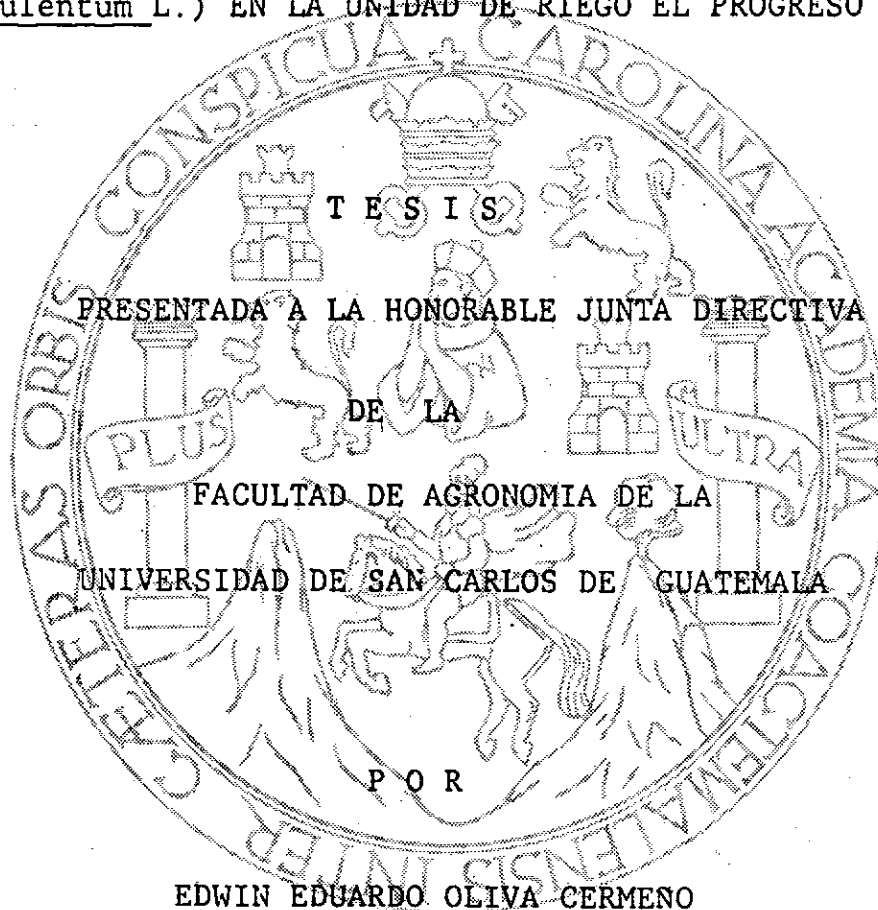


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

" EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO  
Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DEL TOMATE (Lycopersi-  
cum esculentum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO "



EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1986.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01

T(875) UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

|                |                                |
|----------------|--------------------------------|
| DECANO:        | Ing. Agr. César Castañeada S.  |
| VOCAL PRIMERO: | Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G. |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. Jorge Sandoval I.    |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. Mario Melgar         |
| VOCAL CUARTO:  | Br. Luis Molina M.             |
| VOCAL QUINTO:  | MEP. Carlos Enrique Méndez M.  |
| SECRETARIO:    | Ing. Agr. Luis A. Castañeda A. |



|            |           |
|------------|-----------|
| Referencia | IA-170-86 |
| Asunto     |           |

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

29 de octubre de 1986

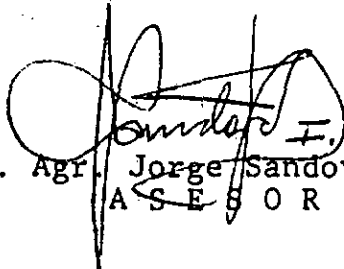
Ingeniero Agrónomo  
César Castañeda S.  
Decano, Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos.

Señor Decano:

Me es grato informarle que asesoré el trabajo de tesis de grado del estudiante Edwin Eduardo Oliva Cermeño, carnet número 80-13944, titulado "EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DEL TOMATE (Lycopersicum esculentum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO", y por cumplir con los requisitos académicos requeridos en la Facultad de Agronomía, recomiendo se le de la aprobación correspondiente.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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

JSI/eqded.



|                  |
|------------------|
| Referencia ..... |
| Asunto .....     |
| .....            |

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

29 de octubre de 1986

Ingeniero Agrónomo  
César Castañeda S.  
Decano, Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos.

Señor Decano:

Me es grato informarle que asesoré el trabajo de tesis de grado del estudiante Edwin Eduardo Oliva Cermeño, carnet número 80-13944, titulado "EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DEL TOMATE (Lycopersicum esculentum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO", y por cumplir con los requisitos académicos requeridos en la Facultad de Agronomía, recomiendo se le de la aprobación correspondiente.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. César E. Cisneros  
A S E S O R

CEC/eqded.

Guatemala,  
3 de noviembre de 1986

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

Señores:

En cumplimiento con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DEL TOMATE (Lycopersicon esculentum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL PROGRESO"

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

Esperando que el mismo merezca vuestra aprobación, atentamente,



P. A. Edwin E. Oliva Cermeño

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS, porque siempre me has acompañado en la realización de todas mis metas.

A:

MIS PADRES

José Francisco Oliva Chacón  
Sara Olivia Cermeño de Oliva

A;

MIS PADRINOS:

Ramón León de León (Q.E.P.D.)  
Rosa Anita López Orellana

A:

MIS HERMANOS:

Edgar Antonio (Q.E.P.D.)  
Jaime Francisco, Ruth Elizabeth,  
Sara Enoe, Raúl Aníbal, Jorge Esteban y  
Gloria Marina.

A:

MIS SOBRINAS:

Sara Elgidia, Nancy Maribel, y  
Aura Lucía

A:

MIS CUNADAS:

Elda Edgidia, Aura del Rosario.

A:

MIS PRIMOS:

Ana Beatriz, Rodolfo Mariano y  
Juan Pablo.

A: LA SENORITA:

Irma Fernández.

TESIS QUE DEDICO

A:

MIS FAMILIARES EN GENERAL.

A:

MIS AMIGOS:

Mynor Otzoy Rosales  
Jorge Mario Ruano R.  
Darío Marroquín Meza  
Luis Fernando Morán Palma  
Eduardo Flores Salazar  
Abelardo Mejía Alvarado  
Jorge García Aguilar  
Edgar Morataya Morataya  
Edgar Monzón Mejía  
Marco Estrada Muy  
Jaime René Fernández

A:

EL INOLVIDABLE:

Instituto Técnico de Agricultura.

## AGRADECIMIENTOS

- AL: Profesor Gilberto Aldana De León y señora, por su ayuda prestada para la realización de este trabajo.
- A: Los Ingenieros Agrónomos: César Cisneros y Jorge Sandoval, por su asesoría prestada en este trabajo.
- A: La Familia Fernández Chapas por su ayuda y comprensión prestada.
- A: Elma Quiquivix de De León, por su colaboración prestada en el presente trabajo.



## RESUMEN

El experimento se realizó en la unidad de riego "El Progreso", situada en Guastatoya cabecera departamental de El Progreso, evaluándose el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración en el cultivo de tomate. También se determinó el grado de adaptabilidad de tres métodos indirectos para estimar la evapotranspiración con la cuantificada en el campo. Con esta investigación se pretende generar información por medio de la cual más adelante permita que el uso del agua sea más eficiente en las unidades de riego de Guatemala.

Para determinar la evapotranspiración real se usó el método de parcelas experimentales. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cuatro repeticiones o bloques.

Las frecuencias evaluadas se escogieron partiendo de que el riego en la unidad se aplica cada 8 días y en base a trabajos anteriormente efectuados en riegos en este y otros cultivos, las frecuencias escogidas fueron: 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días.

Se comparó la evapotranspiración medida en el campo con la estimada por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y 1983, y por el tanque evaporímetro.

El método de muestreo fue el gravimétrico, tomando muestras de dos estratos: 0-30 y 30-60 cm., las cuales se extraían con un barreno tipo gusano siendo tomadas después de cada riego y antes de aplicar el siguiente. La lámina consumida por evapotranspiración durante cada intervalo se determinó de los datos de esos muestreos.

El efecto de las diferentes frecuencias de riego se midió a través de las siguientes variables respuesta: Rendimiento en peso de los frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea, número de frutos totales, número de frutos comerciales, número de plantas vivas al final del ciclo y la calidad industrial del fruto.

Los resultados obtenidos manifiestan que la aplicación de diferentes frecuencias de riego sí tienen efecto sobre las variables respuesta estudiadas. Siendo los tratamientos regados a cada 8, 12, 16 y 24 días los que más rendimiento en peso de frutos comerciales por hectárea produjeron.

