presenta el análisis de varianza, donde se concluye que el efecto del riego no influye sobre el número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo, con lo cual se puede decir que las plantas de chile se mantienen vivas hasta una frecuencia de riego de 28 días, pero con efectos fisiológicos muy negativos.

6.1.4 Altura de plantas al final del ciclo.

En el cuadro 3 y en la figura 1, se puede notar que conforme aumentan el intervalo de riego, comienza a decrecer la altura

FIGURA 1



ALTURA PROMEDIO DE PLANTAS DURANTE EL CICLO
DEL CULTIVO PARA LOS SEIS TRATAMIENTOS

ra de las plantas, siendo esto un efecto fisiológico negativo como los expresa Doorembos (6).

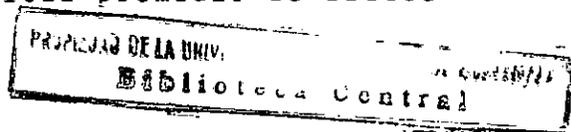
Al analizar el análisis de varianza, se concluye con un 95% de confiabilidad que, efectivamente existe diferencia significativa en la altura de planta al final del ciclo, ver cuadro 15.

En el cuadro 16 se presenta la prueba de Tukey, ésta nos indica que entre los tratamientos F-8, F-12, F-16 y F-20 no existe diferencia significativa y que los tratamientos F-16, F-24 y F-28 mostraron la altura de planta menor, siendo iguales estadísticamente entre sí.

Se puede concluir que a un intervalo de riego mayor, la altura de plantas de chile decrece, repercutiendo esto en efectos negativos pues se reduce el follaje y los frutos quedan expuestos a la acción de los rayos solares, produciéndose quemaduras en los mismos.

6.1.5 Longitud promedio de frutos

En el cuadro 3 se puede apreciar los resultados de longitud promedio de frutos



en centímetros por tratamiento, siendo el mayor para el tratamiento de 8 días con 8.2 cm y la menor para el tratamiento de 28 días con 5.8 cm, el realizar la prueba de análisis de varianza se concluye con 95% de confiabilidad que si existe diferencia significativa en cuanto a longitud promedio de frutos, ver cuadro 18, en el cuadro 19 se presenta la prueba de Tukey en donde se aprecia que los tratamientos de 8 y 12 días son estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos, se aprecia además, que conforme aumenta el intervalo de riego, el tamaño de frutos decrece.

6.1.6 Diámetro promedio de fruto

En el cuadro 3 se puede apreciar el diámetro promedio de fruto en cm. por tratamiento, siendo el mayor de 4.9 cm. que corresponde al tratamiento de 8 días, y el menor de 3.5 cm. para el tratamiento de 28 días, se aprecia la diferencia en tamaño que es de 1.4 cm entre estos dos tratamientos y al realizar el análisis de varianza cuadro 21, se confirma esta diferencia con un 95% de confiabilidad. La prueba de Tukey del cuadro 22 nos indica que los tratamientos de 8 y 12 días son estadísticamen-

te iguales y superiores a los demás tratamientos. Es de hacer notar aquí que en el mercado se prefieren los frutos de mayor tamaño, pagándose a mejor precio que los pequeños.

En las figuras 2 y 3 se puede apreciar cómo varió el tamaño de los frutos conforme el intervalo de riego aumentaba, obteniéndose se los frutos con diámetro y longitud mayor en la frecuencia de riego de 8 días, y los menores con la frecuencia de 28 días respectivamente.

En observaciones realizadas en el campo se pudo detectar que al aumentar el intervalo de riego se producen efectos fisiológicos negativos en el cultivo del chile pimiento, tales como, coloración verde oscura, hojas con textura coriácea, abscisión de flores y frutos, menor altura de planta con entrenudos cortos y tallos delgados y coriáceos, estos efectos se notaron más en las frecuencias de 24 y 28 días.

6.2 Uso del Agua

6.2.1 Lámina de agua consumida

En el cuadro 4 se presenta un resumen

FIGURA 2.



FIGURA 3.



del número de riegos aplicados y la lámina total de agua consumida por tratamiento.

CUADRO 4. NUMERO DE RIEGOS Y LAMINA DE AGUA CONSUMIDA POR TRATAMIENTO.

TRATAMIENTO	NUMERO DE RIEGOS TOTALES	LAMINA TOTAL CONSUMIDA EN (cm)
F - 8	12	33.15
F - 12	9	24.85
F - 16	7	21.34
F - 20	6	21.00
F - 24	5	16.16
F - 28	5	14.85

Durante los primeros 16 días se regaron todas las parcelas 2 veces con un intercalo de 8 días para permitir el establecimiento del cultivo. Después de este período se comenzó a regar cada tratamiento de acuerdo a el intervalo propuesto en cada caso. Para este período de 16 días se estimó una lámina de 3.55 cm para todos los tratamientos, esto se logró proyectando hacia atrás la curva de consumo o evapotranspiración del tratamiento de 8 días, debido a que en este período no se llevó control de humedad.

En el cuadro 4, puede notarse que invariablemente los tratamientos regados

con intervalos de riego cortos, consumieron más agua que los regados con intervalos mayores.

En los cuadros 23 al 28 se encuentra el control de humedad antes y después de cada riego y el cálculo de la lámina de agua consumida para todos los tratamientos.

6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable.

En las figuras de la 4 a la 9 del apéndice, se puede notar cómo se consumió la humedad aprovechable durante el ciclo del cultivo, dentro de los estratos estudiados de 0 - 30 cm y de 30 - 60 cm.

Se nota que en todos los tratamientos existe un incremento en el consumo de agua a partir del inicio de la floración y durante ésta (entre 40 y 50 días después del trasplante) así como en el inicio de la fructificación (60 a 65 días después del trasplante). En los tratamientos más secos se observa un mayor agotamiento de la humedad aprovechable.

Para el tratamiento F-8 en la figura 4 del apéndice, puede notarse que la humedad durante el desarrollo vegetativo, se

mantuvo en un promedio de 18% de humedad aprovechable y al llegar a la floración e inicio de fructificación el agotamiento de la humedad aprovechable llegó a los 55% como promedio, luego durante la fructificación y cosecha, el consumo de agua se mantuvo entre un promedio de 26/, por lo que se nota que al inicio del desarrollo éste cultivo no consume altas cantidades de agua, por lo que el intervalo de riego se podría aumentar en ésta etapa, luego al inicio de la floración se puede acortar el intervalo de riego pues se nota que en este período consume más agua, decreciendo el consumo durante la cosecha por lo que en este período se puede alargar nuevamente el intervalo de riego, lográndose buenas cosechas.

Para el tratamiento F-12 se observa en la figura 5 del apéndice, que el agotamiento de la humedad aprovechable también se comportó similar al tratamiento de 8 días, notándose un menor consumo al inicio del desarrollo del cultivo e incrementándose a mediados del ciclo o sea durante la floración y fructificación, se nota que al

inicio el consumo llegó a un 25% como promedio, luego a mediados del ciclo llegó a 42% y al final se mantuvo en un 20 a 25%, el consumo se mantuvo en un promedio general de 40%.

En el tratamiento F-16 se observa un comportamiento casi constante durante todo el ciclo llegando a un máximo de 45% de agotamiento de la humedad aprovechable en el estrato de 0 - 30 cm durante la etapa de fructificación, sucediendo lo mismo para el estrato de 30 a 60 cm, observándose que al final del ciclo tiene un mayor consumo, ver figura 6 del apéndice.

En el tratamiento F-20, se observa un alto consumo de agua en la etapa de fructificación, llegando a consumir un 65% de la humedad aprovechable en los dos estratos estudiados, esto se observa en la figura 7 del apéndice.

Para el tratamiento F-24, figura 8 del apéndice, la humedad del suelo para los dos estratos, se consumió como máximo un 55% durante la etapa de fructificación. Se nota también que el consumo durante la flo

ración fue de 45% como promedio para los dos estratos.

Con el tratamiento F-28 se llegó a agotar un máximo de 55% de humedad aprovechable para los dos estratos, manteniéndose durante todo el ciclo en un promedio de 45% no llegando al punto de marchitez permanente, aunque es la frecuencia más larga se puede notar que en los tratamientos regados cada 20, 24 y 28 días, el consumo de humedad se mantuvo similar. Se puede apreciar en la figura 9, el control de humedad para el tratamiento regado cada 28 días.

6.3 Verificación de la Adaptabilidad de las Fórmulas para Calcular la Evapotranspiración.

En los cuadros 29 al 32 del apéndice, se presentan los cálculos de evapotranspiración semanal por los métodos de, Tanque Evaporímetro, Blaney-Criddle y Hargreaves modificado en 1966 y 1983 respectivamente.

Para verificar la adaptabilidad de las fórmulas, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente es explicado por el modelo de regresión lineal simple, encontrándose que todos los coeficien

tes de determinación " r^2 " son menores al tabulado para un nivel de significancia de 0,1% y n-2 grados de libertad, concluyendo que el modelo de regresión lineal simple no explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos y los calculados, lo cual puede observarse en el cuadro 34 del apéndice.

La prueba estadística anterior confirma al efectuar la comparación gráfica de las figuras 10 a la 15 del apéndice correspondiente a las curvas de Evapotranspiración Acumulada de los tratamientos y los métodos empleados, pudiendo notarse que la tendencia es diferente entre la evapotranspiración medida y la calculada por los diferentes métodos, esto mismo vuelve a manifestarse en las figuras de la 16 a 21 del apéndice correspondientes a las curvas de tasa de evapotranspiración semanal de los tratamientos y los métodos.

La evaporación del tanque es afectada por los mismos factores que influyen sobre la evapotranspiración, exceptuando la planta, por lo cual los valores de evaporación normalmente son diferentes cuantitativamente a los valores de evapotranspiración. La figura 22 del apéndice muestra el comportamiento de la evaporación acumulada del tanque evaporímetro y la evapotranspiración acumu

lada para los seis tratamientos. Se observa que durante todo el ciclo del cultivo, los valores de evaporación siempre fueron superiores a los valores de evapotranspiración obtenidos para los seis tratamientos por lo que sí es necesario ajustar los datos de evaporación para obtener la evapotranspiración del cultivo.

El factor de ajuste "C" para calcular de evapotranspiración (Et) a partir de datos de evaporación (Ev), es simplemente la relación Et/Ev, este factor fue calculado y se presenta en el cuadro 35 para todos los tratamientos.

También se calcularon valores de "C" (cuadro 5), para 4 etapas fenológicas del cultivo tomando el promedio de los valores de "C" del cuadro 35 correspondientes a los tratamientos regados cada 8 y 12 días por ser estos los que presentaron los rendimientos mayores.

CUADRO 5. RELACION Et/Ev PARA LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO.

ETAPA FENOLOGICA	DURACION	RELACION Et/Ev
Desarrollo vegetativo	6 semanas	0.58
Floración	5 semanas	0.84
Fructificación	5 semanas	0.25
Cosecha	5 semanas	0.19

7. CONCLUSIONES

1. La aplicación de riego a diferentes intervalos si tiene influencia sobre las variables, rendimiento en peso, número de frutos totales, longitud y diámetro promedio de frutos y altura de planta al final del ciclo del cultivo.
2. El rendimiento mayor se obtuvo con la frecuencia de 8 días, siendo de 5855.9 Kg/ha, siguiéndole la frecuencia de 12 días con 4139.7 Kg/ha, mientras que los otros tratamientos dieron un rendimiento menor.
3. En cuanto al número de frutos totales, los tratamientos regados con intervalo de 8 y 12 días produjeron la mayor cantidad, siendo estadísticamente iguales y los tratamientos de 24 y 28 días produjeron la menor cantidad de frutos cosechados.
4. La aplicación de riego a diferentes intervalos no tuvo influencia sobre la variable número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo.
5. La variable altura de planta al final del ciclo, mostró diferencia significativa entre tratamientos, siendo estadísticamente iguales los tratamientos regados cada 8, 12, 16 y 20 días y de menor altura los regados con un intervalo de 24 y 28 días.
6. Respecto a las variables longitud y diámetro prome

dio de frutos, estadísticamente los tratamientos regados cada 8 y 12 días son iguales, produciendo frutos de mayor longitud y diámetro, mientras que los tratamientos de 24 y 28 días mostraron el menor tamaño.

7. Las diferentes frecuencias de riego utilizadas, sí influyen en las tasas de evapotranspiración, por lo que los tratamientos regados con intervalos de riego corto consumieron más agua que los regados con intervalos mayores.
8. Los valores máximos de evapotranspiración se alcanzaron en la etapa de inicio de la floración y la fructificación, los valores menores se dieron al inicio y al final del ciclo del cultivo. Con esto, se deduce que el cultivo del Chile Pimiento necesita un suministro adecuado de agua durante el inicio de la floración y durante la fructificación.
9. El agotamiento de la humedad aprovechable en ningún tratamiento alcanzó valores de 100%, por lo que la humedad del suelo no alcanzó nunca valores de punto de marchitez permanente.
10. Estadísticamente los valores de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por las fórmulas de Tanque Evaporímetro, Blaney - Criddle y Hargreaves Modificado en 1966 y 1983, no

adaptándose ninguno de los tres métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración en la región.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que éste tipo de investigación, se continúe realizando en la misma región, época y cultivo, con el objeto de hacer más consistentes los resultados obtenidos.

También se recomienda que se realice en otras regiones y con otros cultivos para tener mayor información sobre las necesidades de agua de los cultivos y la adaptabilidad de las fórmulas empíricas que se utilizan para estimar la evapotranspiración.

2. Considerando que el rendimiento del tratamiento regado cada 8 días es el mayor, se recomienda utilizar este intervalo de riego.
3. En base a los resultados obtenidos se recomienda diseñar posteriores investigaciones en función de varias etapas fenológicas del cultivo. Pudiendo iniciar con dos etapas como antes y después de la fructificación.

9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, M y MARTINEZ, R. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 2a. ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio de Irrigación, 1980. 341 p.
2. AGUA; SU aprovechamiento en la agricultura. Trad. por J. Meza Nieto. México, Herrero, 1968. 813 p.
3. BARILLAS KLEE, E. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en el valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1985. 69 p.
4. CRUZ, J. R. DE LA. Clasificación de zona de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1982. 26 p.
5. CRUZ RUBI, S. R. Monografía de la cabecera departamental de El Progreso. Monografía E.P.S. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 14 p.
6. DOOREMBOS, J. y KASSAM, A. H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO. Riego y Drenaje no. 33. 1979. 212 p.
7. FORSYTHE, W. Física de suelos; manual de laboratorio. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 212 p.
8. GONZALEZ ALVARADO, R. Cultivo del chile pimiento. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1983. 12 p.
9. GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. CIDIAT. Texto no. RD-8. 1975. 88 p.
10. GUATEMALA. DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Estudio de consolidación de la unidad de riego El Progreso. Guatemala, 1981. 29 p.
11. GUDIEL, V. M. Manual agrícola Superb. 5a. ed. Guatemala, Superb, 1980. 291 p.
12. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. E. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García Palacios. Barcelona España, Reverté, 1979. pp. 154-179 y 224-276.

13. MUÑOZ OROZCO, A. Lineamientos para la experimentación agrícola de riego Sub-Secretaría de Agricultura y Operación. Memorandum Técnico no. 319. 1979. 65 p.
14. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. Trad. por Emilio Avila de la Torre. México, Diana, 1971. 99 p.
15. REYES C., P. Diseño de experimentos aplicados. 2a. ed. México, Trillas, 1982. 344 p.
16. ROJAS, E. Relaciones hídricas de las plantas: serie suelo-clima. CIDIAT. Texto no. SC-22. 1979. 80 p.
17. SANCHEZ CHAVEZ, J. 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, Facultad de Agronomía, 1984. 65 p.
18. SANCHEZ GOMEZ, A. El pimiento, economía, producción, comercialización. Zaragoza, España, Acribia, 1970. 79 p.
19. TELLO SAMAYOA, C. A. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento (Capsicum annum L.) en la unidad de riego Rancho-Jícara. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 70 p.
20. VENEZUELA. FUNDACION DEL SERVICIO PARA EL AGRICULTOR. Solanáceas, tomate, ají, pimentón y berenjena. Venezuela Editorial Texto, 1975. 111 p.
21. WILSON, W. G. y SULLIVAN, G. D. Biotecnología; con secuencias para la agricultura. Perspectivas Económicas. (Washington) no. 4: 46. 1984.
22. WITHERS, D. W. y VIPOND, S. El riego, diseño y práctica. México, Diana, 1978. 122 p.

10. Be

Patterson



10. A P E N D I C E

CUADRO 6. RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO EN Kg/ha.

TRATA- MIENTOS	BLOQUES O REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Y _i	\bar{Y}_i
F - 8	5588.23	6382.35	5888.23	5564.71	23423.52	5855.88
F - 12	3817.65	4582.35	3735.29	4423.53	16558.82	4139.71
F - 16	2635.29	2147.06	2376.47	2764.71	9923.53	2480.88
F - 20	1794.12	1876.47	2917.65	2364.71	8952.95	2238.24
F - 24	1011.76	1111.76	1052.94	1117.65	4294.11	1073.53
F - 28	717.65	770.59	735.29	594.12	2817.65	704.41
TOTAL	15564.70	16870.58	16705.87	16829.43	65970.58	2748.77

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO EN Kg/ha.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t	0.05
Bloques	3	194027.00	64675.667			
Tratamientos	5	75628525.00	15125705.000	123.164	2.90	
Error	15	1842149.10	122809.34			
TOTAL	23	77664692.00				

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO EN Kg/ha

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)
F - 8	5855.88 I
F - 12	4139.71 I
F - 16	2480.88 I
F - 20	2238.24 I
F - 24	1073.53 I
F - 28	704.41 I

CUADRO 9. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE FRUTOS TOTALES POR UNIDAD EXPERIMENTAL.

TRATA- MIENTOS	BLOQUE O REPETICIONES				TOTAL Yi	PROMEDIO \bar{Y}_i
	I	II	III	IV		
F - 8	27.33	27.03	25.73	26.48	106.57	26.64
F - 12	24.37	26.61	22.25	21.82	95.05	23.76
F - 16	20.02	18.38	17.94	19.90	76.24	19.06
F - 20	15.56	14.14	22.41	19.57	71.68	17.92
F - 24	11.53	12.69	11.53	12.92	48.68	12.17
F - 28	10.86	11.22	11.36	10.82	44.26	11.07
TOTAL	109.67	110.07	111.22	111.51	442.48	18.44

* Datos transformados a raíz cuadrada.

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE FRUTOS TOTALES POR UNIDAD EXPERIMENTAL.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. t.
Bloques	3	0.3928	0.1309		
Tratamientos	5	759.8052	151.9610	35.886	2.90
Error	15	63.5178	4.2345		
TOTAL	23	823.7158			

CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY PARA NUMERO DE FRUTOS TOTALES POR UNIDAD EXPERIMENTAL

TRATAMIENTOS	MEDIA \bar{X}
F - 8	26.64
F - 12	23.76
F - 16	19.06
F - 20	17.92
F - 24	12.17
F - 28	11.07

CUADRO 12. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO. (Datos transformados a raíz cuadrada)

TRATA- MIENTOS	BLOQUES O REPETICIONES				TOTAL Yi	PROMEDIO \bar{Y}_i
	I	II	III	IV		
F - 8	7.61	7.68	7.74	8.18	31.21	7.80
F - 12	7.68	8.00	8.18	7.42	31.28	7.82
F - 16	7.55	8.12	7.61	7.87	31.15	7.79
F - 20	7.48	7.94	7.94	8.18	31.54	7.88
F - 24	8.00	8.12	7.74	7.35	31.21	7.80
F - 28	7.81	8.06	7.61	7.87	31.35	7.84
TOTAL	46.13	47.92	46.82	46.87	187.74	7.82

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DE CICLO.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	
Bloques	3	0.2727	0.0909			
Tratamientos	5	0.0248	0.0049	0.063	2.90	N.S.
Error	15	1.1813	0.0787			
TOTAL	23	1.4788				

CUADRO 14. RESULTADOS ORGANIZADOS DE ALTURA DE PLANTA AL FINAL DEL CICLO.

TRATA- MIENTOS	BLOQUES O REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Y_i	\bar{Y}_i
F - 8	51.00	56.5	45.88	48.56	201.94	50.4850
F - 12	38.23	50.64	41.69	49.57	180.13	45.0325
F - 16	41.21	45.08	43.33	38.50	168.12	42.0300
F - 20	39.54	48.82	36.50	44.67	169.53	42.3825
F - 28	27.00	33.67	39.25	25.75	125.67	31.4175
TOTAL	225.08	268.71	243.08	247.55	984.42	41.0175

CUADRO 15. ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA AL FINAL DEL CICLO

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F_c	F_t 0.05
Bloques	3	160.711	53.57	2.49	
Tratamientos	5	959.955	191.991	8.93	2.90 *
Error	15	322.331	21.488		
TOTAL	23	1442.997			

CUADRO 16. PRUEBA DE TUKEY PARA ALTURA DE PLANTA FINAL.

TRATAMIENTO	MEDIA (cm)
F - 8	50.485
F - 12	45.032
F - 20	42.382
F - 16	42.030
F - 24	34.757
F - 28	31.417

CUADRO 17. RESULTADOS ORGANIZADOS DE LONGITUD PROMEDIO DE FRUTO,

TRATA- MIENTOS	BLOQUES O REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Yi	\bar{Y}_i
F - 8	7.69	8.45	8.83	7.81	32.78	8.1950
F - 12	6.51	7.17	7.09	8.16	28.93	7.2325
F - 16	6.77	6.57	6.37	6.41	26.12	6.5300
F - 20	6.73	7.19	5.39	6.82	26.13	6.5325
F - 24	6.07	5.96	5.63	5.72	23.38	5.8450
F - 28	5.82	5.87	5.79	5.80	23.28	5.8200
TOTAL	39.59	41.21	39.10	40.72	160.62	6.6925

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA PARA LONGITUD PROMEDIO DE FRUTO.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	
Bloques	3	0.4774	0.15913			
Tratamientos	5	16.3225	3.26450	12.592	2.90	*
Error	15	3.8886	0.25924			
TOTAL	23	20.6885				

CUADRO 19. PRUEBA DE TUKEY PARA LONGITUD PROMEDIO DE FRUTO

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)
F - 8	8.195
F - 12	7.232
F - 20	6.532
F - 16	6.530
F - 24	5.845
F - 28	5.820

CUADRO 20. RESULTADOS ORGANIZADOS PARA DIAMETRO PROMEDIO DE FRUTO.

TRATA- MIENTOS	BLOQUES O REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Yi	\bar{Y}_i
F - 8	4.58	5.39	5.31	4.48	19.76	4.9400
F - 12	4.10	4.41	4.34	5.10	17.95	4.4875
F - 16	3.99	3.98	4.45	3.96	16.38	4.0950
F - 20	3.76	4.70	3.46	3.84	15.76	3.9400
F - 24	3.74	3.44	3.74	3.52	14.44	3.6100
F - 28	3.31	3.76	3.60	3.41	14.08	3.5200
TOTAL	23.48	25.68	24.90	24.31	98.37	4.0987

CUADRO 21. ANALISIS DE VARIANZA PARA DIAMETRO PROMEDIO DE FRUTO.

F. V.	G. L.	S. C.	C..M..	Fc	Ft
Bloques	3	0.432465	0.144155		
Tratamientos	5	5.831513	1.166303	8.70	2.90 *
Error	15	2.011108	0.134174		
Total	23	8.275086			

CUADRO 22. PRUEBA DE TUKEY PARA DIAMETRO PROMEDIO DE FRUTO.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)
F - 8	4.940
F - 12	4.487
F - 16	4.095
F - 20	3.940
F - 24	3.610
F - 28	3.520

CUADRO 23. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 8.

ESTRATO (cm)	PORCENTAJE DE HUMEDAD (ps)				DIFE- RENCIA (%)	CONSUMO ENTRE MUESTREO	(*) AJUSTE (cm)	LAMINA TOTAL CONSU- MIDA (cm)
	Despues riego		Antes riego					
	Fecha	(%)	Fecha	(%)				
0 - 30	7-2-85	28.83	12-2-85	26.79	2.04	0.77	0.46	1.23
30 - 60		24.53		23.15	1.38	0.47	0.28	0.75
0 - 30	15-2-85	30.20	20-2-85	27.63	2.57	0.97	0.58	1.55
30 - 60		25.40		23.57	1.83	0.63	0.38	1.01
0 - 30	23-2-85	29.62	28-2-85	24.94	4.68	1.77	1.06	2.83
30 - 60		25.60		22.96	2.64	0.91	0.55	1.46
0 - 30	3-3-85	30.40	8-3-85	22.87	7.53	2.84	1.70	4.54
30 - 60		24.70		23.09	1.61	0.55	0.33	0.88
0 - 30	11-3-85	29.82	16-3-85	23.34	6.48	2.45	1.47	3.92
30 - 60		27.13		21.36	5.77	1.98	1.19	3.17
0 - 30	19-3-85	29.80	24-3-85	26.65	3.15	1.19	0.71	1.90
30 - 60		26.92		23.29	3.63	1.25	0.75	2.00
0 - 30	27-3-85	29.29	1-4-85	28.72	0.57	0.22	0.13	0.35
30 - 60		25.61		23.62	1.99	0.68	0.41	1.09
0 - 30	4-4-85	28.75	9-4-85	27.39	1.41	0.53	0.32	0.85
30 - 60		25.74		24.23	1.51	0.52	0.31	0.83
0 - 30	12-4-85	29.17	17-4-85	28.21	0.96	0.36	0.22	0.58
30 - 60		26.36		25.79	0.57	0.20	0.12	0.32
0 - 30	20-4-85	28.70	25-4-85	28.42	0.28	0.11	0.07	0.18
30 - 60		26.55		26.25	0.30	0.10	0.06	0.16
Lámina parcial (cm)								29.60
Consumo riegos generales (cm)								3.55
Lámina total (cm)								33.15

(*) Ajuste: Días no incluidos entre los muestreos,

CUADRO 24. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-12.

ESTRATO (cm)	PORCENTAJE DE HUMEDAD (Ps)				DIFE- RENCIA (%)	CONSUMO ENTRE MUESTREO	AJUSTE (cm)	LAMINA TOTAL CONSU- MIDA (cm)
	Después Fecha	riego (%)	Antes Fecha	riego (%)				
0 - 30		28.74		26.20	2.54	0.96	0.31	1.27
30 - 60	7-2-85		16-2-85	25.04	0.11	0.04	0.01	0.05
0 - 30		30.52		25.95	4.57	1.72	0.58	2.31
30 - 60	19-2-85		28-2-85	23.02	3.08	1.06	0.35	1.41
0 - 30		30.75		26.35	4.40	1.66	0.55	2.21
30 - 60	3-3-85		12-3-85	21.87	4.48	1.54	0.51	2.05
0 - 30		30.25		22.36	7.84	2.98	1.00	3.98
30 - 60	15-3-85		24-3-85	21.02	4.02	1.38	0.46	1.84
0 - 30		28.29		25.88	2.41	0.91	0.30	1.21
30 - 60	27-3-85		5-4-85	22.78	2.85	0.98	0.33	1.31
0 - 30		29.12		26.48	2.64	1.00	0.33	1.33
30 - 60	8-4-85		17-4-85	23.41	2.12	0.73	0.24	0.97
0 - 30		29.59		27.23	2.36	0.90	0.30	1.20
30 - 60	20-4-85		25-4-85	24.76	0.35	0.12	0.04	0.16
Lámina parcial (cm)								21.30
Consumo riegos generales (cm)								3.55
Lámina total (cm)								24.85

CUADRO 25. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-16

ESTRATO (cm)	PORCENTAJE DE HUMEDAD (ps)				DIFE- RENCIA (%)	CONSUMO ENTRE MUESTREO	AJUSTE (cm)	LAMINA TOTAL CONSU- MIDA (cm)
	Después Fecha	riego (%)	Antes Fecha	riego (%)				
0 - 30	7-2-85	30.72	20-2-85	27.32	3.40	1.28	0.30	1.58
30 - 60		27.97		25.85	2.12	0.73	0.17	0.90
0 - 30	23-2-85	29.67	8-3-85	25.02	4.65	1.76	0.40	2.16
30 - 60		26.52		24.04	2.48	0.85	0.20	1.05
0 - 30	11-3-85	29.97	24-3-85	23.59	6.38	2.41	0.56	2.97
30 - 60		25.88		21.99	3.89	1.34	0.31	1.65
0 - 30	27-3-85	28.52	9-4-85	23.59	4.93	1.86	0.43	2.29
30 - 60		26.76		22.62	4.14	1.42	0.33	1.75
0 - 30	12-4-85	29.85	25-4-85	25.35	4.50	1.70	0.39	2.09
30 - 60		25.45		22.23	3.22	1.10	0.25	1.35
Lámina parcial (cm)								17.79
Consumo riegos generales (cm)								3.55
Lámina Total (cm)								21.34

CUADRO 26. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-20

ESTRATO (cm)	PORCENTAJE DE HUMEDAD (ps)				DIFE- RENCIA (%)	CONSUMO ENTRE MUESTREO	AJUSTE (cm)	LAMINA TOTAL CONSU- MIDA (cm)
	Después riego		Antes riego					
	Fecha	(%)	Fecha	(%)				
0 - 30	7-2-85	27.13	24-2-85	22.98	4.15	1.57	0.28	1.85
30 - 60		24.14		23.17	0.97	0.33	0.06	0.39
0 - 30	27-2-85	29.34	16-3-85	25.34	4.00	1.51	0.27	1.78
30 - 60		26.05		23.48	2.57	0.88	0.16	1.04
0 - 30	19-3-85	28.31	5-4-85	19.22	9.09	3.43	0.61	4.04
30 - 60		25.46		18.86	6.60	2.27	0.40	2.67
28 - 30	8-4-85	28.73	25-4-85	21.59	7.14	2.70	0.48	3.18
30 - 60		24.35		17.98	6.37	2.19	0.39	2.58
Lámina parcial (cm)								17.53
Consumo riegos generales (cm)								3.55
Lámina Total (cm)								21.08