Así mismo, se comprobó que a mayor intervalo de riego, menor es la evapotranspiración y por lo tanto disminuye la humedad aprovechable de los diferentes estratos estudiados, sin llegar nunca a los valores de humedad correspondientes al punto de marchitez permanente.

Se calcularon los valores de la relación evapotranspiración- evaporación para las etapas fenológicas de desarrollo vegetativo, floración, fructificación y cosecha, siendo estos de 0.65, 0.72, 0.57 y 0.34 respectivamente.

Se determinó también que el único método indirecto que se adapta para estimar evapotranspiración es el de Hargreaves modificado en 1983, dando resultados iguales a los medidos en el tratamiento regado a cada 8 días únicamente.

También se realizó un análisis económico para evaluar a los tratamientos o frecuencias de riego, pero por carecer de información confiable, principalmente en lo que se refiere al costo de energía eléctrica por el uso del recurso agua en esta unidad de riego, los resultados obtenidos se consideraron poco confiables. Esta razón conduce a que este análisis no aparezca en el contenido de este trabajo.

Finalmente se recomienda, continuar con este tipo de experimentos, tanto en el mismo cultivo y región como en otras regiones y cultivos, regar entre 8 y 16 días y en próximos experimentos a evaluar, considerar el efecto de la disponibilidad de agua tomándo dos etapas fenológicas del cultivo: Antes y después de la fructificación.

## CONTENIDO

|  | Página |
|--|--------|
| RESUMEN -----  | i      |
| 1. INTRODUCCION -----  | 1      |
| 2. HIPOTESIS -----   | 3      |
| 3. OBJETIVOS -----   | 4      |
| 4. REVISION DE LITERATURA -----  | 5      |
| 4.1 Efecto de la humedad del suelo sobre los<br>cultivos.-----             | 5      |
| 4.2 Necesidades de agua del cultivo de tomate.                             | 6      |
| 4.3 Frecuencia y programación del riego en to-<br>mate. -----              | 9      |
| 4.4 Constantes de humedad del suelo -----                                  | 10     |
| 4.4.1 Capacidad de campo y métodos para de-<br>terminarla.-----            | 10     |
| 4.4.2 Punto de marchitez permanente y méto-<br>dos para determinarlo ----- | 12     |
| 4.5 Contenidos de humedad del suelo -----                                  | 13     |
| 4.5.1 Humedad utilizable -----   | 13     |
| 4.5.2 Humedad fácilmente utilizable -----                                  | 13     |
| 4.6 Evapotranspiración -----   | 14     |
| 4.7 Métodos para determinar evapotranspiración-                            | 15     |
| 4.7.1 Método directo de parcelas experimen-<br>tales-----                  | 15     |
| 4.7.2 Método de Blaney - Criddle -----                                     | 16     |
| 4.7.3 Método de Hargreaves modificado en<br>1966 -----                     | 18     |
| 4.7.4 Método de Hargreaves modificado en<br>1983 -----                     | 19     |
| 4.7.5 Método de evaporación del tanque ----                                | 20     |
| 4.8 Costos de producción y rentabilidad -----                              | 21     |
| 4.8.1 Estructura del costo de producción --                                | 22     |
| 4.8.1.1 Información general -----  | 23     |
| 4.8.1.2 Información específica del<br>costo -----                          | 24     |

|  | Página |
|--|--------|
| 4.8.2 Los ingresos. -----  | 26     |
| 4.8.2.1 El ingreso neto y la rentabilidad -----                                  | 27     |
| 5. METODOLOGIA -----   | 28     |
| 5.1 Ubicación del experimento y descripción general de la unidad de riego. ----- | 28     |
| 5.2 Análisis y determinaciones previas -----                                     | 29     |
| 5.2.1 Análisis químico del suelo. -----  | 29     |
| 5.2.2 Determinación de densidad aparente-----                                    | 29     |
| 5.2.3 Determinación de capacidad de campo  | 30     |
| 5.3 Manejo del cultivo -----   | 31     |
| 5.4 Manejo del experimento -----   | 33     |
| 5.4.1 Trazo del experimento -----  | 33     |
| 5.4.2 Método de riego -----  | 33     |
| 5.4.3 Lámina de agua a reponer -----   | 33     |
| 5.4.4 Riegos generales e inicio de tratamientos -----                            | 34     |
| 5.4.5 Método y momento de muestreo -----   | 34     |
| 5.4.6 Equipo utilizado -----   | 34     |
| 5.4.7 Diseño experimental -----  | 35     |
| 5.4.8 Variables respuesta -----  | 35     |
| 5.4.9 Métodos de análisis de resultados -  | 36     |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSION  |        |
| 6.1 Aspectos agronómicos o variables respuesta analizados -----                  | 39     |
| 6.1.1 Rendimiento -----  | 40     |
| 6.1.2 Número de frutos totales y frutos comerciales -0-----                      | 41     |
| 6.1.3 Número de plantas vivas finales ---  | 41     |
| 6.1.4 Calidad industrial del fruto para grados Brix -----                        | 42     |
| 6.1.5 Porcentaje de acidez -----   | 43     |
| 6.1.6 Consistencia -----   | 43     |
| 6.1.7 pH -----   | 44     |

|  | Página |
|--|--------|
| 6.2. Uso del agua -----  | 44     |
| 6.2.1 Lámina de agua consumida -----   | 44     |
| 6.2.2 Agotamiento de la humedad aprove-<br>chable -----  | 46     |
| 6.3 Comparaciones entre evapotranspiración -<br>medida y evapotranspiración estimada con<br>Blaney-Criddle; Hargreaves y evaporación<br>del tanque ----- | 49     |
| 6.4 Relación evapotranspiración-evaporación  | 53     |
| 7 CONCLUSIONES -----   | 55     |
| 8 RECOMENDACIONES -----  | 57     |
| 9 BIBLIOGRAFIA -----   | 59     |
| 10 APENDICE -----  | 61     |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro |  | Página |
|--------|--|--------|
| 1      | Análisis químico del suelo -----   | 29     |
| 2      | Textura, densidad aparente y capacidad de campo de los estratos estudiados ----- | 30     |
| 3      | Resultados promedio de las variables respuesta.                                  | 39     |
| 4      | Número de riegos y lámina total de agua consumida por cada tratamiento -----     | 45     |
| 5      | Evapotranspiración total de los tratamientos y las fórmulas -----                | 50     |
| 6      | Relación Et/Ev para las diferentes etapas fenológicas del cultivo -----          | 54     |

### INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | Resultados organizados de rendimiento en Kg/Ha por tratamiento y repetición -----                          | 62 |
| 2  | Análisis de varianza para rendimiento ---  | 62 |
| 3  | Prueba de Tukey para rendimiento -----   | 62 |
| 4  | Resultados organizados para número de frutos totales por tratamiento y repetición                          | 63 |
| 5  | Análisis de varianza para número de frutos totales transformados con raíz cuadrada.-                       | 63 |
| 6  | Resultados organizados para número de frutos comerciales por tratamiento y repetición. -----               | 63 |
| 7  | Análisis de varianza con datos transformados con raíz cuadrada para número de frutos comerciales -----     | 64 |
| 8  | Resultados organizados de número de plantas vivas finales por tratamiento y repetición                     | 64 |
| 9  | Análisis de varianza con datos transformados con raíz cuadrada para número de plantas vivas finales. ----- | 64 |
| 10 | Resultados organizados del análisis de calidad industrial para grados Brix -----                           | 65 |

|    |  | Página |
|----|--|--------|
| 11 | Análisis de varianza para grados Brix---   | 65     |
| 12 | Medias ordenadas y prueba de Tukey para<br>grados Brix -----   | 65     |
| 13 | Resultados organizados del análisis de<br>calidad industrial para porcentaje de a-<br>cidez. -----               | 66     |
| 14 | Análisis de varianza para porcentaje de<br>acidez -----  | 66     |
| 15 | Resultados organizados del análisis de<br>calidad industrial para consistencia.----                              | 66     |
| 16 | Análisis de varianza para consistencia --  | 67     |
| 17 | Resultados organizados del análisis de ca<br>lidad industrial para pH -----                                      | 67     |
| 18 | Análisis de varianza para pH -----   | 67     |
| 19 | Número de riegos y lámina consumida en ca<br>da riego por tratamiento -----                                      | 68     |
| 20 | Cálculo de la evapotranspiración semanal<br>y total por el método de Blaney-Criddle--                            | 69     |
| 21 | Cálculo de evapotranspiración semanal y<br>total por el método de Hargreaves modifi-<br>cado en 1966. -----      | 70     |
| 22 | Cálculo de evapotranspiración semanal y<br>total por el método de Hargreaves modifica<br>do en 1983. -----       | 71     |
| 23 | Cálculo de evapotranspiración semanal y to<br>tal por el método de evaporación del tan-<br>que. -----            | 72     |
| 24 | Evapotranspiración semanal y total en cm.<br>de los tratamientos y fórmulas -----                                | 73     |
| 25 | Coefficientes de determinación " $r^2$ " del mo-<br>delo lineal de los seis tratamientos vrs<br>fórmulas -----   | 74     |
| 26 | Relación entre evapotranspiración semanal<br>de los tratamientos y la evaporación sema-<br>nal del tanque. ----- | 75     |



## INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

| Figura |  | Página |
|--------|--|--------|
| 1      | Control de humedad, tratamiento F-8 -----                          | 76     |
| 2      | Control de humedad, tratamiento F-12 ----                          | 77     |
| 3      | Control de humedad, tratamiento F-16 ----                          | 73     |
| 4      | Control de humedad, tratamiento F-20 ----                          | 79     |
| 5      | Control de humedad, tratamineto F-24 ----                          | 80     |
| 6      | Control de humedad, tratamiento F-28 ----                          | 81     |
| 7      | Evapotranspiración semanal, tratamiento<br>F-8 y fórmulas -----    | 82     |
| 8      | Evapotranspiración semanal, tratamiento<br>F-12 y fórmulas. -----  | 83     |
| 9      | Evapotranspiración semanal, tratamiento<br>F-16 y fórmulas -----   | 84     |
| 10     | Evapotranspiración semanal, tratamiento<br>F-20 y fórmulas -----   | 85     |
| 11     | Evapotranspiración semanal, tratamiento<br>F-24 y fórmulas -----   | 86     |
| 12     | Evapotranspiración semanal, tratamiento<br>F-28 y fórmulas -----   | 87     |
| 13     | Evapotranspiración acumulada tratamiento<br>F-8 y fórmulas -----   | 88     |
| 14     | Evapotranspiración acumulada tratamiento<br>F-12 y fórmulas -----  | 89     |
| 15     | Evapotranspiración acumulada, tratamiento<br>F-16 y fórmulas ----- | 90     |
| 16     | Evapotranspiración acumulada, tratamiento<br>F-20 y fórmulas ----- | 91     |
| 17     | Evapotranspiración acumulada, tratamiento<br>F-24 y fórmulas ----- | 92     |
| 18     | Evapotranspiración acumulada, tratamiento<br>F-28 y fórmulas ----- | 93     |

| Figura |   | Página |
|--------|---|--------|
| 19     | ET y Ev acumulada tratamientos y tanque de ev. -----                          | 94     |
| 20     | Relación entre ET/Ev semanal para 6 <u>tra</u> ta <u>mien</u> tos. -----      | 95     |
| 21     | Plano del lote experimental y distribución de los tratamientos por repetición | 96     |

## 1. INTRODUCCION

La obtención de altos rendimientos en los cultivos, en cualquier lugar, requiere la adopción de tecnología apropiada, especialmente en lo que se refiere al uso de variedades mejoradas, control de plagas, enfermedades y malezas, fertilización y aplicación de riego (11). Sin embargo, en las regiones donde la agricultura depende esencialmente del riego, tal como sucede en la región oriental del país, la aplicación adecuada y oportuna del agua es el factor más importante para obtener buenas cosechas.

Existe en Guatemala varias unidades de riego en operación, en su mayoría no funcionan eficientemente debido a muchos factores, uno de ellos es la mala utilización del agua, ya que en muchas de ellas no existen estudios sobre la cantidad de agua que requieren los cultivos, ni de la frecuencia con que deben regarse. Tomando en consideración los anteriores aspectos, el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, ha iniciado investigaciones en las distintas unidades de riego del país.

La presente investigación se realizó en la Unidad de Riego "El Progreso" perteneciente al distrito número cinco, localizada en el municipio de Guastatoya cabecera del departamento de El Progreso. El cultivo evaluado fue tomate, ya que este es uno de los de mayor importancia en la región en cuanto a la cantidad de usuarios que lo siembran. Las variables de estudio consideradas fueron: La frecuencia de riego con tratamientos de cada 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, en las cuales se determinó el efecto de estas sobre las variables respuesta rendimiento, número de frutos totales, número de frutos comerciales, número de plantas vivas al final del ciclo y la calidad industrial del fruto. Paralelamente se determinó la a-

daptabilidad que tienen para las condiciones de la región, los métodos indirectos para estimar la evapotranspiración de Blaney-Criddle, Hargreaves y tanque evaporímetro.

## 2. HIPOTESIS

- 2.1 La aplicación de distintas frecuencias de riego 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días afectan el rendimiento en peso, número de frutos totales y comerciales, número de plantas vivas al final del ciclo y la calidad industrial del fruto de tomate (Lycopersicum esculentum L.) y los valores de evapotranspiración del cultivo.
- 2.2 El valor de la evapotranspiración medida en el campo durante el ciclo del cultivo para cada una de las diferentes frecuencias de riego, será diferente al valor de la evapotranspiración estimada a partir de datos del tanque evaporímetro y 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 comerciales y totales, número de plantas vivas finales y en la calidad industrial del fruto, así como la evapotranspiración del tomate.
- 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 de Blaney-Criddle, Hargreaves y tanque evaporímetro para la estimación de la evapotranspiración.

#### 4. REVISION DE LITERATURA

##### 4.1 Efecto de la humedad del suelo sobre los cultivos.

La temperatura, energía en la atmósfera, el viento, la humedad relativa, el tipo de cultivo, y la energía del agua en el suelo, son los principales factores que inciden en las necesidades de agua de una planta (14).

Así, la utilización del agua aprovechable que se encuentra almacenada en el suelo va a depender del sistema radicular de las plantas, ya que, una planta sin agua aprovechable no desarrollará aunque los demás factores de la producción agrícola sean a decuados (15).

De acuerdo a Israelsen (12), cuando las raíces de las plantas crecen en suelos húmedos, extraen más humedad que cuando se cultivan estas mismas en terrenos más secos. Cuando el suelo está húmedo, la mayor parte de la humedad necesaria para la planta es proporcionada por la parte del terreno cercano a la superficie lo cual se debe a que las raíces suelen crecer en esta zona. Opuesto a ello al disminuir el contenido de la humedad del suelo los volúmenes de agua se consumen en mayor cantidad en las capas más profundas.

En general la profundidad de penetración de las raíces va a depender del tipo de suelo así como también de la especie de la planta. Las plantas que poseen sistemas radiculares bastante profundas obtienen mayor cantidad de agua que las que poseen sistemas radiculares superficiales, esto es particularmente cierto durante condiciones de elevada transpiración (6).

Cuando la capa superficial del suelo posee un contenido de humedad cercano al punto de marchitamiento, la mayor cantidad de agua que las raíces de la planta logran extraer proviene de las capas más profundas del perfil del suelo, estas raíces tienen un consumo mayor de energía, y que en muchas ocasiones no logran evitar el marchitamiento. Ya que, puede ser que en el suelo exista humedad pero que las raíces de las plantas no sean capaces de extraerla a una velocidad suficiente para hacer frente a la transpiración (12).

La programación en cuanto al suministro de agua relacionada con las necesidades de la misma, debe desarrollarse tomando en consideración las condiciones climáticas, edáficas y el desarrollo del cultivo (5).

Cuando el suministro de agua no cubre las necesidades del cultivo, la planta se ve afectada adversamente en su crecimiento lo que finalmente reducirá el rendimiento de la misma. El efecto de la escasez de agua sobre el crecimiento y el rendimiento depende por un parte de la especie de variedad del cultivo, por otro de la magnitud y del tiempo en que tenga lugar el déficit de agua (5).

#### 4.2 Necesidades de agua del cultivo de tomate.

Dentro de las diferentes investigaciones que se han realizado en cuanto a la cantidad de agua que necesita este cultivo, se han obtenido resultados variados, debido a que las regiones y épocas en las que se han efectuado son diferentes unas de otras.

Así, León Gallegos (13) reporta que en el Va



lle de Culiacán México, la lámina total de agua aplicada es de 850 mm. lo cual se debe a que los riegos aplicados son muy ligeros.

Barillas K. (4), reporta para un suelo franco-arcilloso-arenoso consumos de 50.63 cm. y para un suelo arcilloso de 49.06 cm. en el Valle de la Fragua, Zacapa. Así mismo, Soberanis L. (19), reporta que no existe diferencia estadística significativa en el rendimiento al aplicar láminas comprendidas entre 647.3 mm (riego cada 4 días) y 232.0 mm. (riego cada 12 días) al trabajar en la unidad de riego El Rancho-Jícaro y en suelo arenoso.