CUADRO 27. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-24

ESTRATO (cm)	PORCENTAJE DE HUMEDAD (Ps)				DIFE- RENCIA (%)	CONSUMO ENTRE MUESTREO	AJUSTE (cm)	LAMINA TOTAL CONSU- MIDA (cm)
	Después riego		Antes riego					
	Fecha	(%)	Fecha	(%)				
0 - 30	7-2-85	29.37	28-2-85	24.50	4.87	1.84	0.26	2.10
30 - 60		24.91		21.25	3.66	1.26	0.18	1.44
0 - 30	3-3-85	28.43	24-3-85	22.06	6.37	2.41	0.34	2.75
30 - 60		25.64		20.89	4.75	1.63	0.23	1.86
0 - 30	27-3-85	28.93	25-4-85	23.06	5.87	2.22	0.32	2.54
30 - 60		25.04		20.16	4.88	1.68	0.24	1.92
Lámina parcial (cm)								12.61
Consumo riegos generales (cm)								3.55
Lámina Total (cm)								16.16

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

ESTRATO (cm)	PORCENTAJA DE HUMEDAD (Ps)				DIFE- RENCIA (%)	CONSUMO ENTRE MUESTREO	AJUSTE (cm)	LAMINA TOTAL CONSUMI DA (cm)
	Después riego		Antes riego					
	Fecha	(%)	Fecha	(%)				
0 - 30	7-2-85	29.45	4-3-85	25.44	4.01	1.52	0.18	1.70
30-60		25.34		22.24	3.10	1.06	0.13	1.19
0 - 30	7-3-85	29.95	1-4-85	21.70	8.25	3.12	0.37	3.49
30 - 60		26.93		20.54	6.39	2.19	0.26	2.45
0 - 30	4-4-85	28.62	25-4-85	25.40	3.22	1.22	0.15	1.37
30 - 60		24.54		21.68	2.86	0.98	0.12	1.10
Lámina parcial (cm)								11.30
Consumo riegos generales (cm)								3.55
Lámina total (cm)								14.85

CUADRO 29. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR EL METODO DEL TANQUE EVAPORIMETRO PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

SEMA- NAS	Ev (mm) TANQUE	COEFI- CIENTE "C"	Etp	Et S. C. S.		Et C. U. H.		Et Acumulada (mm)	
				Kc S.C.S	Et REAL	Kc C.U.H	Et REAL	S.C.S	C.U.H
1	27.52	0,7	19.26	0.50	9.63	0.25	4,82	9.63	4.82
2	26.21	0.7	18.35	0.57	10.46	0.34	6.24	20.09	11.06
3	27.73	0.7	19.41	0.71	13.78	0.45	8.73	33.87	19.79
4	29.24	0.7	20.47	0.80	16.38	0.59	12.08	50.25	31.87
5	32.34	0.7	22.64	0.92	20.83	0.72	16.30	71.08	48.17
6	39.92	0.7	27.94	0.93	25.98	0.82	22.91	97.06	71.08
7	40.78	0.7	28.55	1.04	29.69	0.88	25.12	126.75	96.20
8	42.38	0.75	31.79	1.05	33.38	0.95	30.20	160.13	126.40
9	48.42	0.7	33.89	1.05	35.58	0.98	33.21	195.71	159.61
10	50.35	0.7	35.25	1.01	35.60	0.93	32.78	231.31	192.39
11	47.94	0.7	33.56	0.96	32.22	0.88	29.53	263.53	221.92
12	51.03	0.7	35.72	0.87	31.08	0.82	29.29	294.61	251.21
13	48.66	0.7	34.06	0.80	27.25	0.72	24.52	321.86	275.73
14	43.42	0.7	30.39	0.66	20.06	0.59	17.93	341.92	293.66
TOTAL (mm)	555.94				341.92		293.66		

CUADRO 30. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE PERIODO COMPRENDIDO DEL 20 DE ENERO DE 1985 AL 26 DE ABRIL DE 1985.

SEMA- NAS	(1) FRACCION DE SEMA- NAS	(2)		(3)		Fi= 1x2x3	Kt=0.03114 T°C+0.2396	FixKt	Kc		Et (cm)		Et (cm)		Et' (cm)		
		T °C	m=T°C+21.8	% LUZ	S.C.S				C.U.H	S.C.S	F.A.	C.U.H.	F.A.	S.C.S	C.U.H		
		POR SEMANA															
20-1	1	24.87	1.96	1.68	3.29	1.04	3.42	0.50	0.25	1.71	0.64	0.86	0.76	1.09	0.65		
26-1																	
27-1	1	26.84	2.05	1.73	3.55	1.08	3.83	0.57	0.34	2.18	0.64	1.30	0.76	1.40	0.99		
2-2																	
3-2	1	27.59	2.08	1.84	3.83	1.10	4.21	0.71	0.45	2.99	0.64	1.90	0.76	1.91	1.44		
9-2																	
10-2	1	24.30	1.93	1.84	3.55	1.00	3.55	0.80	0.59	2.84	0.64	2.10	0.76	1.82	1.60		
16-2																	
17-2	1	25.90	2.00	1.84	3.68	1.05	3.86	0.92	0.72	3.55	0.64	2.78	0.76	2.27	2.11		
23-2																	
24-2	1	26.59	2.04	1.86	3.79	1.07	4.06	0.93	0.82	3.78	0.64	3.33	0.76	2.42	2.53		
2-3																	
3-3	1	26.29	2.02	1.90	3.84	1.06	4.07	1.04	0.88	4.23	0.64	3.58	0.76	2.71	2.72		
9-3																	
10-3	1	25.94	2.01	1.90	3.82	1.05	4.01	1.05	0.95	4.21	0.64	3.81	0.76	2.69	2.90		
16-3																	
17-3	1	28.67	2.13	1.90	4.05	1.13	4.58	1.05	0.98	4.81	0.64	4.49	0.76	3.08	3.41		
23-3																	
24-3	1	29.83	2.18	1.90	4.14	1.17	4.48	1.01	0.93	4.89	0.64	4.50	0.76	3.13	3.42		
30-4																	
31-3	1	28.44	2.12	1.96	4.16	1.13	4.70	0.96	0.88	4.51	0.64	4.14	0.76	2.89	3.15		
6-4																	
7-4	1	28.37	2.12	1.97	4.18	1.12	4.68	0.87	0.82	4.07	0.64	3.84	0.76	2.61	2.92		
13-4																	
14-4	1	29.00	2.15	1.97	4.24	1.14	4.83	0.80	0.72	3.86	0.64	3.48	0.76	2.47	2.65		
20-4																	
21-4	0.857	30.50	2.22	1.69	3.22	1.19	3.83	0.66	0.59	2.53	0.64	2.26	0.76	1.62	1.72		
26-4																	
								53.34		50.16		42.37		32.11		32.21	

* Factor de Ajuste S.C.S.

$$K' = \frac{ET}{F} = \frac{50.16}{53.34} = 0.94$$

$$KG = 0.6 \quad FA = \frac{0.6}{0.94} = 0.64$$

Factor de Ajuste C.U.H.

$$K' = \frac{ET}{F} = \frac{42.37}{53.34} = 0.79$$

$$FA = \frac{0.6}{0.79} = 0.76$$

Kc C.U.H. = Coeficiente de desarrollo para Curva Unica de Hansen.

Kc S.C.S. = Coeficiente de desarrollo del Servicio de Conservación de Suelos.

CUADRO 31. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADO EN 1983 PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

SEMANAS	DURACION DEL PERIODO EN SEMANAS	PROMEDIO DE TEMP. DE MAX. SEMANAL °C	PROMEDIO DE TEMP. DE MIN. SEMANAL °C	T.D °C	Ra mm%sem	Rs mm/sem	TEMP. MEDIA °F	Eto. mm/sem	Kc	Eto. mm/sem	Eto. Acum. (mm)
20-1-85 26-1-85	1	31.29	17.33	13.96	85.60	52.77	76.77	30.38	0.40	12.15	12.15
27-1-85 2-2-85	1	35.11	16.07	19.04	88.09	63.42	80.31	38.20	0.50	19.10	31.25
3-2-85 9-2-85	1	34.61	17.94	16.67	94.30	63.53	81.66	38.91	0.58	22.57	53.82
10-2-85 16-2-85	1	31.09	16.03	15.06	94.30	60.38	75.74	34.30	0.69	23.67	77.49
17-2-85 23-2-85	1	32.84	18.57	14.27	94.30	58.78	78.62	34.66	0.77	26.69	104.18
24-2-85 2-3-85	1	33.67	17.49	16.18	96.99	64.37	79.86	38.56	0.85	32.78	136.95
3-3-85 9-3-85	1	33.76	17.89	15.87	103.70	68.16	79.32	40.55	0.93	37.71	174.66
10-3-85 16-3-85	1	33.13	20.71	12.42	103.70	60.30	78.69	35.60	0.93	33.11	207.77
17-3-85 23-3-85	1	37.69	20.49	17.20	103.70	70.96	83.61	44.50	0.91	40.50	248.27
24-3-85 30-3-85	1	36.11	21.03	15.08	103.70	66.45	85.69	42.70	0.89	38.00	286.27
31-3-85 6-4-85	1	35.54	18.64	16.90	108.76	73.77	83.19	46.03	0.86	39.59	325.85
7-4-85 13-4-85	1	35.21	19.71	15.50	109.60	71.20	83.07	44.36	0.84	37.26	363.12
14-4-85 20-4-85	1	35.71	20.94	14.77	109.60	69.50	84.20	43.89	0.80	35.11	398.23
21-4-85 26-4-85	0.857	37.38	21.83	15.55	93.94	61.12	86.90	39.84	0.80	31.87	430.100

CUADRO 32. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADO EN 1966 PARA TODO EL CULTIVO.

SEMANAS	(1)	(2)	(3)	HUMEDAD RELATIVA MEDIA Hn	(4)	(5)	CORRECCIONES			Et = (mm)	Et Corregida (mm)
	FRACCION DE SEMANAS	T °C MEDIA SEMANAL	d=0.12p		17.32 x (1.0-0.01 Hn)	Pe F.A.O.	Viento % (+)	Insolación % (-)	Altitud % (+)	1.783x4 x5	
20-1 26-1	1	24.87	0.202	43.11	9.88	0.40	10.39	18.33	3.67	19.85	18.55
27-1 2-2	1	26.84	0.208	34.86	11.31	0.50	13.68	18.15	3.67	31.57	30.46
3-2 9-3	1	27.59	0.221	35.70	11.17	0.58	7.30	17.67	3.67	39.50	36.14
10-2 16-2	1	24.30	0.221	40.64	10.31	0.60	12.96	17.67	3.67	38.20	36.83
17-2 23-2	1	25.90	0.221	43.50	9.81	0.77	7.51	17.67	3.67	43.23	39.67
24-2 2-3	1	26.59	0.223	37.41	10.87	0.85	8.69	16.19	3.67	54.78	51.73
3-3 9-3	1	26.29	0.228	39.02	10.59	0.93	11.21	12.50	3.67	59.03	59.55
10-3 16-3	1	25.94	0.228	54.21	7.95	0.93	38.21	12.50	3.67	43.72	54.81
17-3 23-3	1	28.67	0.228	45.89	9.40	0.91	30.76	12.50	3.67	55.91	66.31
24-3 30-3	1	29.83	0.228	41.18	10.21	0.89	23.74	12.50	3.67	61.80	69.36
31-3 6-4	1	28.44	0.235	33.91	11.48	0.86	11.79	12.00	3.67	65.98	67.29
7-4 13-4	1	28.37	0.236	35.22	11.25	0.84	14.20	11.92	3.67	63.27	65.97
14-4 20-4	1	29.00	0.236	36.06	11.10	0.80	19.64	11.92	3.67	60.77	66.39
21-4 26-4	0.857	30.50	0.203	34.41	11.39	0.80	20.86	11.92	3.67	48.34	53.34
TOTAL =										685.95	716.40

CUADRO 33. EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR TRATAMIENTO Y POR FORMULAS.

SEMANAS	FRECUENCIAS DE RIEGO						BLANEY-CRIDDLE		HARGREAVES		TANQUE EVAPORIMETRO	
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	(Kc) S.C.S.	(Kc) C.U.H.	Modifica- do 1983	Modifica- do 1966	(Kc) S.C.S.	(Kc) C.U.H.
1	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.09	0.65	1.21	1.86	0.96	0.48
2	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.40	0.99	1.91	3.04	1.04	0.62
3	1.62	1.07	1.25	1.08	1.22	1.04	1.91	1.44	2.26	3.61	1.38	0.87
4	1.95	0.77	1.09	0.78	1.03	0.72	1.82	1.60	2.37	3.68	1.64	1.21
5	2.67	1.96	1.18	0.78	1.03	0.72	2.27	2.11	2.67	3.97	2.08	1.63
6	3.90	2.22	1.40	0.93	1.08	0.72	2.42	2.53	3.28	5.17	2.60	2.29
7	4.74	2.49	1.40	0.99	1.34	1.15	2.71	2.72	3.77	5.96	2.97	2.51
8	6.20	2.88	2.02	0.99	1.34	1.49	2.69	2.90	3.31	5.48	3.33	3.02
9	3.82	3.40	2.02	2.15	1.34	1.49	3.08	3.41	4.05	6.63	3.56	3.32
10	1.87	2.02	1.84	2.35	1.08	1.49	3.13	3.42	3.80	6.94	3.56	3.28
11	1.38	1.46	1.77	2.35	0.98	1.05	2.89	3.15	3.96	6.73	3.22	2.95
12	1.17	1.34	1.66	2.02	0.98	0.72	2.61	2.92	3.73	6.60	3.11	2.94
13	0.65	1.30	1.50	2.02	0.98	0.72	2.47	2.65	3.51	6.64	2.73	2.45
14	0.26	1.02	1.29	1.72	0.84	0.62	1.62	1.72	3.18	5.33	2.01	1.79
TOTAL (cm)	33.15	24.85	21.34	21.08	16.16	14.85	32.11	32.21	43.01	71.64	34.19	29.36

CUADRO 34. COEFICIENTES DE DETERMINACION " r^2 " DEL MODELO LINEAL DE LOS SEIS TRATAMIENTOS VRS. FORMULAS.

FRECUENCIA RIEGO FORMULAS	F-8 (r^2)	F-12 (r^2)	F-16 (r^2)	F-20 (r^2)	F-24 (r^2)	F-28 (r^2)
Blaney - Criddle (Kc) S.C.S.	0.18	0.37	0.42	0.16	0.04	0.01
Blaney - Criddle (Kc) C.U.H.	0.14	0.33	0.46	0.22	0.09	0.003
Hargreaves 1983	0.06	0.21	0.31	0.24	0.17	0.01
Hargreaves 1966	0.01	0.13	0.34	0.37	0.20	0.008
Tanque (Kc) S.C.S.	0.17	0.38	0.53	0.22	0.06	0.01
Tanque (Kc) C.U.H.	0.13	0.34	0.54	0.26	0.08	0.006

" r^2 " Tabulado al 0.1% de nivel de significancia = 0.61

CUADRO 35. RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y LA EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE.

SEMANAS	EVAPORA- CION DEL TANQUE (cm)	T R A T A M I E N T O S												
		F - 8		F - 12		F - 16		F - 20		F - 24		F - 28		
		Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	
1	2.75	1.46	0.53	1.46	0.53	1.46	0.53	1.46	0.53	1.46	0.53	1.46	0.53	*
2	2.62	1.46	0.56	1.46	0.56	1.46	0.56	1.46	0.56	1.46	0.56	1.46	0.56	*
3	2.77	1.62	0.58	1.07	0.39	1.25	0.45	1.08	0.39	1.22	0.44	1.04	0.38	
4	2.92	1.95	0.67	0.77	0.26	1.09	0.37	0.78	0.28	1.03	0.35	0.72	0.25	
5	3.23	2.67	0.83	1.96	0.61	1.18	0.37	0.78	0.24	1.03	0.32	0.72	0.22	
6	3.99	3.90	0.98	2.22	0.56	1.40	0.35	0.93	0.23	1.08	0.27	0.72	0.18	
7	4.07	4.74	1.16	2.49	0.61	1.40	0.34	0.99	0.24	1.34	0.33	1.15	0.28	
8	4.23	6.20	1.46	2.88	0.68	2.02	0.48	0.99	0.23	1.34	0.32	1.49	0.35	
9	4.84	3.82	0.79	3.40	0.70	2.02	0.42	2.15	0.44	1.34	0.28	1.49	0.31	
10	5.03	1.87	0.37	2.02	0.40	1.84	0.37	2.35	0.47	1.08	0.21	1.49	0.30	
11	4.79	1.38	0.29	1.46	0.30	1.77	0.37	2.35	0.49	0.98	0.20	1.05	0.22	
12	5.10	1.17	0.23	1.34	0.26	1.66	0.33	2.02	0.40	0.98	0.19	0.72	0.14	
13	4.86	0.65	0.13	1.30	0.27	1.50	0.31	2.02	0.42	0.98	0.20	0.72	0.14	
14	4.34	0.26	0.06	1.02	0.23	1.29	0.30	1.72	0.39	0.84	0.19	0.62	0.14	**
TOTAL	55.59	33.15	0.59	24.85	0.44	21.34	0.38	21.08	0.37	16.16	0.29	14.85	0.26	

* Los datos de Et corresponden al período de riegos generales.

** Comprende sólo 6 días.

FIG. 4

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-8

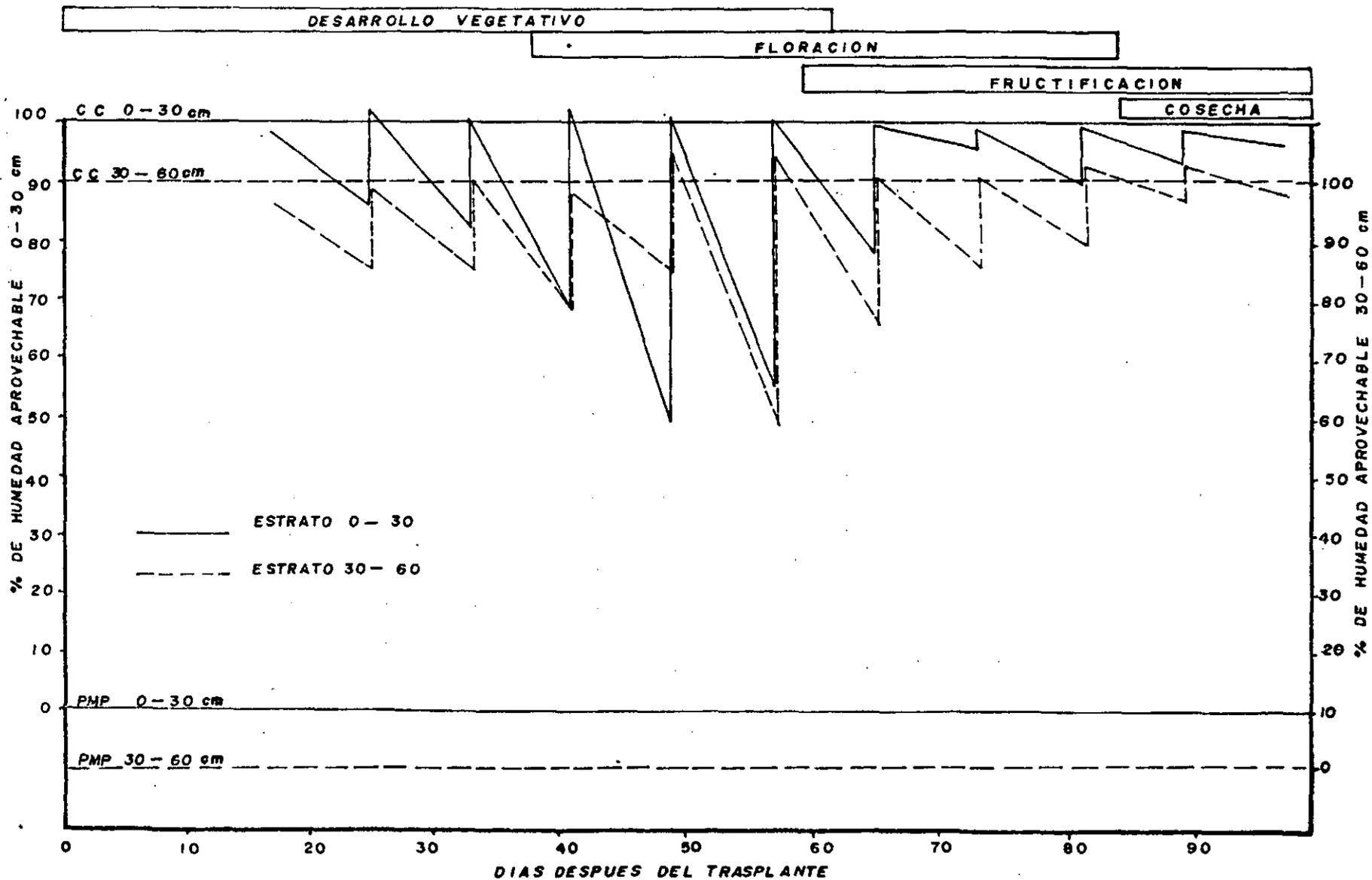
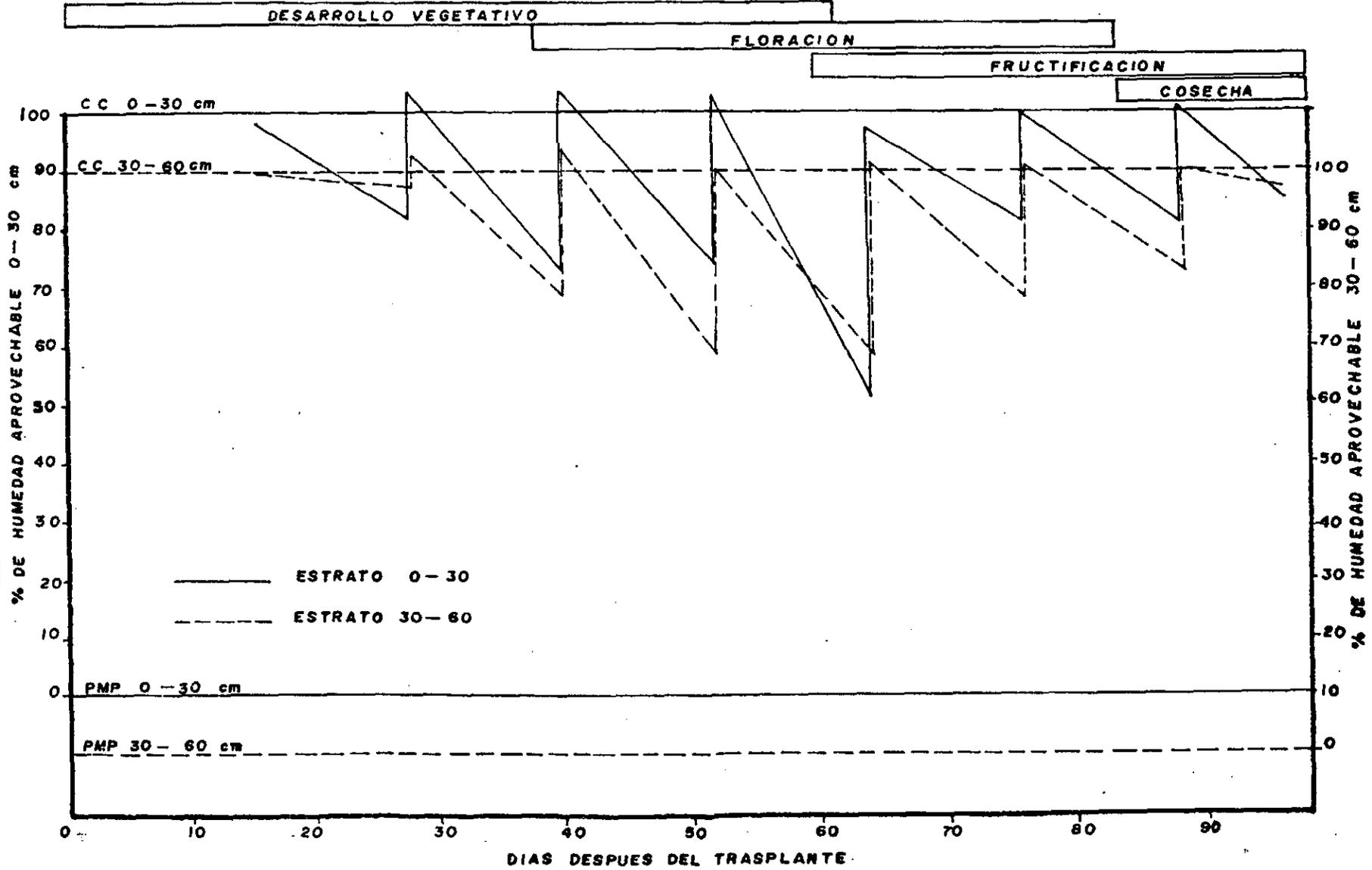