Andrino A. (3), dice que el rendimiento estadísticamente es igual al aplicar láminas que van desde 406.1 hasta 238.4 mm. (riego cada 8 y 20 días respectivamente) al trabajar en el Oasis, la Fragua, Zacapa, en suelo franco-arcilloso-arenoso. De manera similar, Zea Morales (22) trabajando en un suelo de la serie Chicaj en el valle de la Fragua, Zacapa, no encontró diferencia estadística en el rendimiento al aplicar láminas de 368.8 mm (riego cada 8 días) y de 303.3 mm (riego cada 20 días).

La aplicación de agua en el cultivo del tomate debe ser muy cuidadosa, ya que la excesiva humedad propicia el desarrollo de muchas enfermedades tanto fungosas como bacterianas, así como también de plagas y pudrición del fruto (5).

Las sequías prolongadas agrietan el fruto y en la planta joven retarda o inhibe totalmente el crecimiento dando una apariencia verde-grisácea, oscura del follaje, lo cual repercute grandemente en el rendimiento, lo que no puede corregirse mediante un

riego fuerte posterior (5).

En tomate, la falta de humedad es causa de la aparición de la enfermedad del fruto llamada "tapa" o "culillo", el mayor porcentaje de frutos afectados por esta anomalía se presenta cuando el déficit de agua ocurre después del período de máxima floración (20).

En relación a la calidad del fruto, Andrino A. (3), reporta que no existe diferencia estadística en cuanto a grados Brix, pH y porcentaje de acidez al utilizar frecuencias de riego que varían de 8 a 24 días. Por otro lado, Zea Morales (22) encontró que en el análisis efectuado a la calidad del fruto (grados Brix, pH, % de acidez y consistencia) se ve afectado estadísticamente utilizando frecuencias de riego cada 8, 12, 16, 20 y 24 días, pero que sin embargo, los valores obtenidos para los factores analizados permanecen dentro del rango aceptable.

Los riegos frecuentes y ligeros mejoran el tamaño, la forma, contenido de jugo y color del fruto, pero se reducen el contenido de materia seca (sólidos totales) y de ácidos, esto último reduce la calidad del fruto (5).

Según la Dirección General de Educación Agropecuaria (20), cuando el riego excede en el período de floración se provoca una caída de la flor y se reduce la formación de frutos y a la vez puede ocasionar un crecimiento excesivo y un retraso en la maduración. Por lo que en el período de floración se requiere un suministro parejo, ya que las oscilaciones de humedad causan problemas diversos, entre otros, un excesivo agrietamiento de los frutos.

### 4.3 Frecuencia y programación del riego en tomate.

Entre los factores que influyen más directamente en la frecuencia y profundidad del riego, puede mencionarse: Las necesidades de agua de los cultivos, la disponibilidad de agua para riego y la capacidad de la zona radicular para almacenar agua (14).

Silva R. (18), recomienda para el valle del Mayo, México, en suelos franco-arcilloso-arenoso, intervalos de 10 días con láminas de 70 a 80 mm. y a partir del primer corte, prolongar los riegos a intervalos de 15 días, debido a que coinciden con la presencia de temperaturas frescas. Para suelos franco-arcillosos, se recomienda el riego cada 15 días, aplicando láminas de 80 a 90 mm. y cada 20 días después del primer corte, ya que son suelos que retienen por más tiempo la humedad.

La Fundación para el Servicio del Agricultor (20), en ensayos de tomate bajo riego en los alrededores de Cagua, Venezuela en suelos arenosos han obtenido muy buenos rendimientos con frecuencia de suministro de agua de 6 a 8 días.

Por lo regular, se requiere de 12 a 14 riegos y una lámina de 60 a 65 cm. de agua. Para obtener un alto porcentaje de plantas pegadas es recomendable aplicar el primer riego horas antes del trasplante manual, y efectuar una segunda aplicación de agua tres o cuatro días después de haber realizado esta operación (20).

León Gallegos (13), considera que después del trasplante, el primer riego puede darse hasta llegar a floración o formación de primero frutos, ya

que durante esta fase no requiere mucha agua y si se propicia un mejor desarrollo radicular. El segundo aplicarlo 45 a 50 días después del transplante, en la etapa de formación de primeros frutos a cosechar. De aquí en adelante se puede regar cada 15 días hasta el primer corte y luego cada 10 a 12 días, pero muy ligeros.

Andrino A. (3), recomienda utilizar frecuencias de riego que varíen entre los 8, 12 y 16 días con láminas de 406.1, 282.1 y 264.0 mm. respectivamente, debido a que los rendimientos de estos tres tratamientos produjeron un valor mayor de la media obtenida en la región. De similar manera Zea M. (22) recomienda utilizar un intervalo de riego que puede variar de 8 a 16 días con láminas de 368.8 y 325.7 mm.

Rabin S. (16) recomienda para Guatemala las siguientes frecuencias, de acuerdo al tipo de suelo: Para un suelo liviano aplicar el primer riego a los 18 días y dos riegos con intervalos de 14 días antes de la producción, ya en producción, aplicar 7 riegos con intervalos de 10 días cada uno. Para suelo medio no aplicar los primeros dos riegos y otros más a los 16 días, esto antes de la producción, en producción aplicar 4 riegos con intervalos de 14 días.

Para un suelo pesado aplicar un riego a los 21 días, el siguiente a los 20 días y el último antes de la producción a los 16 días, ya en producción, aplicar 4 riegos con intervalos de 14 días cada uno. En todos los casos se hace variar el volumen a aplicar según el tipo de suelo.

#### 4.4 Constantes de humedad del suelo.

##### 4.4.1 Capacidad de campo y métodos para determinar

la.

Se considera como la humedad retenida por el perfil de un suelo uniformemente mojado, que prácticamente ha dejado de drenar sobre el suelo seco (7).

Existen dos formas de determinarla. La primera se realiza en laboratorio, sometiendo muestras de suelo a una tensión de 0.3 atmósferas. Según Kramer (14) estas estimaciones no son indicadores muy confiables del valor de campo, por lo que Withers y Vipond (21) proponen el siguiente método: Delimitar un área de muestreo de un metro cuadrado en un lugar representativo del terreno, con bordos de 20 cm. de alto y levantar otros bordos exteriores a los primeros, para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después hay que humedecer el suelo hasta saturarlo incluyendo la parte exterior. 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, tomando dos o tres muestras por estrato, cada vez que se muestree. Es más exacto el dato si se muestrea durante 4 ó 5 días. El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, secándolas en horno a 105 - 110° C, por 24 horas y pesándolas ya secas. Posteriormente se hace una gráfica colocando el contenido de humedad en las ordenadas y el tiempo en las abscisas; con ella es posible determinar el porcentaje de humedad correspondiente a la capacidad de campo de cada estrato el cual se da en el momento en que la curva se estabiliza. El contenido de humedad a capacidad de campo puede

puede variar de 6 a 12% en los suelos arenosos y 31 a 39% en los suelos arcillosos (12).

#### 4.4.2 Punto de marchitez permanente y métodos para terminarlo.

La tensión a la cual se produce el marchitamiento permanente oscila entre 7 a 40 atmósferas y depende de la velocidad de utilización del agua, del contenido de sales del suelo y de su textura (12).

Existen diferentes métodos para determinar el punto de marchitez permanente, los más utilizados son: El método del girasol y el método de las membranas de presión.

De acuerdo a Aguilera (2), el método de la membrana de presión consiste en prepara muestras por duplicado de suelo, tamizadas a 2 mm. las cuales se mezclan y agitan hasta uniformizarse. La membrana se humedece, se instala el aparato y se recorta la membrana alrededor del disco de bronce poniendo los anillos para el suelo de la membrana. Se empareja la muestra en el anillo y se cubre con un pedazo de papel encerado el cual se deja reposar 16 horas, luego se cierra la membrana de presión dejando entrar aire con una presión de 15 atmósferas. Transcurridas 48 horas de la extracción se alcanza el punto de marchitez permanente. La mayoría de suelos llegan al equilibrio en un tiempo de 18 a 20 horas. El porcentaje de humedad se determina por el método gravimétrico en base seca.

Se puede calcular aproximadamente divi-

diendo 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 (17).

#### 4.5 Contenidos de humedad del suelo.

##### 4.5.1 Humedad utilizable.

Llamada también humedad disponible o aprovechable, es la humedad retenida entre capacidad de campo y el punto de marchitez permanente por el suelo en la zona activa de raíces del cultivo (1), o sea la humedad que puede ser almacenada por el suelo para ser usada por las plantas (12).

##### 4.5.2 Humedad fácilmente aprovechable.

Zea M. (22), cita a Thorne y Peterson, quienes dicen que han citado varios estudios que indican que el agua no es igualmente disponible entre todo el rango de capacidad de campo a punto de marchitez permanente. La tensión de humedad del suelo no pasa de 1 atmósfera en la mayoría de los suelos hasta cerca de 50 a 75% del agua utilizable ha sido removida. De similar manera, Israelsen y Hansen (12), afirman que la humead del suelo que se encuentra cerca del punto de marchitez permanente no utilizable fácilmente por las plantas, ya que la humedad fácilmente utilizable es la parte de la humedad que puede ser extraída por las plantas sin gran esfuerzo y que representa aproximadamente un 75% de la humedad utilizable total.

Muchas evidencias indican que el crecimien

to de la planta decrece conforme la tensión de humedad del suelo aumenta. Thorne y Peter son concluyen diciendo que si la remoción de agua del suelo por las plantas, requiere energía, es lógico suponer que si aumenta la humedad, la tensión decrece, por lo que las plantas gastan menos energía en suplir sus necesidades de agua y pueden crecer más.

#### 4.6 Evapotranspiración

El volumen de agua evapotranspirado por las plantas depende del agua que se tiene a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del desarrollo de la planta, de su follaje y de la naturaleza de las hojas (12).

Grassi (9) hace referencia a evapotranspiración potencial (Etp) y evapotranspiración real o uso consuntivo. La evapotranspiración potencial sucede con una vegetación de escasa altura y activo crecimiento, que cubre totalmente el terreno y que no tiene restricciones de humedad edáfica y depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, las cuales son dadas por las características físicas de la atmósfera vecina al suelo.

Al referirse a la evapotranspiración real o uso consuntivo, indica que las características variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, de las condiciones edáficas y de los niveles de humedad del suelo, modifican los supuestos tomados al definir evapotranspiración potencial, pues actúan como factores reductores, por lo tanto, evapotranspiración real es igual a la potencial afectada por un factor "k"



que varía a lo largo del ciclo y es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia del ambiente edáfico.

#### 4.7 Métodos para determinar evapotranspiración.

Existen dos métodos para determinar la evapotranspiración, tomando en consideración los factores que se utilizan en cada uno de ellos para obtener los valores, y estos son: Los métodos directos y los métodos indirectos.

Cuando la humedad del suelo se obtiene en una forma rápida y directa en el terreno, se refiere a los métodos directos para determinar la evapotranspiración. Israelsen y Hansen (12) dan a conocer diferentes experimentos realizados utilizando tanques y lisímetros, parcelas experimentales, estudios sobre humedad del suelo, métodos de integración y métodos de entradas y salidas de agua para grandes extensiones.

Por otro lado, los métodos indirectos para determinar la evapotranspiración son fórmulas las cuales se basan en datos climáticos para obtener los datos de esta en cualquier cultivo. Así como también utilizan tablas con valores para los coeficientes usados. Dentro de las fórmulas para determinar los valores de evapotranspiración más conocidas y utilizadas, se encuentran las siguientes: Método de Blaney-Criddle, Hargreaves, tanque evaporímetro, Jensen-Haise, Grassi-Christiansen, Lowry-Johnson.

##### 4.7.1 Método directo de parcelas experimentales.

Israelsen y Hansen (12), reportan que los resultados obtenidos por este método son más reales que los obtenidos utilizando tanques y lisímetros.

El método consiste en establecer parcelas en los terrenos con el fin de llevar un control de la humedad del suelo, lo cual se consigue por medio de toma de muestras con barreno a diferentes profundidades del suelo dentro de la parcela. Para determinar la humedad se utiliza el método gravimétrico, en donde deben tomarse muestras de suelo de 100 o más gramos, los cuales se pesan húmedos y luego se secan en horno a 105 - 110°C durante 24 horas y posteriormente son pesadas nuevamente, la diferencia de peso existente entre las dos lecturas de peso tomadas anteriormente y dividida por el peso del suelo seco y multiplicado por 100 nos proporciona el porcentaje de humedad en base al suelo seco (12). Una limitante existente en este método es el tiempo que se tardan en secarse las muestras tomadas, que es de 24 horas (12).

#### 4.7.2 Método de Blaney- Criddle.

Los datos requeridos por este método para el cálculo de la evapotranspiración, son los de temperatura y horas luz mensuales Grasi (9) dice que este método fue desarrollado para la región árida del Oeste de los Estados Unidos. Así mismo, indica que se desarrolló al relacionar los valores reales de uso consuntivo con la temperatura media mensual ( $t$ ) y con el porcentaje mensual de las horas anuales de brillo solar ( $P$ ). De este modo, el uso consuntivo o evapotranspiración mensual se puede calcular usando la fórmula:  $u = k.f.$  y para un ciclo de cultivo de "n" meses de la siguiente manera:

$$u = \sum_{i=1}^n (k \cdot f_i) = K \cdot F. \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

$k$  = Coeficiente mensual del cultivo.

$f_i$  = Factor de uso consuntivo mensual.

$K$  = Coeficiente del cultivo para el ciclo veg.

$F$  = Suma de factores mensuales de uso consuntivo

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

$$f_i = \frac{T_i + 17.8}{21.8} (P_i) \quad \text{Ec. (2)}$$

$P_i$  = 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 ( $kt$ ) y del estado de desarrollo del cultivo ( $kc_i$ ), por lo que:  $k_i = kt_i \cdot kc_i$  Ec. (3)

El coeficiente de temperatura ( $kt_i$ ) se calcula así:

$$kt_i = 0.03144 T_i + 0.2396 \quad \text{Ec. (4)}$$

El coeficiente del cultivo ( $Kc_i$ ) varía a lo largo del ciclo de acuerdo al porcentaje de desarrollo del cultivo, y puede ser obtenido en tablas específicas.

Grassi (9) dice que la fórmula de Blaney-Criddle proporciona valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspirato-

rias (menos de 5 mm/día) y valores inferiores con altas exigencias (más de 5 mm/día).

#### 4.7.3 Método de Hargreaves modificado en 1966.

Esta fórmula utiliza valores de la temperatura media, la humedad relativa media al medio día y la duración del día, la cual depende de la altitud (9). Este mismo autor en 1966 introdujo factores adicionales de corrección de la fórmula y una tabla que incluye coeficientes para tener en cuenta el efecto del cultivo.

En unidades métricas y con temperatura de °C, la fórmula es:

$$Et_i = 17.37 k_i \cdot d_i \cdot t_i (1 - 0.01 H_{ni}) \quad \text{Ec. (5)}$$

$$H_{ni} = 1.0 + 0.4 HR_i + 0.04 HR_i^2$$

$k_i$  = Coeficiente del cultivo.

$d_i$  = Coeficiente mensual de duración del día.

$t_i$  = Temperatura media mensual.

$H_{ni}$  = Humedad relativa media al medio día.

$HR_i$  = Humedad relativa media mensual.

El coeficiente "d" está relacionado con el "p" de Blaney-Criddle, por lo que:

$$d = 0.12 p.$$

Debido a que esta 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 km/día de aumento o disminución con respecto a 100 km/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 | -20 | -16 | -9 | 0  |

Con relación 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 la creación de la fórmula.

#### 4.7.4 Método de Hargreaves modificado en 1983.

George H. Hargreaves en uno de sus últimos artículos publicados (10) concluye, que la utilización de fórmulas complicadas para determinar evapotranspiración, entorpece el trabajo de riego, en donde se requieren resultados en forma inmediata sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados.

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

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

Donde:  $E_{Tr}$  = Evapotranspiración real  
 $E_{Tp}$  = Evapotranspiración potencial  
 $K_c$  = Coeficiente que depende de la etapa de desarrollo del cultivo.

Para este método Hargreaves recomienda usar los coeficientes dados en el libro de la FAO.

La evaporación potencial (ETp) se calcula de la siguiente manera:

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

Donde: ETp = Evapotranspiración potencial (cm).

T<sup>°</sup>F = Temperatura media en °F

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

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

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

TD = Diferencia entre la temperatura máxima y la mínima absolutas, expresadas en °C.

#### 4.7.5 Método de evaporación del tanque.

Las medidas de evaporación de una superficie libre de agua como lo constituye 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).

La estimación de la evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$ETp = Ev \times C$$

Donde: ETp = Evapotranspiración potencial.

Ev = Evaporación del agua en tanque.

C = Coeficiente de ajuste.

El coeficiente "C", está en función de

la velocidad del viento, la humedad relativa media mensual y del tipo de cobertura vegetal alrededor del tanque.

La evapotranspiración real puede obtenerse al multiplicar la E<sub>Tp</sub> por un coeficiente del cultivo, que puede ser obtenido por medio de las tablas propuestas por el Servicio de Conservación de Suelos o bien determinarse a través de la curva única de Hansen.

Se han ensayado tanques de 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., 0.25 m. de altura real utilizable, con una capa de insulación de 0.04 m. que tiene la función de aislante con respecto al lugar donde repose, de color antirefractario de la radiación solar y temperatura, compuesto 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. Es de importancia señalar que por razones de seguridad este tanque no fué colocado en el lugar donde se realizó el experimento.