FIG. 5

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-12



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DE GUATEMALA

FIG. 6

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-16

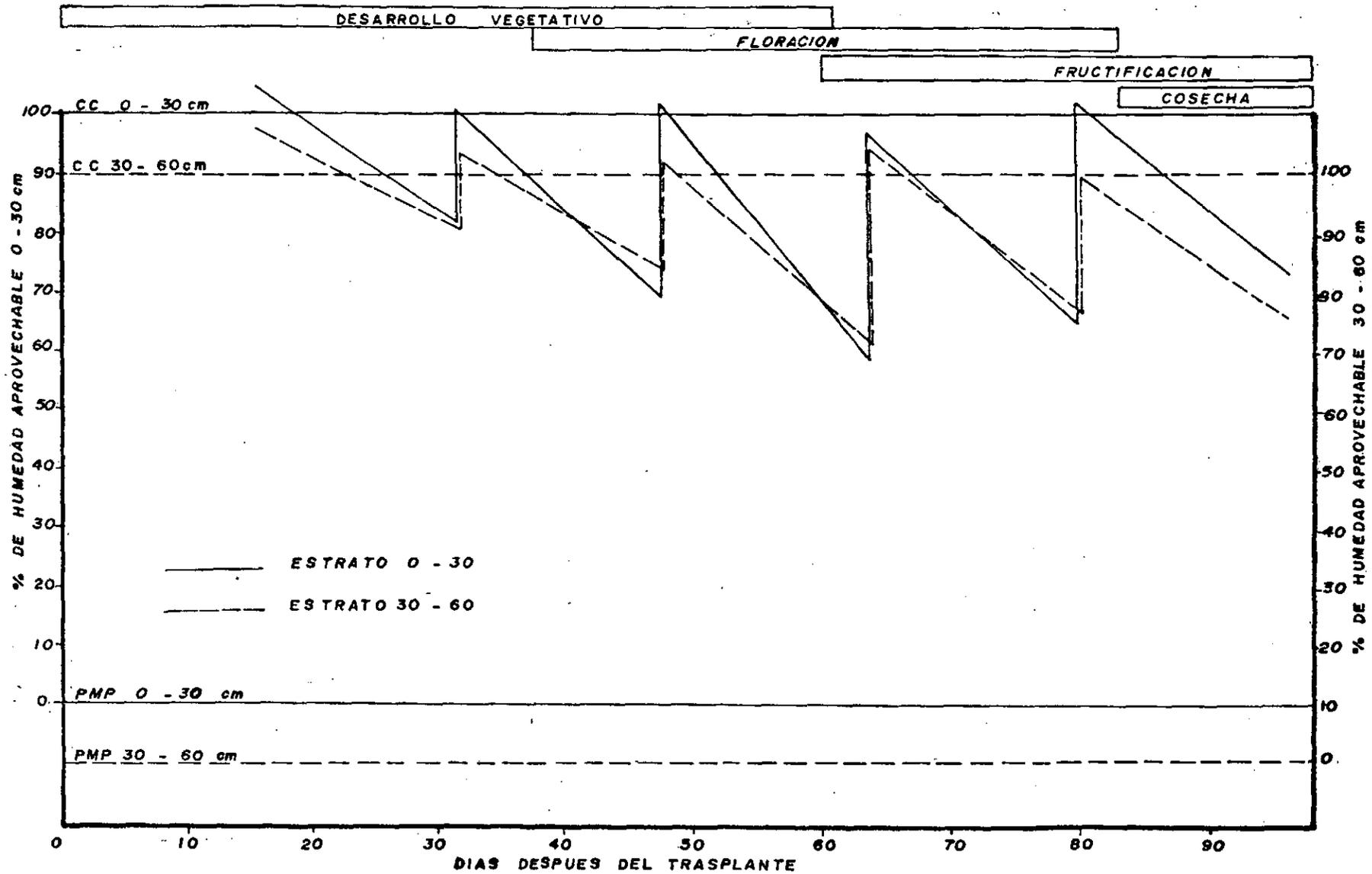


FIG. 7

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-20

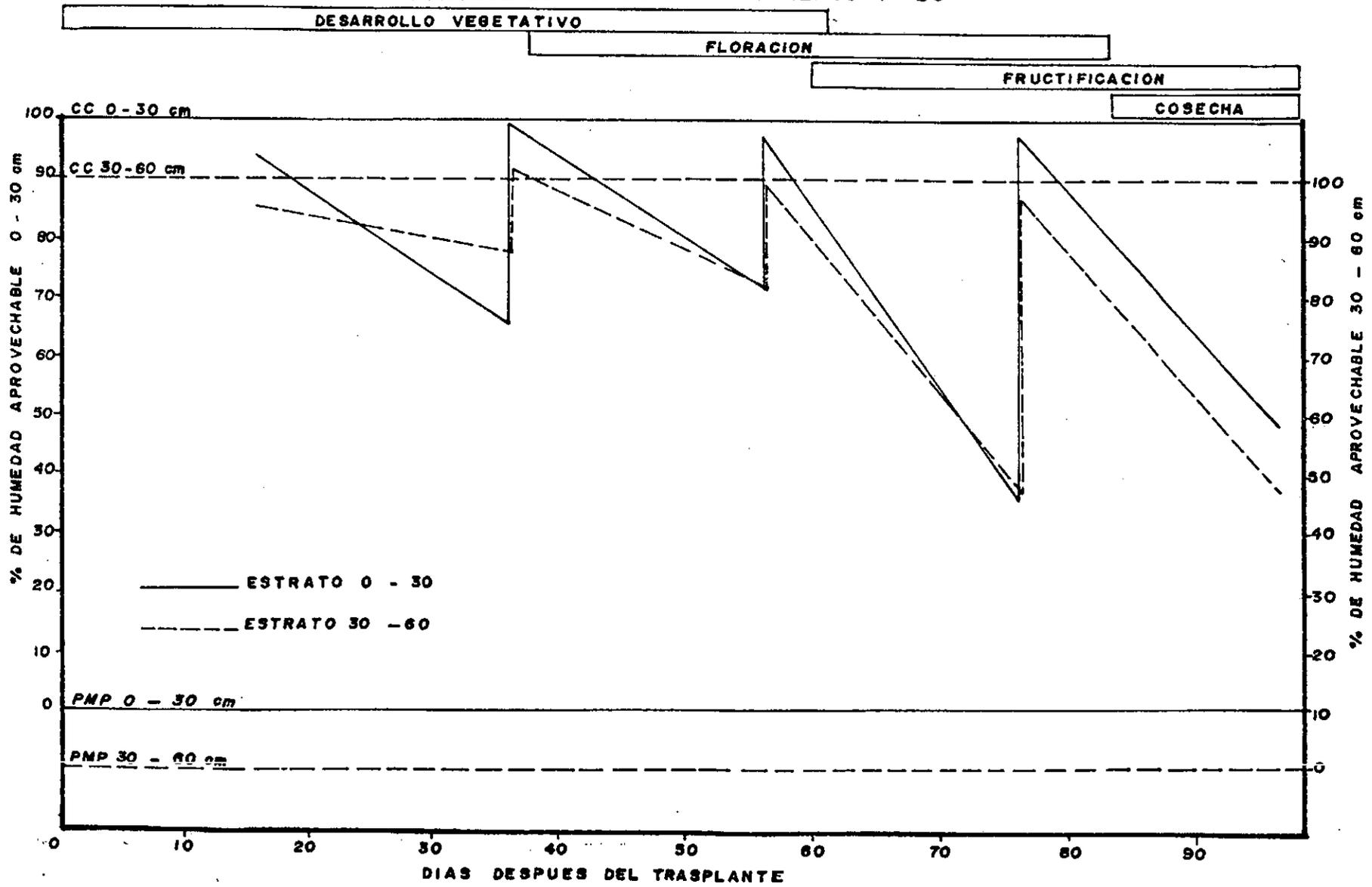


FIG. 8

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-24

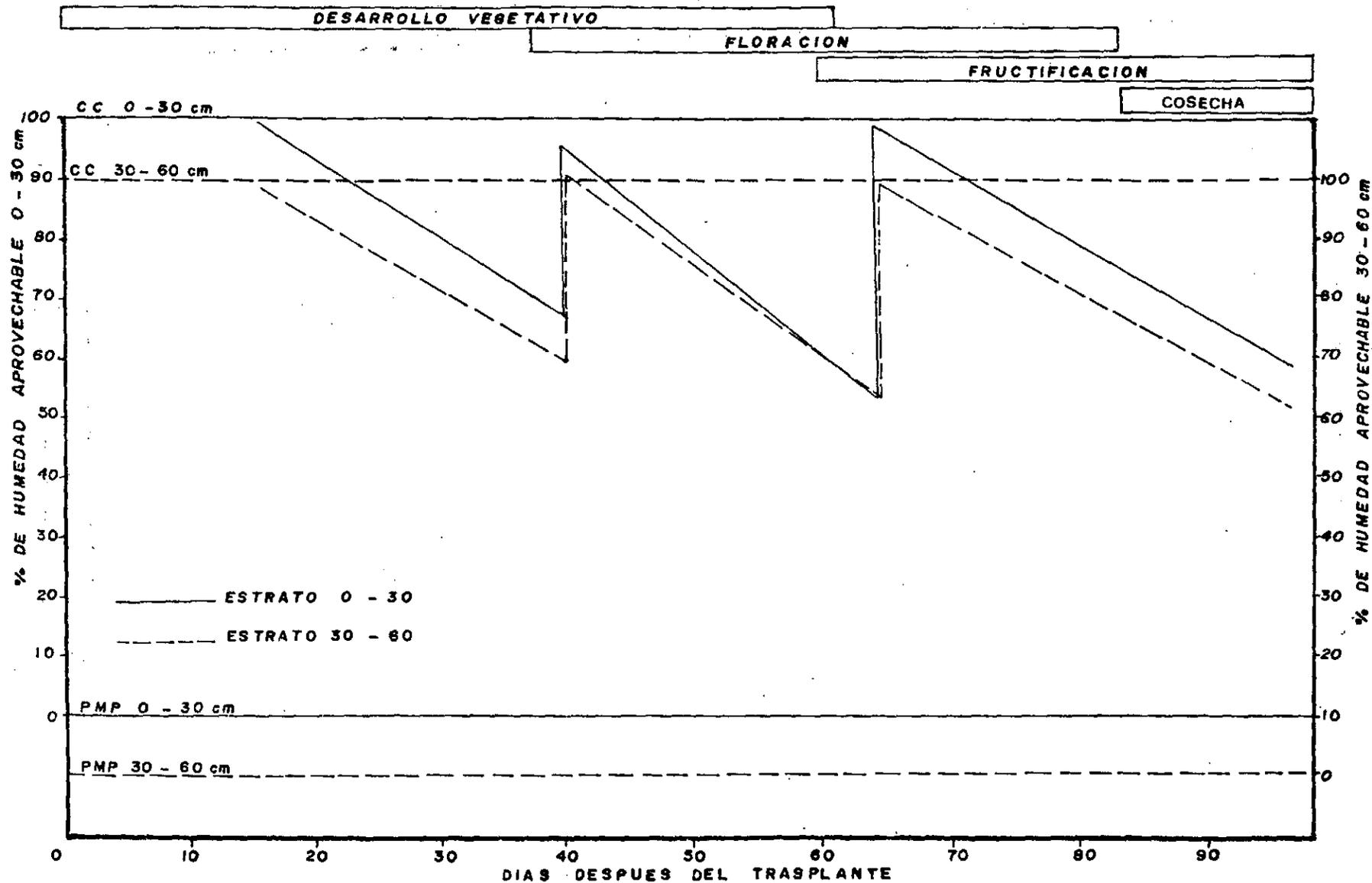