#### 4.8 Costos de producción y rentabilidad

Esta sección tratará sobre la determinación de la rentabilidad de cada una de las seis frecuencias de riego, con el fin de conocer cual de ellas deja una mejor ganancia o es más rentable. Para su explicación entraremos a discutir importantes, se hace énfasis en que se desarrolla a nivel de experimento:

Partiendo de que la administración de empresas persigue hacer el mejor uso de los recursos productivos, es decir, colocar éstos en donde resultan más rentables (racionalización), conocer los costos de producción viene a constituir un aspecto fundamental para alcanzar este objetivo (8).

Todo productos para obtener un bien a determinado plazo, se ve obligado a dar algo ya sea en efectivo o en especie, ese algo es lo que constituye el costo.

Las consideraciones anteriores llevan entonces a señalar que el "costo de producción" es uno de los elementos importantes en la administración de empresas: es más, un costo debidamente estructurado incluso hasta puede sustituir lo que se conoce como un plan de trabajo, pues tal como se plantea puede definirse como "todo un conjunto de información ordenada en razón de como se realizan las operaciones de una empresa en términos cuantificables" (8).

#### 4.8.1 Estructura del costo de producción:

Para estructurar un costo en la empresa agrícola, se presentan varias situaciones o alternativas, establecerlo por cultivo, en forma separada, considerar todos los cultivos en conjunto o bien considerar todos los renglones productivos de la finca como sería el caso de una explotación diversificada (8).

Optamos por señalar lo más fácil y de allí partir hacia lo que podría ser más complicado, optamos pues, por estimar los costos por hectárea. Claro está que los datos de un costo estimado por hectárea, como información de referencia tiene sus limitaciones, como para aplicarse



a extensiones muy grandes, esto tomando en cuenta la ley de rendimientos decrecientes, pues a mayor porcentaje cultivado, se manejan volúmenes más grandes de producción y consecuentemente se registran costos unitarios más bajos. De todas maneras el costo por hectárea es un indicador muy interesante (3).

#### 4.8.1.1 Información general:

Para estructurar un costo de producción por hectárea, se señalan como puntos de información general los siguientes:

- a. Nombre del cultivo.
- b. Variedad.
- c. Lugar y fecha.
- d. Altura sobre el nivel del mar.
- e. Nombre de la persona o técnico que preparó el costo.
- f. Con o sin riego.
- g. Grado de tecnología.

Cabe señalar que para que un costo sea aprovechable en toda su magnitud, debe mantenerse actualizado, aquí radica la importancia de la fecha, máxime si se toma en cuenta que los precios de algunos insumos son fluctuantes. En cuanto al lugar es importante para regiones que tienen condiciones similares, claro está, entre más distante sea la región a la cual se quiere aplicar el costo de referencia, será menos funcional. Un costo de producción de maíz para el altiplano no se puede utilizar en forma completa para plantaciones de la costa. Si el costo se establece en con

condiciones bajo riego, también es lógico que muestre diferencias apreciables con respecto a un costo en el que no se aplique (8).

#### 4.8.1.2 Información específica del costo.

Los aspectos específicos constituyen la información cuantitativa y cualitativa del costo. Se agrupan en tres bloques: Costo directos, costos indirectos y eventualmente según sea el caso, costos de comercialización.

##### -Costos directos:

Reciben este calificativo todos aquellos renglones que tienen incidencia directa en la producción y que por lo tanto no se puede prescindir de ellos sin que repercuta en bajas del rendimiento. Así tenemos en su orden: Preparación del suelo, siembra, cuidados culturales y cosecha. Contiene además, los insumos, el equipo, instalaciones, etc. Para esta investigación se incluyen el costo por la aplicación de riegos y el costo de la energía eléctrica relevantes para la misma en su manifestación en los diferentes intervalos de riego.

##### - Costos indirectos:

Los costos indirectos se derivan de los directos, en razón de que generalmente son porcentajes de éstos así: Renta, gasto de energía eléctrica, administración, imprevistos, prestaciones y finalmente, intereses.

- Costos de comercialización:

Estos tienen lugar cuando se trata de agricultores que llevan su producto al mercado. Comprende: Los gastos por concepto de la preparación previa del producto para la venta, como lavado, clasificado y empaque, luego transporte, viáticos de la persona encargada de realizar el negocio, contribuciones municipales, comisiones, impuestos aduanales según sea vendido el producto en el exterior y demás gastos en que se incurren en este aspecto.

Conviene hacer un corto comentario en relación con algunos renglones específicos del costo:

a. Renta de la tierra:

La renta de la tierra es el pago por el uso de este recurso.

b. La administración:

Es un costo que se asume, corresponde a quien dirige la explotación que puede ser el propio agricultor u otro si así se requiere, se estima en un 5 a 10% sobre los costos directos dependiendo de la magnitud de la empresa y del ciclo del cultivo.

c. Los imprevistos:

Este renglón por lo general encierra como su nombre lo indica, todos aquellos gastos que surgen de última hora. El costo por concepto de imprevistos puede estimarse de 3 a 10% sobre los directos.

d. Las prestaciones:

Está constituido este renglón por aquellos

gastos de raciones, servicios globales de finca, séptimos días y cuotas del IGSS. Específicamente en lo que se refiere a las cuotas del IGSS se considera del 2.5% a 3% sobre los salarios o jornales.

Es obligatorio para las empresas que posean más de tres trabajadores el pago de cuotas del IGSS, y queda opcional el pago para las empresas con menos de tres trabajadores.

e. Los intereses:

Constituyen el pago por el uso de capital. A este respecto cabe señalar que actualmente los agricultores dedicados al cultivo de granos básicos tienen a su alcance los servicios de los promotores agrícolas y BANDESA en lo que se refiere a asistencia técnica y crediticia. Las tasas de interés fijadas por esta institución son del 5% anual para granos básicos y del 8% para otros cultivos. Para el cultivo del tomate, sería del 8% anual.

4.8.2 Los ingresos:

Los ingresos plantean el mismo problema de los costos, pueden establecerse en función de todos los renglones productivos de la finca o bien por cultivo. Para tener un dato más o menos exacto del grado de rentabilidad de una explotación, es conveniente considerar tanto lo que sale para el mercado como lo que queda para el consumo de la finca, asumiendo que de no contar con esos bienes que se destinan hacia dicho consumo, habría que comprarlos. Los ingresos, pues se derivan de la producción, la cual es estimada en base a la información que existe en la finca

cuando se trata de un costo que se establece antes de iniciar la explotación, de lo contrario, se toma el dato real al cual se le estima un precio de acuerdo a la situación del mercado que multiplicado por el volumen de la producción arroja el ingreso bruto, menos costo total de producción es igual al ingreso neto o utilidad.

#### 4.8.2.1 El ingreso neto y la rentabilidad.

El ingreso neto o utilidad no es más que una cifra que en términos absolutos muestra la cantidad de dinero percibido en un determinado plazo por concepto de ganancias. Con este tipo de datos se procede a determinar la rentabilidad, la cual se obtiene dividiendo el ingreso neto dentro del costo, multiplicado por 100. Se le conoce también como índice de rentabilidad y muestra la cantidad de quetzales por concepto de ganancias por cada 100 invertidos (8).

La rentabilidad como se ha dicho, es un índice cuya interpretación debe hacerse en función del tiempo.

Concretamente, una rentabilidad ya por encima del 20% que permita ocupación permanente a los agricultores, puede considerarse adecuada (8).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Ubicación del experimento y descripción general de la unidad de riego.

El experimento se realizó en la unidad de riego El Progreso, ubicada en la cabecera departamental de Guastatoya, la cual se encuentra a 73 km. de la ciudad capital, al Nororiente de la misma. Está localizada en la intersección de las coordenadas  $14^{\circ} 51' 18''$  latitud norte y  $90^{\circ} 4' 12''$  longitud oeste.

Esta unidad de riego tiene como fuente de abastecimiento de agua al río Guastatoya. Posee un área de diseño de 115 has. de las cuales son irrigadas aproximadamente 86 has anualmente. Fue construída en el año de 1971, a un costo de Q.117,210.00 y su operación se inició en el mes de marzo de 1972. Consta de dos sistemas de bombeo eléctrico para la conducción del agua desde el río hasta las parcelas por medio de canales revestidos casi en su totalidad.

El clima predominante es cálido-seco, de estepa, con invierno moderado y seco. Por el hecho de ser un valle encerrado por las montañas, las cuales actúan como una cortina rompevientos, siendo este el motivo de que las lluvias se presenten cortas y de gran intensidad durante el invierno, que sucede entre mediados de abril y finales de octubre. Durante el resto del año no se registran lluvias, siendo por tanto un verano totalmente seco. Su temperatura máxima es de  $40^{\circ}\text{C}$ , con una mínima de  $15^{\circ}\text{C}$  y un promedio de  $27.4^{\circ}\text{C}$ . Posee una precipitación pluvial anual de 857.04 mm. La humedad relativa es de 75% la máxima, 60% la mínima con un promedio de 67%.

Los suelos del valle son aluviales, con un perfil no diferenciado y su formación está determinada por factores locales como sedimentación, transporte, etc.

Físicamente son suelos de textura franco-arcilloso-limoso, casi en su totalidad, con una pequeña área arcillosa, son profundos con buen drenaje interno y externo, el contenido de materia orgánica es baja en los 90 cm. y alta en el primer horizonte (0.55-5.11%). La topografía del terreno es generalmente ondulada con pendientes del 3 a 10% (15).

## 5.2 Análisis y determinaciones previas.

### 5.2.1 Análisis químico del suelo.

Para poder efectuar este análisis se procedió a tomar 4 muestras de suelo en estratos de 0 - 30 cm. y de 30 - 60 cm de profundidad, en el lote experimental para formar una muestra compuesta la cual fue enviada posteriormente a los laboratorios de ICTA de la capital guatemalteca. Los resultados que se obtuvieron en este análisis fueron utilizados para recomendaciones en cuanto a fertilización. El cuadro 1 muestra los resultados dados por el laboratorio.

CUADRO 1. ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

| pH  | Microgr/ml |    | Meq/100 ml de Suelo |      | OBSERVACIONES |
|-----|------------|----|---------------------|------|---------------|
|     | P          | K  | Ca                  | Mg   |               |
| 7.2 | 23         | 73 | 14.7                | 6.42 | *             |

\* Mediana presencia de sodio, sin embargo, el laboratorio no reporta exactamente cual es la cantidad exacta de sodio existente en los suelos, debido al tipo de análisis realizado, por lo que no puede estimarse el efecto de sales sobre la disponibilidad de agua en el suelo.

### 5.2.2 Determinación de densidad aparente

La determinación de la densidad aparente en el campo se realizó por el método del plástico,

el cual consiste en abrir una calicata dejando gradas a la profundidad de los estratos que se estudiarán, luego se abren agujeros de dimensiones determinadas en las gradas y el suelo que se extrae de estos se coloca en bolsas impermeables las cuales se pesarán y secarán posteriormente. El volúmen se determinará colocando un plástico delgado adherido a las paredes del agujero y luego se echa agua con un recipiente graduado, hasta llenar el agujero (2). La densidad aparente es dada por la relación existente entre el peso del suelo seco extraído del agujero y el volumen de agua que cupo en el mismo.

La densidad aparente es utilizada para convertir los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente sirve para calcular la lámina de agua en el suelo (7).

### 5.2.3 Determinación de capacidad de campo.

La determinación de la capacidad de campo se efectuó en un área dentro del lote experimental y se siguió el método propuesto por Withers y Vipond y el Servicio de Conservación de Suelos, ya explicados en el inciso 4.4.1. Se muestreó dos veces diarias durante 5 días.

Los resultados obtenidos en esta prueba y en la prueba anterior se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2. TEXTURA, DENSIDAD APARENTE Y CAPACIDAD DE CAMPO DE LOS ESTRADOS ESTUDIADOS.

| ESTRATO | TEXTURA (*)      | DENSIDAD APARENTE | CAPACIDAD DE CAMPO |
|---------|------------------|-------------------|--------------------|
| 0 - 30  | Franco Arcilloso | 1.259             | 25.50              |
| 30 - 60 | Franco Arcilloso | 1.146             | 23.29              |

(\*) Determinada en laboratorios de suelos de ICTA.



### 5.3 Manejo del cultivo.

El cultivo se manejó de acuerdo a la tecnología del ICTA en cuanto a variedad, preparación del terreno, semillero, distancia de siembra, métodos de siembra. El control de plagas y enfermedades se hicieron en base a la incidencia que estos poseían y del diagnóstico efectuado previamente, de igual manera se hizo con el control de malezas.

La variedad de tomate sembrada fue Roma VF, la cual es una de las variedades más populares entre las tipo pasta, buena para el transporte, mercado y la industria del enlatado. Esta semilla fue sembrada primeramente en almácigo, el cual se construyó en forma de tablón de 15 metros de largo por 1 metro de ancho y 0.20 metros de alto, en su construcción se dejó la tierra bien mu-llida y lo más parejo posible. Posteriormente se desinfectó utilizando 1 kilo de Bromuro de Metilo, cubriéndolo con un nylon para evitar la fuga del gas, luego se destapó y se aireó durante 48 horas. El 12 de diciembre de 1984 se sembró la semilla en surcos separados a 10 cm en los surcos se sembró al chorrillo para luego ralear.

Durante todo el período se mantuvo control sobre el mal del talluelo o Damping-off e insectos de semillero mediante aplicaciones periódicas de mezclas de fungicidas e insecticidas. A los 13 días de sembrado se hizo un raleo en lugares en donde la población de plantas era densa, procediendo luego a hacer una aplicación con fertilizante foliar.

La preparación del terreno consistió en un paso de aradura a 40 cm de profundidad, dos pasos de rastra pesada y el surqueado con una pendiente del 0.5%. Luego se procedió a la tapada y apertura de un nuevo canal para la conducción de agua y por último se niveló el terreno con el propósito de obtener un campo lo más plano posible.

El trasplante del semillero se realizó el 20 de enero de 1985, cuando las plantas tenían aproximadamente 35 días de sembradas. Ese mismo día se regó antes del trasplante.

La resiembra se realizó el 25 de enero, con el objeto de asegurar una población mayor del 80% por parcela. Las plantas transplantadas fueron tratadas antes de pasarlas a su nuevo habitat con una pasta formada de agallol, agua y tierra, aplicada a la raíz de las plantas para evitar el ataque de enfermedades fungosas específicamente el Damping-off.

En el momento del surqueo en el terreno, se dió una distancia de 1 metro entre cada surco. La siembra o trasplante se hizo colocando las plantas en la parte derecha del surco formado. Las distancias entre las plantas fue de 30 cm para tener una población de 33.333 plantas/Ha.

El control de insectos y enfermedades presentadas durante el ciclo del cultivo se efectuó aplicando aproximadamente cada 8 días mezclas de insecticidas y fungicidas como método preventivo. En la etapa de formación de primeros frutos se vió un ataque ligero de la enfermedad no parasitaria sino producida por deficiencia de algún factor o elemento necesaria para su desarrollo normal, que fue la conocida como tapa de culillo, principalmente en los tratamientos más secos.

Las malezas fueron controladas mediante la realización de dos limpiezas, la primera se efectuó 28 días después del trasplante y la segunda a los 35 días.

La fertilización se realizó de acuerdo a las recomendaciones dadas por el laboratorio de suelos del ICTA. Se efectuaron dos aplicaciones, la primera 10 días después de transplantadas con 15-15-15 y la segunda 26 días después de la primera utilizando urea al 40%. En la primera se aplicó 2.5 qq/mz y en la segunda 1.5 qq/mz.

La cosecha se efectuó por cortes semanales entre el 29 de marzo y el 17 de mayo de 1985. En total fueron 7 cortes.

#### 5.4 Manejo del experimento.

##### 5.4.1 Trazo del experimento.

Posterior a la preparación del terreno, se procedió con el trazo del experimento, el cual se hizo utilizando un teodolito dándole la separación correspondiente entre cada una de las parcelas y entre cada bloque. El área total fue de 1754 metros cuadrados y el área experimental de 1176 metros cuadrados. El plano del lote experimental a sí como la distribución de los tratamientos se muestran en la figura 21 del apéndice.

##### 5.4.2 Método de riego.

Se utilizó el método de riego por surcos, de rivando el agua de la toma principal o canal de onducción por medio de una bomba centrífuga accionada por un motor de gasolina, que conducía el agua a las diferentes parcelas o tratamientos, lo cual evitó la construcción de tomas secundarias dentro del campo experimental, logrando así que no haya efecto de la humedad por infiltraciones laterales.

##### 5.4.3 Lámina de agua a reponer.

Para determinar la lámina de agua que había de reponer a cada parcela en cada riego y para cada estrato (Lai) se calculaba utilizando el porcentaje de humedad a capacidad de campo, el porcentaje de humedad en el suelo antes del riego (Psari), la densidad aparente (Dapi) y la profundidad del estrato en \*cm (Pr) por medio de la siguiente fórmula:

$$L_{ai} = \frac{P_{scci} - P_{sari}}{100} \times D_{api} \times P_r \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

$L_{ai}$  = Lámina de auxilio para el estrato  $i$  (cm)

$P_{scci}$  = Porcentaje de humedad a capacidad de campo para el estrato  $i$ .