FIG. 9

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-28

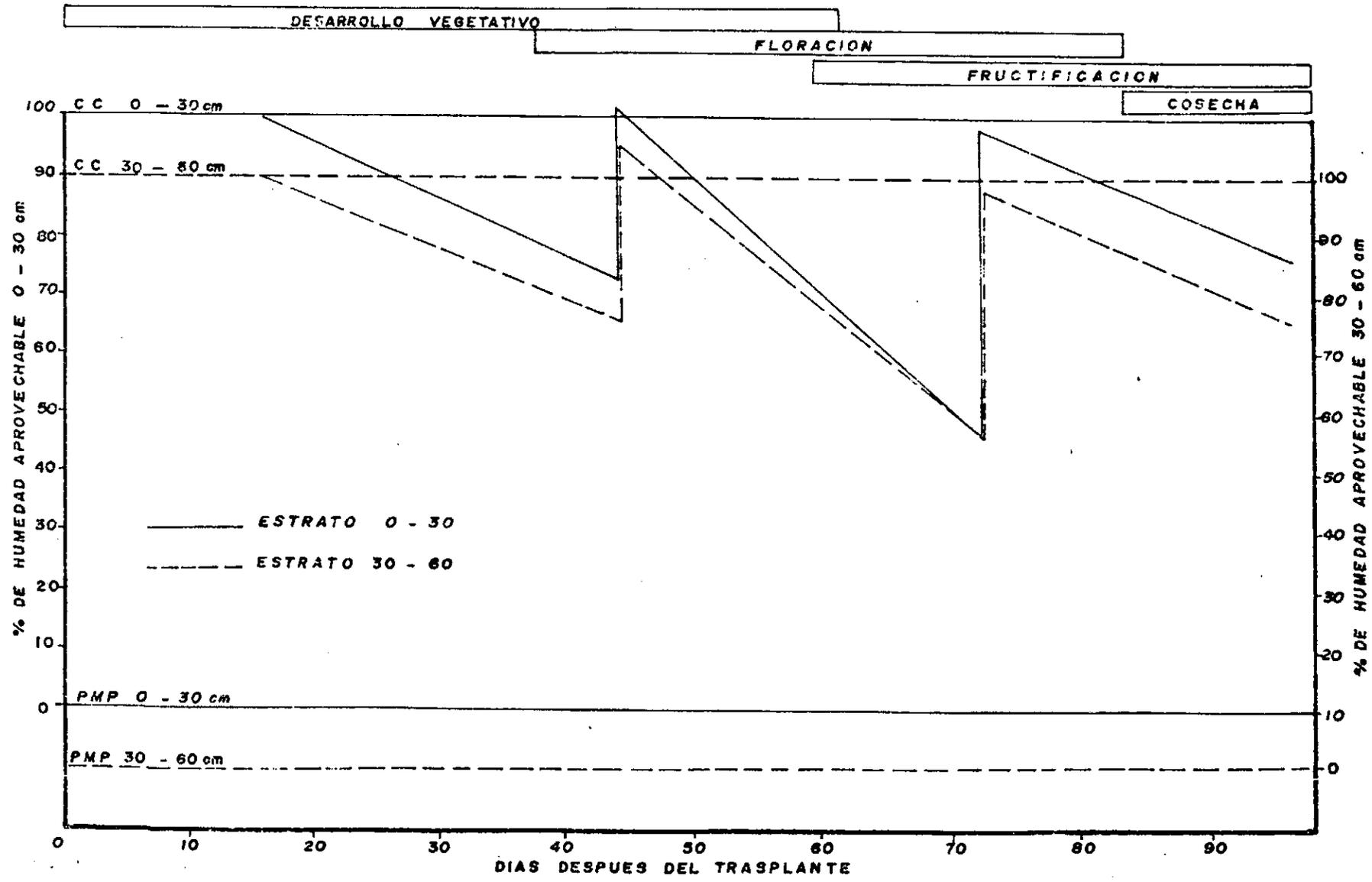


FIGURA 10

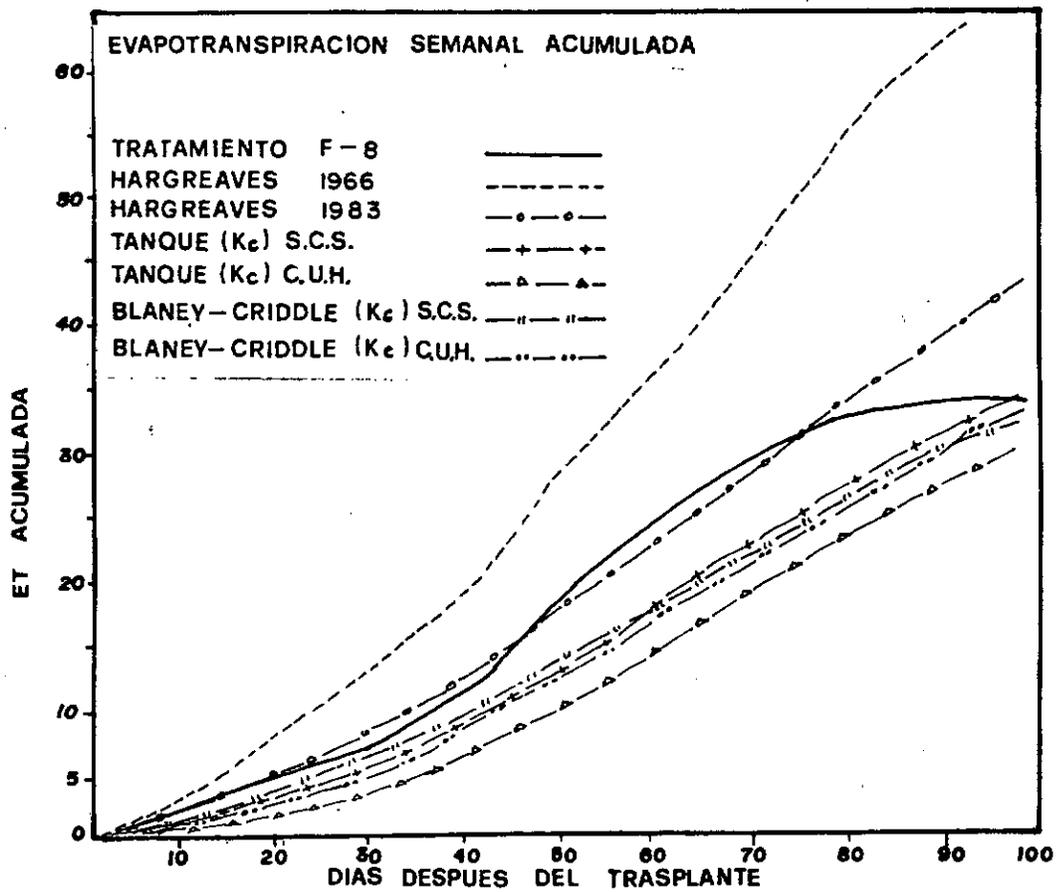


FIGURA 11

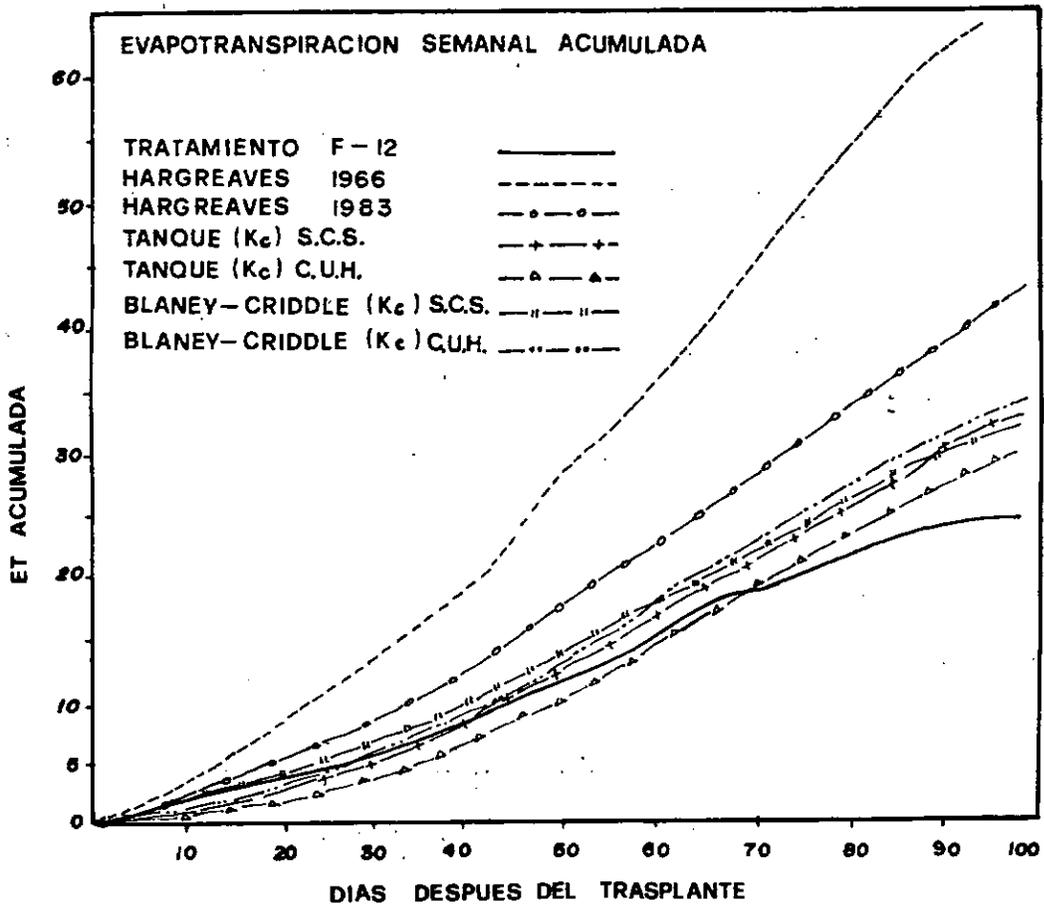


FIGURA 12

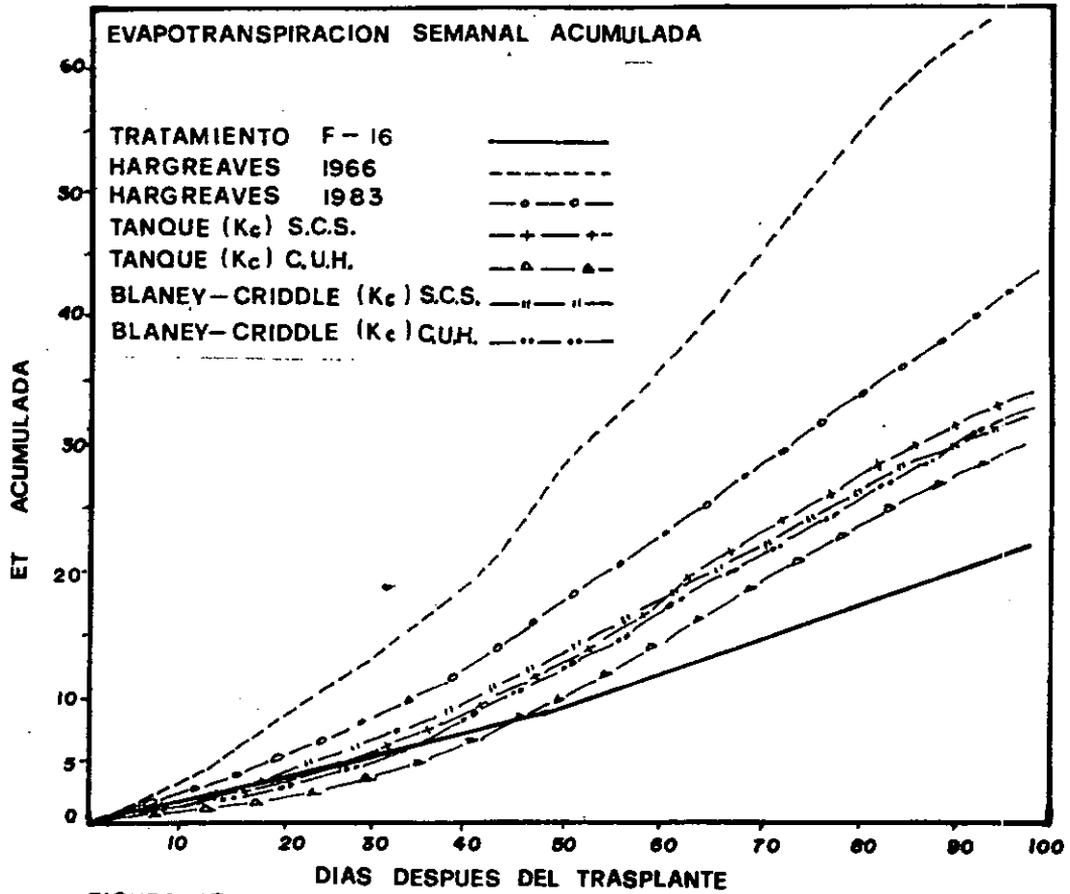


FIGURA 13

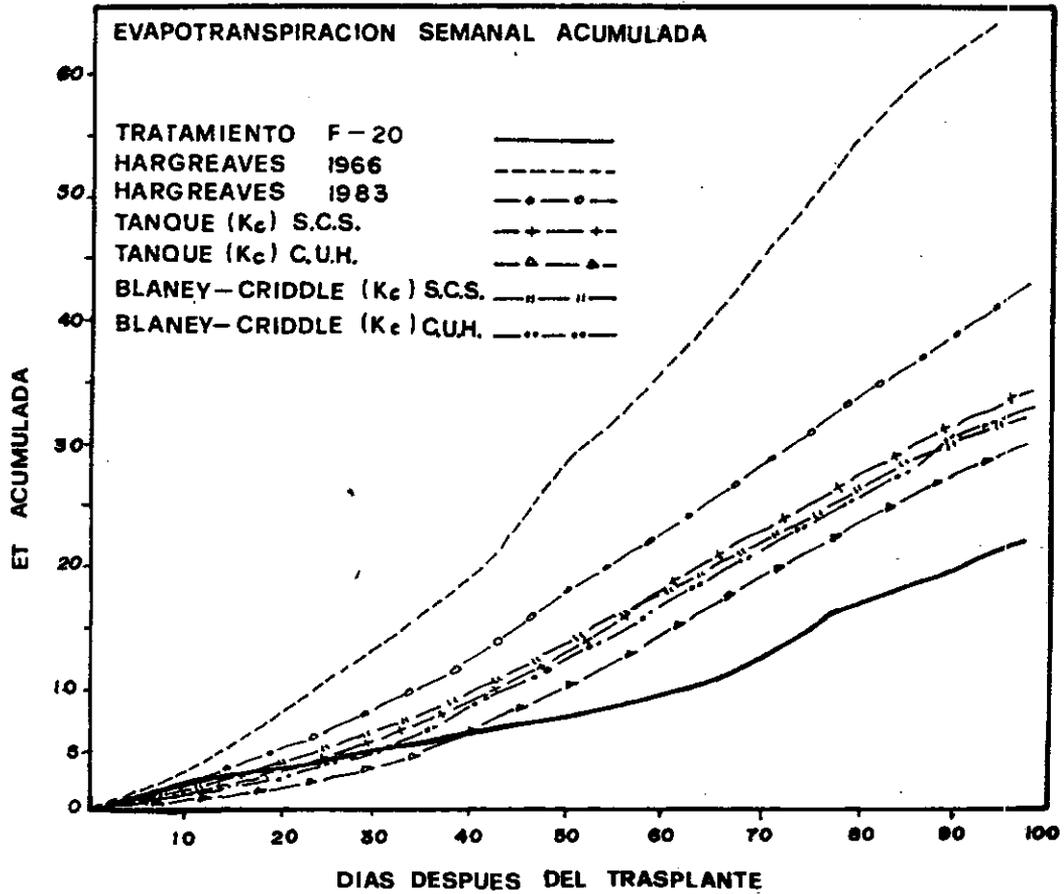


FIGURA 14

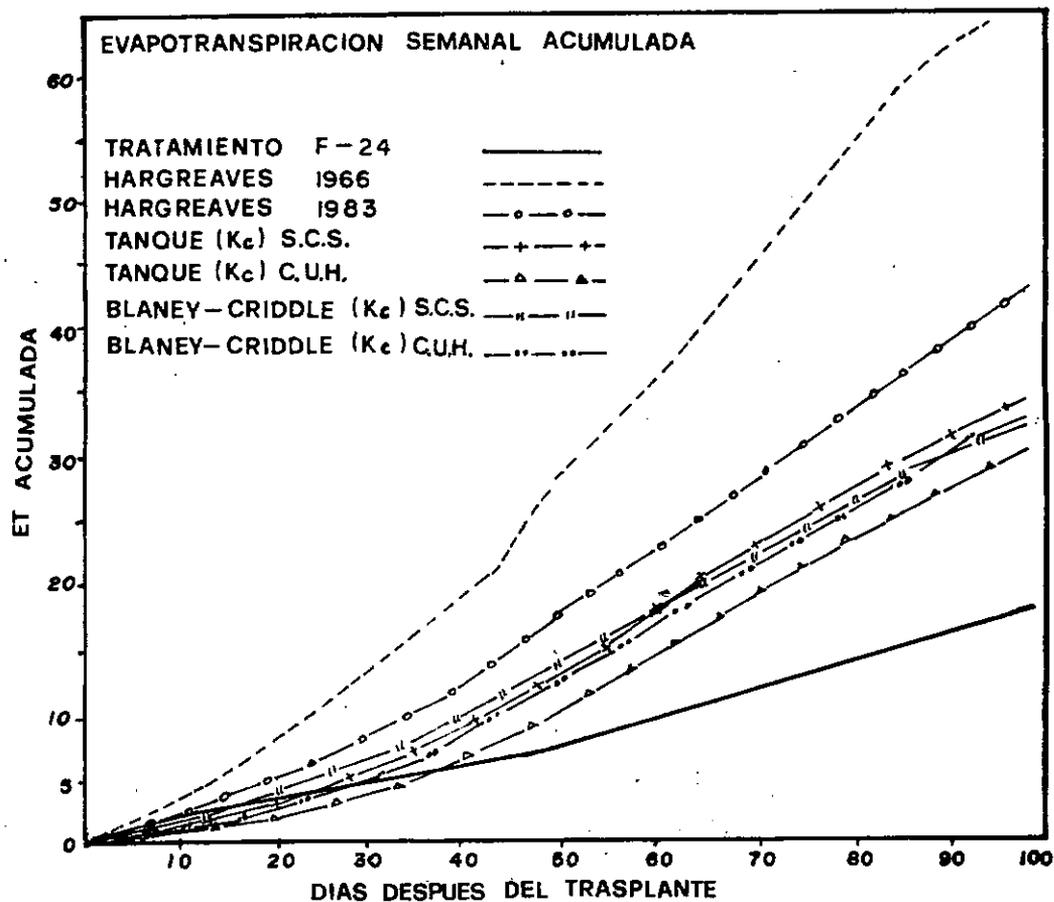


FIGURA 15

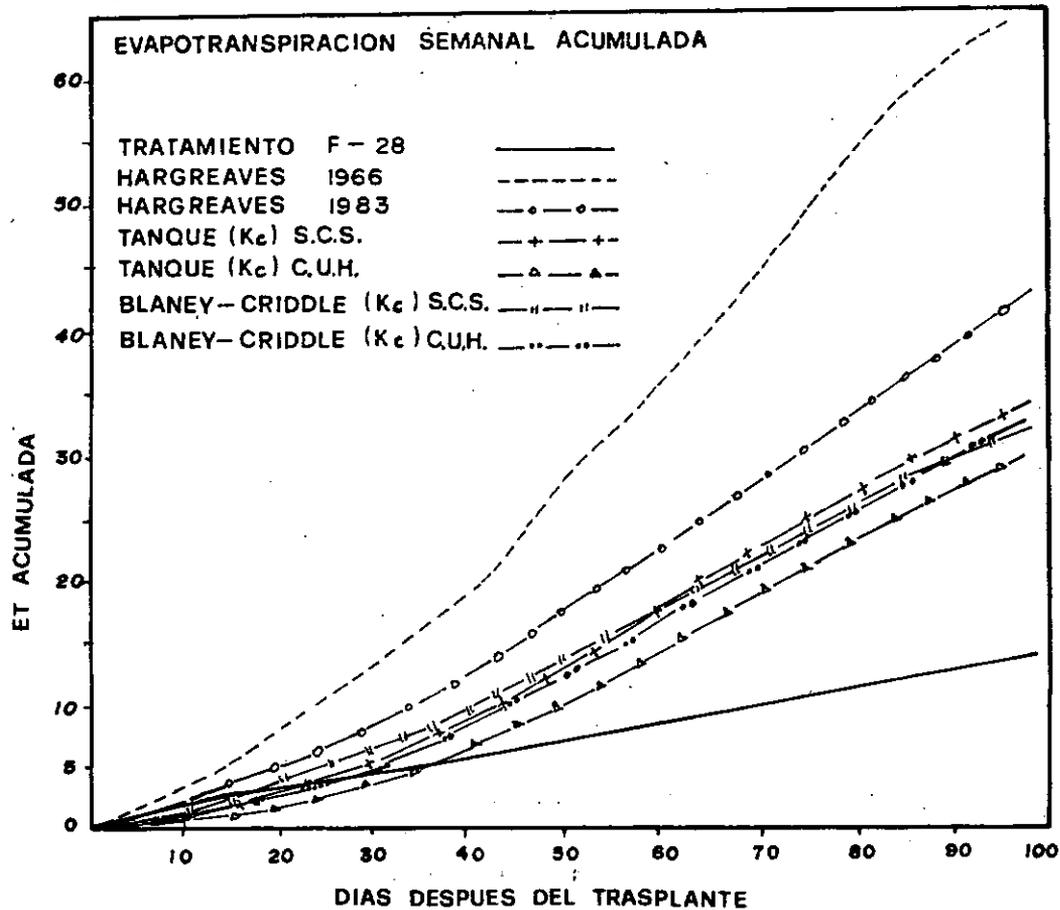


FIG. 16.

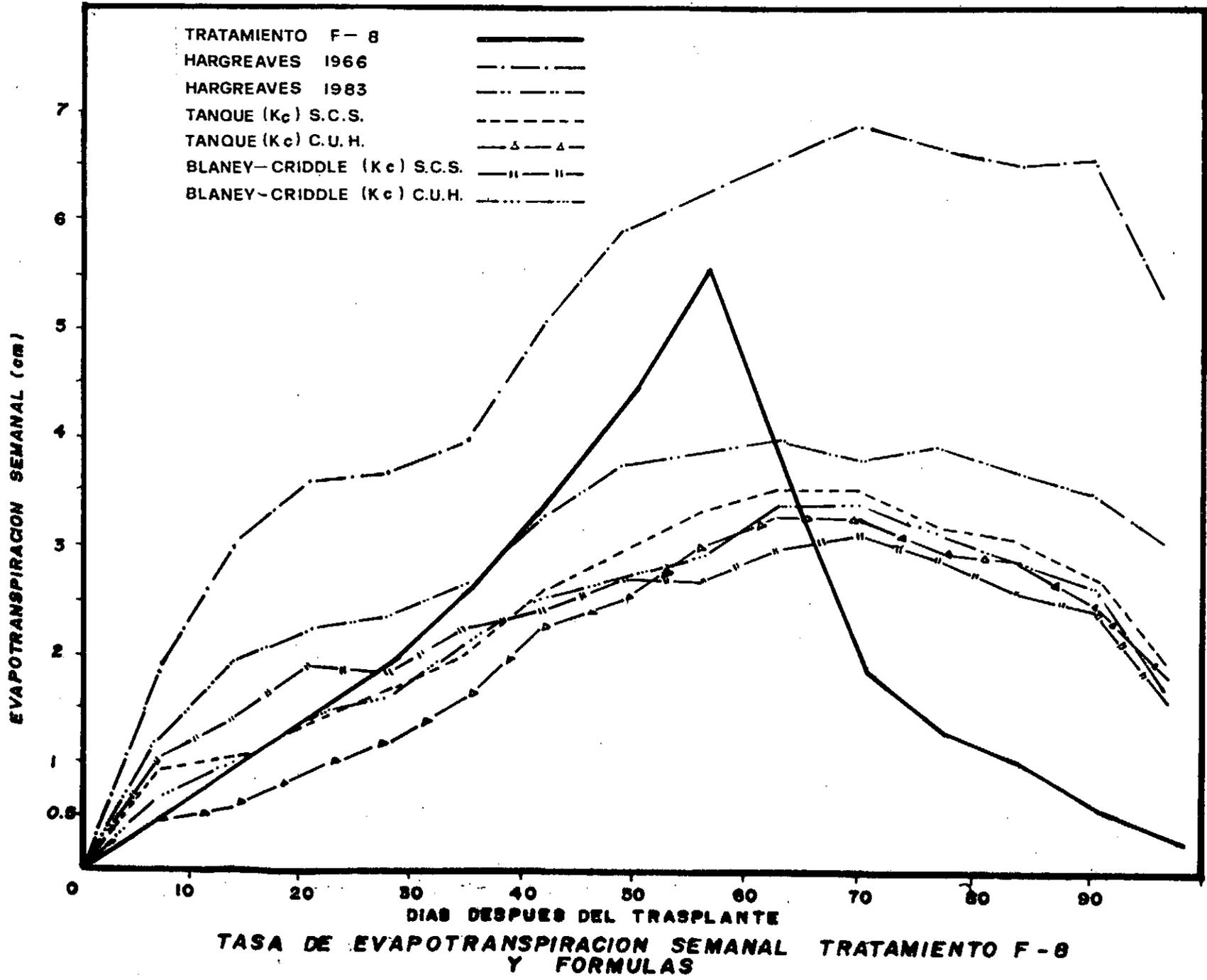


FIG. 17

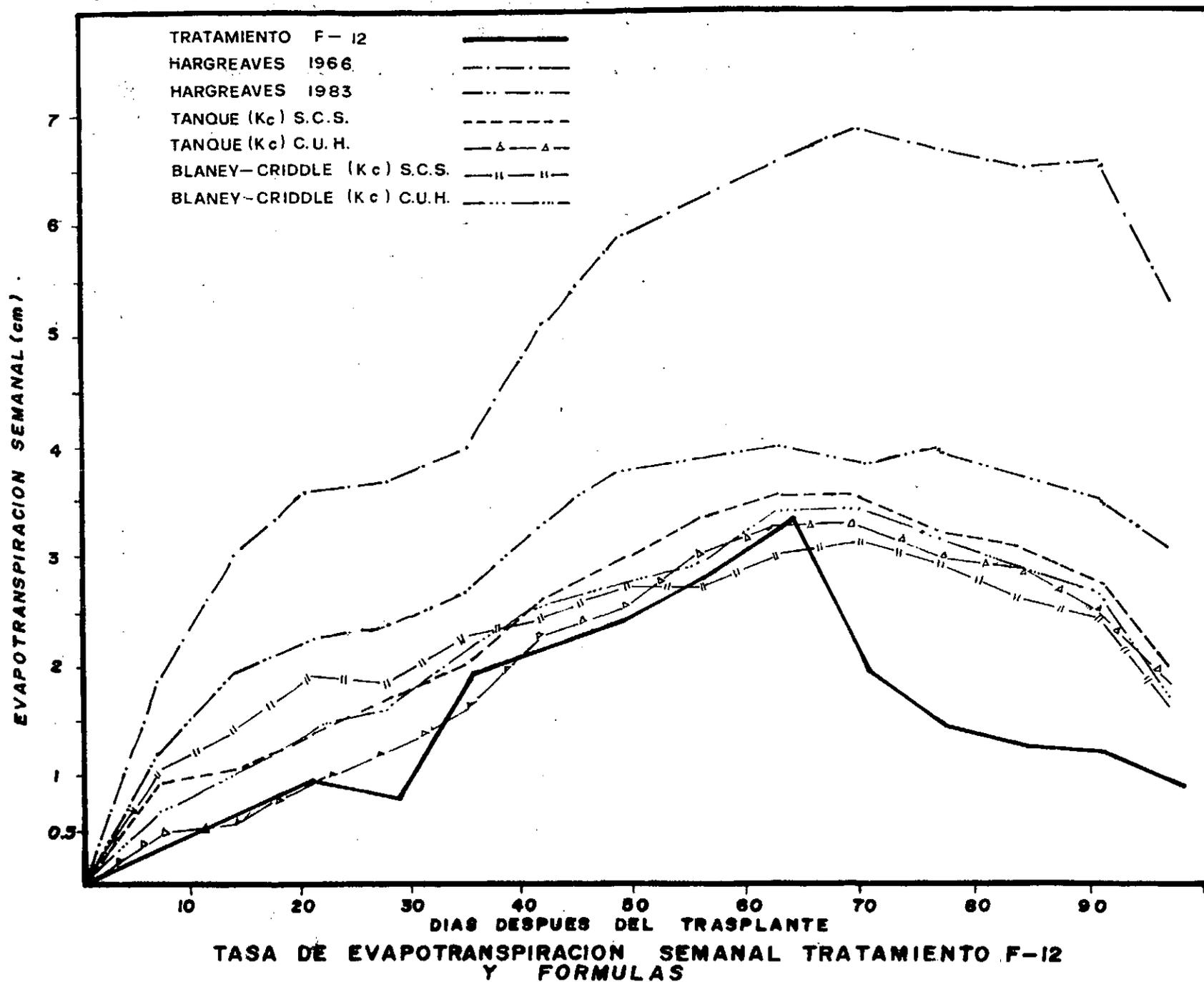


FIG. 18

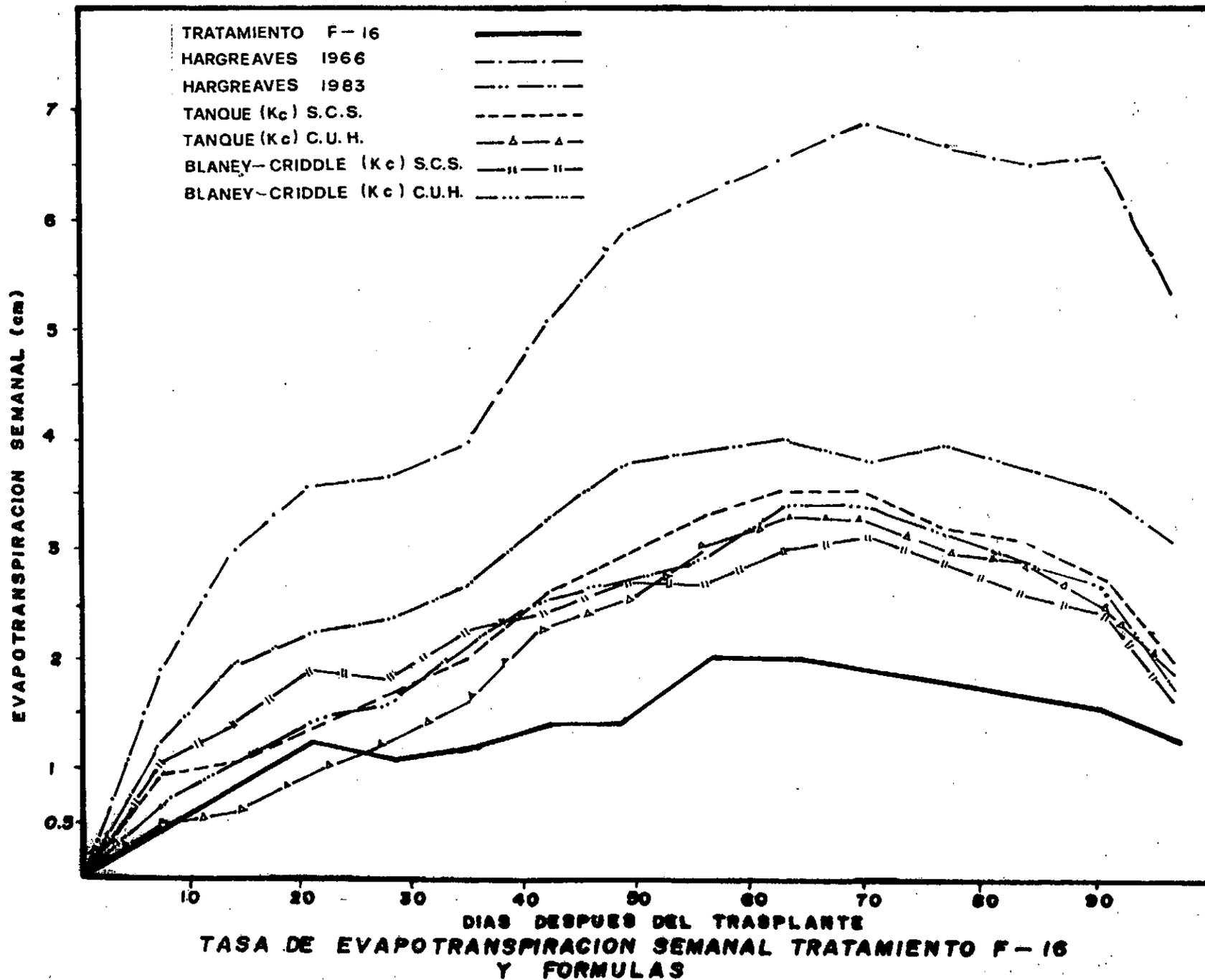


FIG. 19

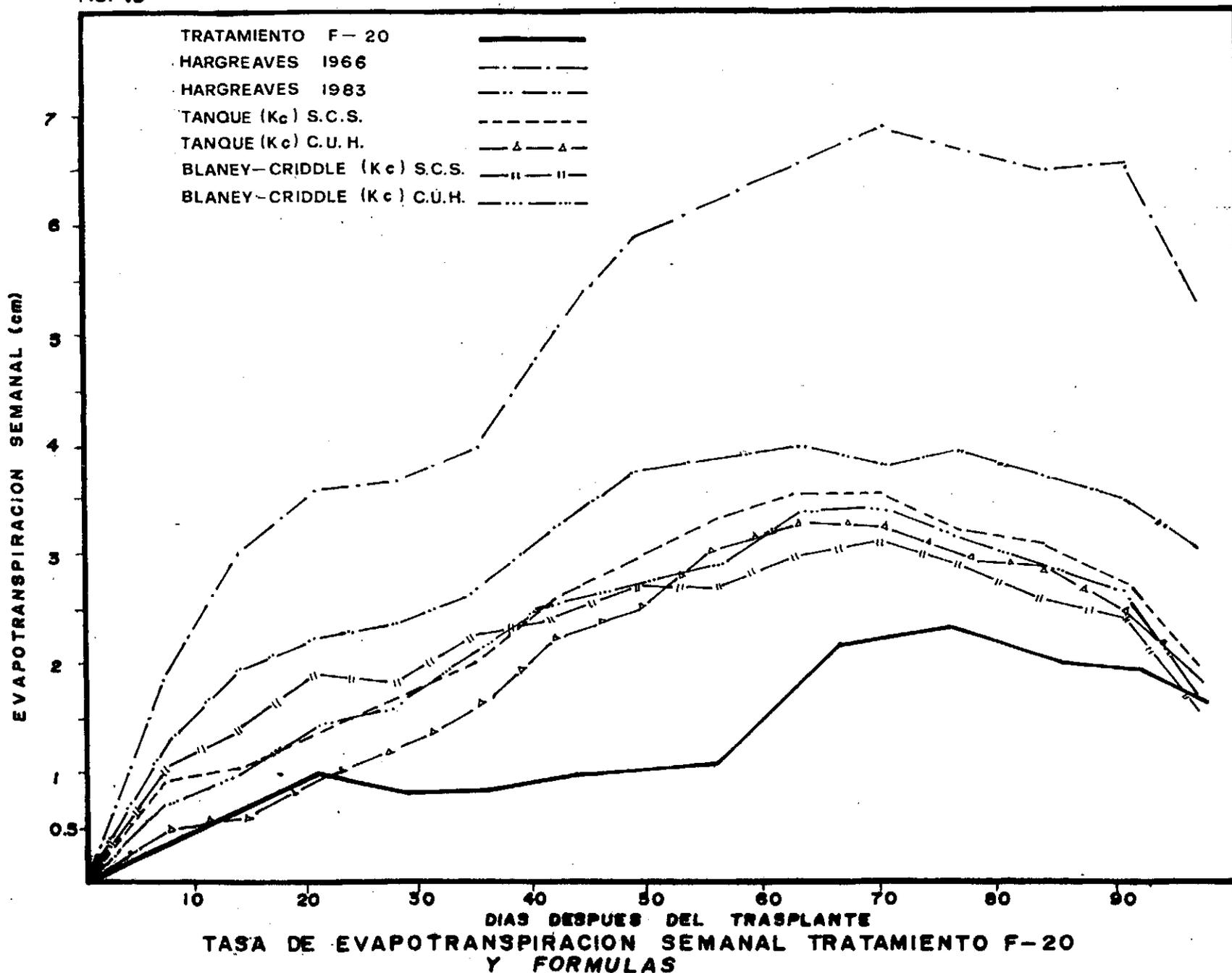


FIG. 20

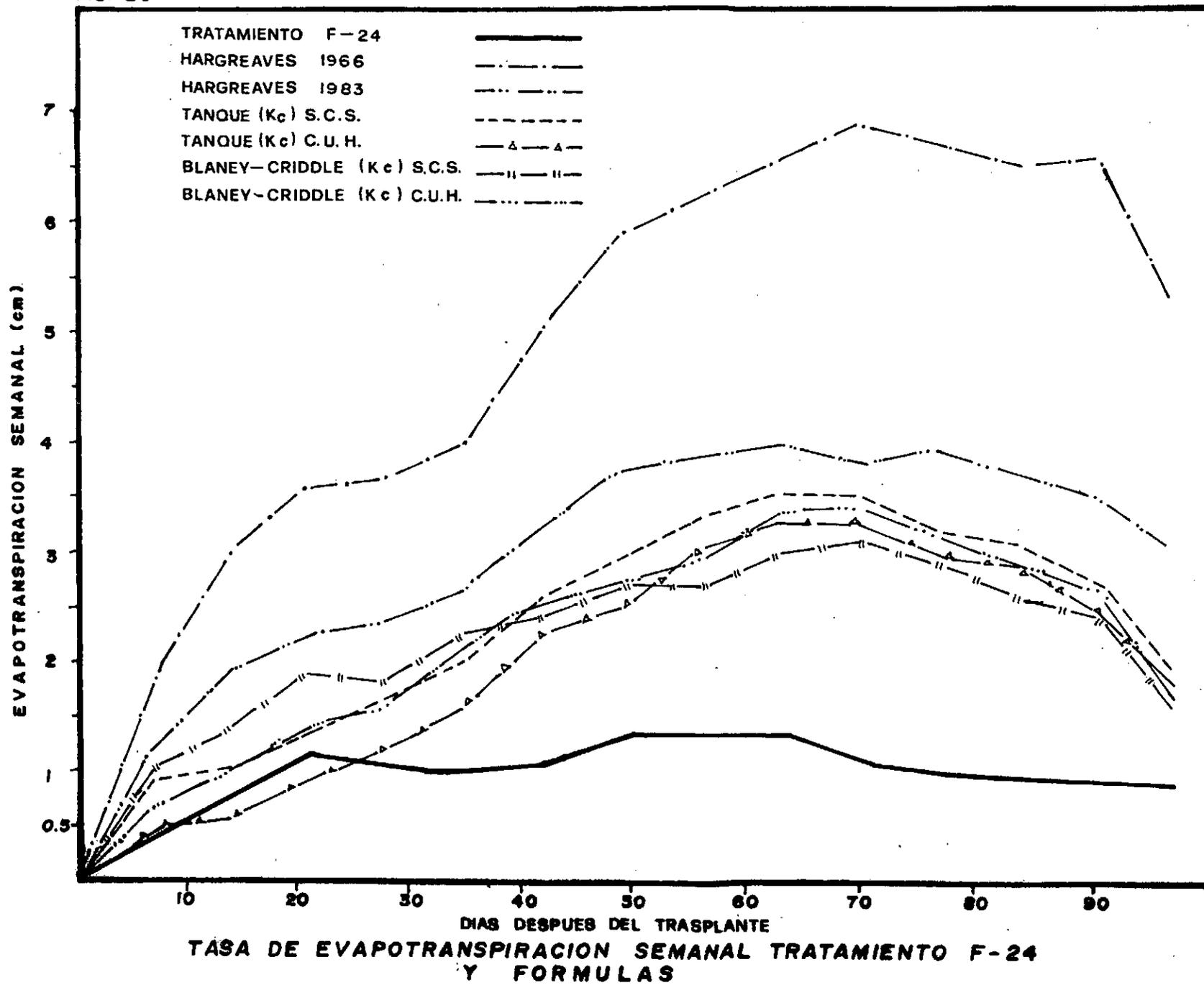


FIG. 21

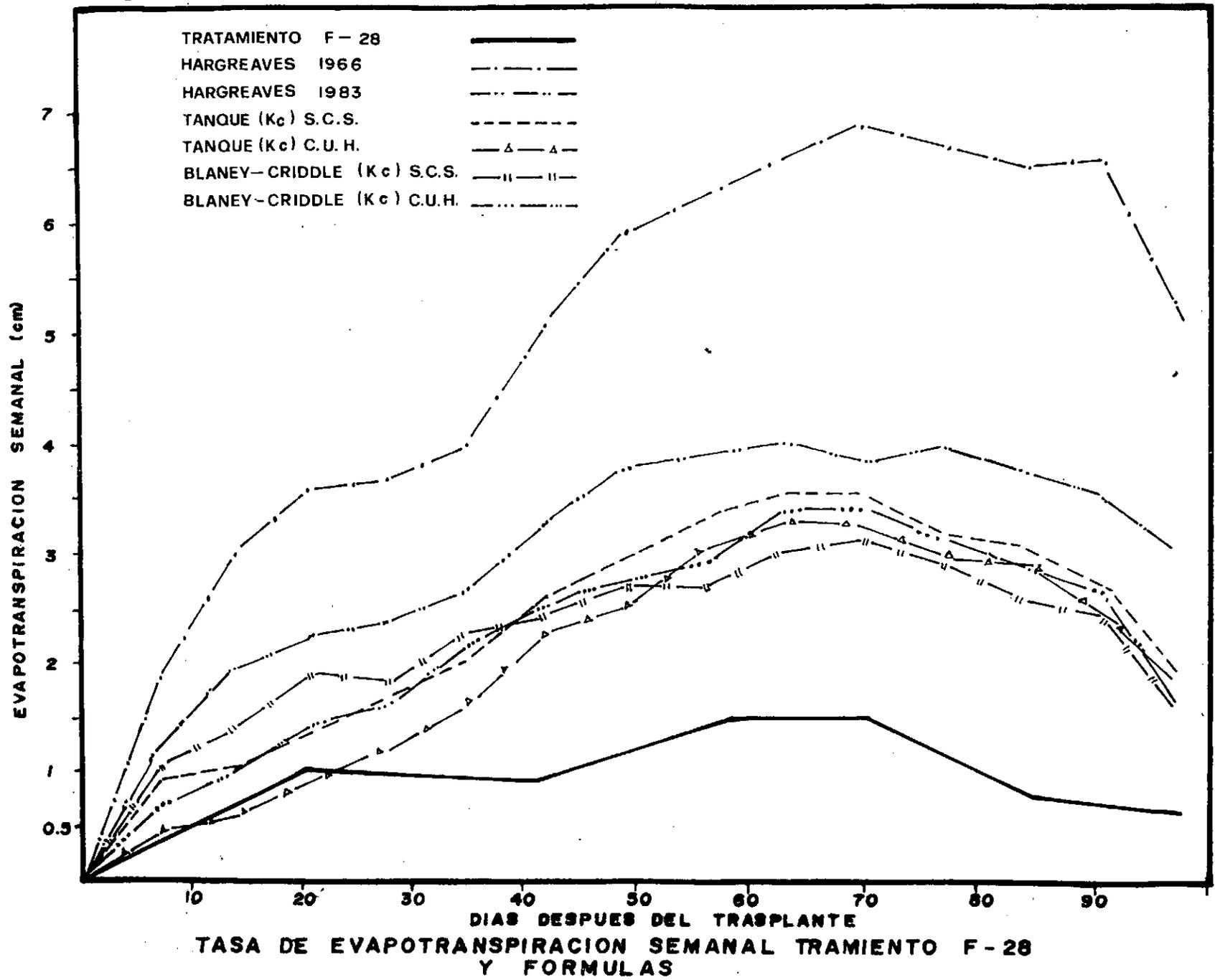
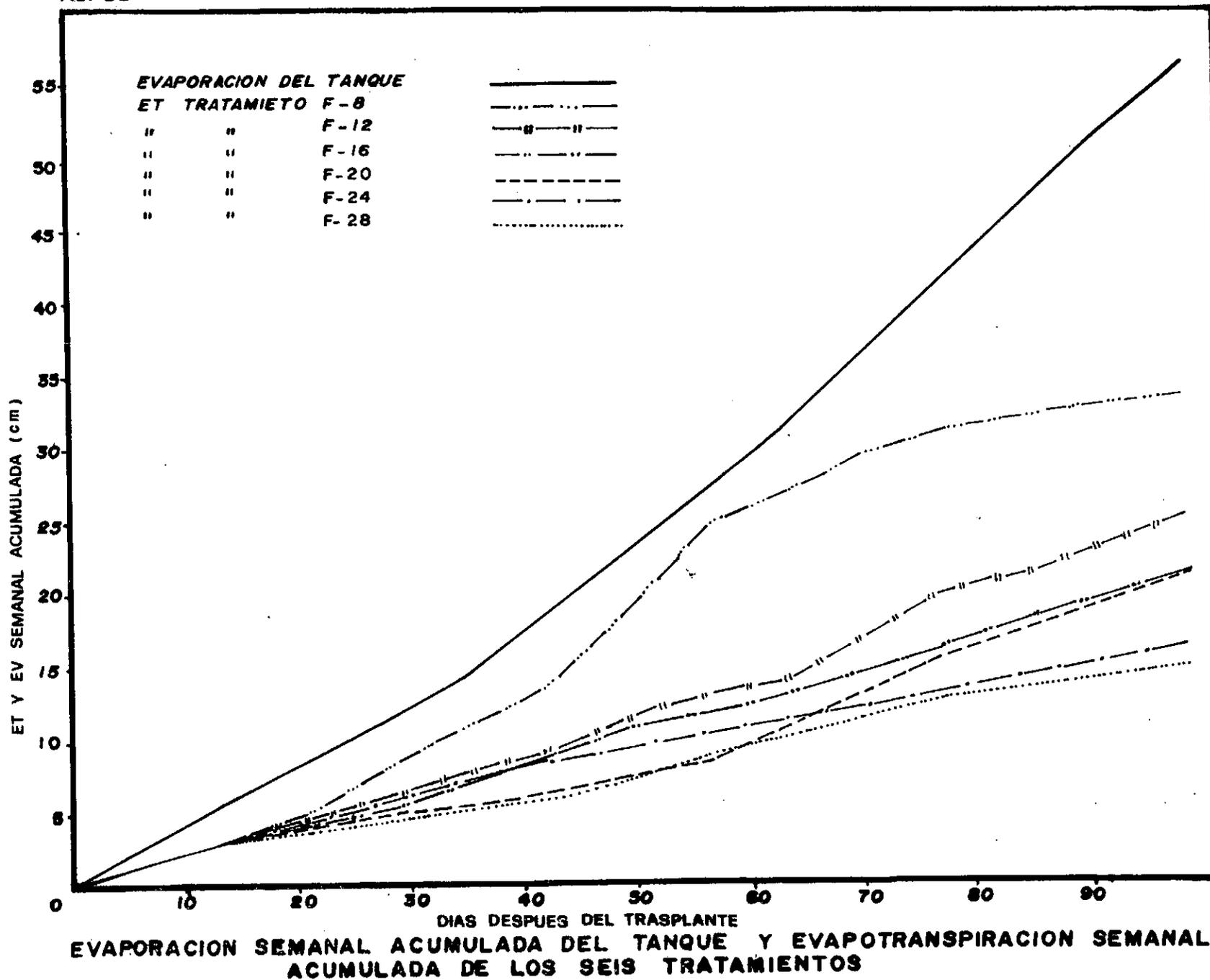
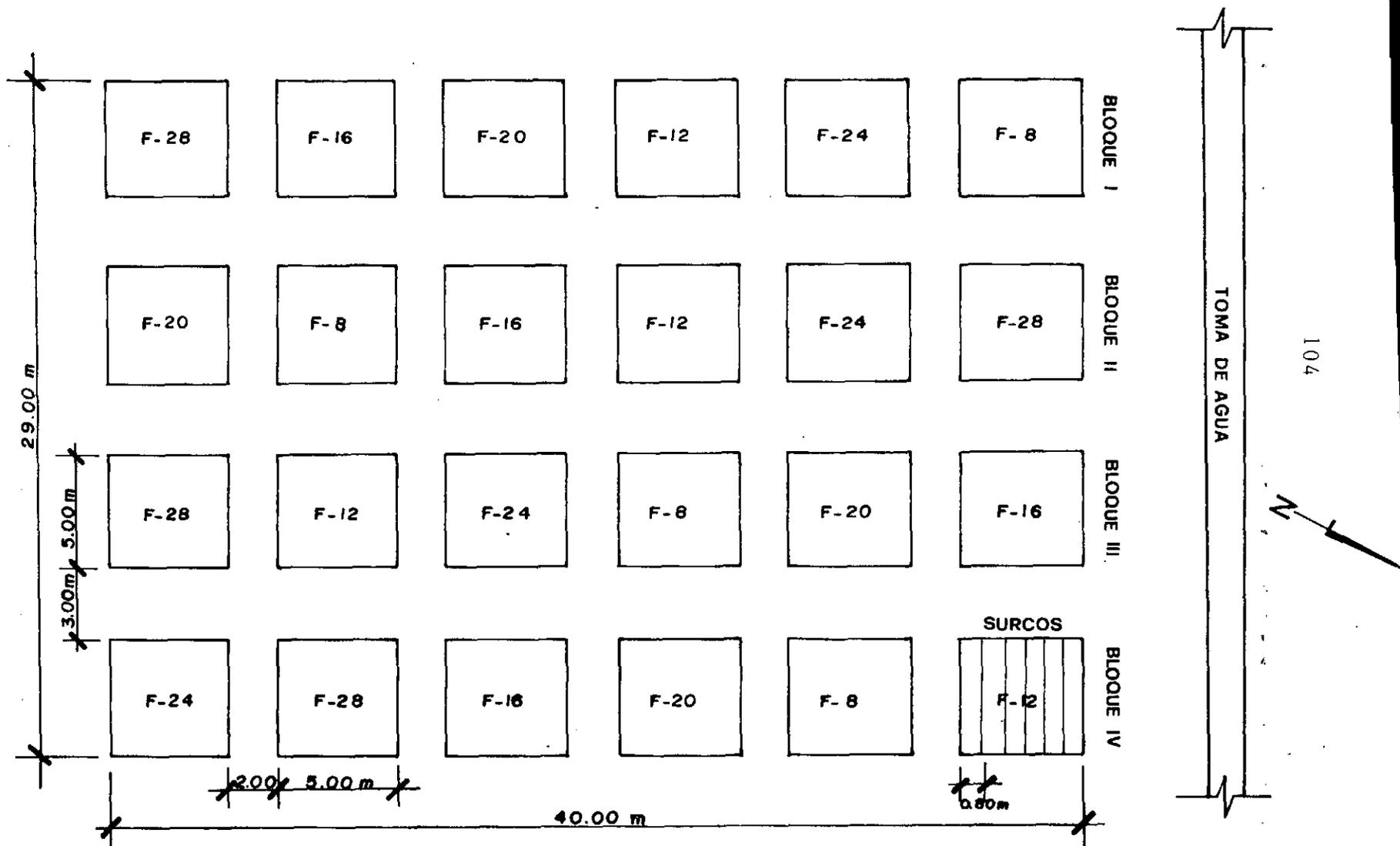


FIG. 22



PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO

FIG. 23



ESCALA 1:250



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

IMPRIMASE EN EL INSTITUTO CENTRAL DE GUATEMALA
 EN EL DIA 15 DE ABRIL DE 1955

Ing. Agr. César A. Castañeda S.
 DECANO



RECIBIDA
 15 DE ABRIL DE 1955
 GUATEMALA