$P_{sari}$  = Porcentaje de humedad antes del riego para el estrato  $i$ .

$D_{api}$  = Densidad aparente del estrato (g/cc), para el estrato  $i$ .

$P_r$  = Profundidad del estrato constante igual 0.30 m.

La lámina total (LT) era la suma de las láminas para cada estrato.

$$LT = \sum_{i=1}^n L_{ri} \quad \text{Ec. (8)}$$

#### 5.4.4 Riegos generales e inicio de tratamientos.

Los tratamientos se iniciaron hasta que el cultivo estuvo bien establecido, para lo cual se dieron 2 riegos, el primero 8 días después del transplante y 16 días después del transplante el segundo, el cual fue el riego inicial y a partir de éste se empezó a contar los intervalos para aplicar cada tratamiento.

#### 5.4.5 Método y momento de muestreo.

Las muestras se extraían con barreno tipo gusano, obteniendo 3 muestras por cada estrato de 0-30 y 30-60 cm. las muestras eran tomadas al azar dentro de la parcela. En cuanto al momento de muestreo, las muestras eran tomadas 24 horas antes del riego y pasadas 48 horas.

#### 5.4.6 Equipo utilizado.

Para la realización y ejecución del experimento

to se utilizó: Horno eléctrico, balanza eléctrica, cajas de aluminio, barreno tipo gusano, manguera de polyducto, termómetro y bomba centrífuga de 3 HP con sus accesorios.

#### 5.4.7 Diseño experimental:

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, Reyes en 1982, indica que se puede utilizar este diseño cuando se tenga un solo gradiente, y en este caso es la pendiente.

Los tratamientos evaluados fueron 6 con 4 repeticiones o bloques. Los tratamientos estaban distribuidos con frecuencias de riego, así: F-8 riego cada 8 días, F-12 riego cada 12 días, F-16 riego cada 16 días, F-20 riego cada 20 días, F-24 riego cada 24 días y F-28 riego cada 28 días.

En cuanto a la parcela experimental, las dimensiones fueron de 7 x 7 con 8 surcos, y una parcela útil de 6 metros por 6 metros o sea un área de 36 metros cuadrados como lo indica la figura 21 del apéndice.

#### 5.4.8 Variables respuesta:

Las variables respuesta que se utilizaron para evaluar el efecto de los tratamientos fueron tomadas únicamente en el área que comprendía la parcela útil ( $36 \text{ m}^2$ ), y estas fueron: Rendimiento en peso (Kg/Ha), número de frutos totales, número de frutos comerciales, número de plantas vivas finales y la calidad industrial del fruto.

Para evaluar el efecto sobre la calidad del fruto se llevó una muestra de 1 Kg por cada parcela y por cada corte de frutos al laboratorio de la Industria Cooperativa Oriental de Productos Alimenticios (INCODEPA), situado en Estanzuela, Zacapa.

#### 5.4.9 Métodos de análisis de resultados.

Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables respuesta, aunque en algunas de ellas tuvo que hacerse la transformación de los datos originales con raíz cuadrada, debido a que son variables discretas y no se distribuyen normalmente como lo son: Número de frutos comerciales y totales, y el número de plantas vivas al final del ciclo.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves y tanque de evaporación 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 ( $Y = b_0 + b_1.X$ ) 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 evapotranspiración estimada por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves 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 1 (uno) y que el intercepto es igual a 0 (cero) de ser así, esto indicaría

que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes a los medidos directamente, por lo que la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves y del tanque evaporímetro, se adapta 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 la hipótesis para determinar que la pendiente de la recta es igual a 1 (uno) se efectúa mediante comparaciones entre "t" calculada ( $t_c$ ) y "t" tabulada ( $t_t$ ) de los valores de 2 colas al 1% de significancia y  $n-2$  grados de libertad de la distribución t de Student.

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

Además, de este análisis estadístico, también se efectuó una comparación gráfica ploteando 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 y tanque evaporímetro para observar la tendencia que sigue cada una de las curvas y determinar si los valores medidos son equivalentes a los valores calculados.

Los datos semanales para la evapotranspiración medida y la estimada quedaron distribuidos de la siguiente manera:

| No. de Semana | Fecha      |           |
|---------------|------------|-----------|
|               | <u>Del</u> | <u>AL</u> |
| 1             | 20-01-85   | 26-01-85  |
| 2             | 27-01-85   | 02-02-85  |
| 3             | 03-02-85   | 09-02-85  |
| 4             | 10-02-85   | 16-02-85  |
| 5             | 17-02-85   | 23-02-85  |
| 6             | 24-02-85   | 02-03-85  |
| 7             | 03-03-85   | 09-03-85  |
| 8             | 10-03-85   | 16-03-85  |
| 9             | 17-03-85   | 23-03-85  |
| 10            | 24-03-85   | 30-03-85  |
| 11            | 31-03-85   | 06-04-85  |
| 12            | 07-04-85   | 13-04-85  |
| 13            | 14-04-85   | 18-04-85  |



## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

Para una mayor facilidad de presentación y discusión de los resultados, se ha dividido este capítulo en cuatro secciones:

1. Aspectos agronómicos o variables respuesta que se utilizaron para evaluar el efecto de los tratamientos.
2. Uso del agua.
3. Comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración estimada por medio de fórmulas.
4. Relación evapotranspiración - evaporación.

En todos los análisis estadísticos efectuados, en los que se utilizaron pruebas de F y t, se consideró un nivel de significancia del 5% en cada una.

### 6.1 Aspectos agronómicos o variables respuesta analizados.

En el cuadro 3 se presentan los resultados promedio obtenidos de cada una de las variables respuesta evaluadas.

CUADRO 3. RESULTADOS DE LAS VARIABLES RESPUESTA.

| TRATAMIENTO | RENDIMIENTO<br>Kg/ha | de Frutos |             | Plantas<br>vivas<br>Finales | Calidad industrial del<br>fruto |             |              |      |
|-------------|----------------------|-----------|-------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------|--------------|------|
|             |                      | Totales   | Comerciales |                             | Grados<br>Brix                  | %<br>Acidez | Consistencia | pH   |
| F-8         | 11266.5              | 1734      | 1601        | 113                         | 4.21                            | 0.47        | 18.15        | 4.10 |
| F-12        | 10286.7              | 1695      | 1524        | 125                         | 4.50                            | 0.45        | 15.72        | 4.09 |
| F-16        | 8588.6               | 1544      | 1398        | 129                         | 5.28                            | 0.49        | 14.92        | 3.94 |
| F-20        | 7289.9               | 1454      | 1248        | 124                         | 5.30                            | 0.59        | 14.92        | 3.99 |
| F-24        | 8376.9               | 1322      | 1097        | 122                         | 5.75                            | 0.58        | 14.11        | 4.00 |
| F-28        | 5297.1               | 1091      | 943         | 121                         | 5.41                            | 0.52        | 13.00        | 4.12 |

### 6.1.1 Rendimiento.

Los promedios de rendimientos se presentan en el cuadro 3 en Kg/Ha. El rendimiento más alto corresponde al tratamiento F-8 (riego cada 8 días) con 11266.5 Kg/Ha, mientras que el tratamiento F-28 (riego cada 28 días) tiene el rendimiento más bajo con 5297.1 Kg/ha.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza y la prueba de t<sub>key</sub> se presentan en los cuadros 1, 2 y 3 del apéndice.

El análisis de varianza indica que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, aunque los tratamientos F-8, F-12, F-16 y F-24 no mostraron diferencia estadística obteniendo estos las medias en rendimiento más altas. Es de hacer notar que el tratamiento F-8 tiene 2890.2 Kg/Ha de diferencia sobre el tratamiento F-24, 2676.8 Kg/ha sobre el tratamiento F-16 y 979.87 Kg/Ha sobre el tratamiento F-12, con los que no presentó diferencia estadística significativa.

Estos resultados coinciden con lo expuesto por Andrino (3) de que el rendimiento estadísticamente es igual al regar con frecuencias que van desde 8, 12, 16 y 20 días. Soberanis L. (19) trabajando con frecuencias que van desde 4 hasta 12 días no encontró diferencia estadística en cuanto al rendimiento. Así mismo Zea Morales (22) determinó que el rendimiento no es afectado aplicando frecuencias de riego 8, 12, 16 y 20 días.

Todo esto coincide con lo expuesto por Casseres de que los mejores rendimientos se obtienen cuando la humedad aprovechable se mantiene arriba del 50% como puede observarse en las figuras 1, 2, y 3 del apéndice, correspondientes a los tratamientos F-8, F-12 y F-16.

### 6.1.2 Número de frutos totales y frutos comerciales.

En el cuadro 3 puede observarse que mientras mayor es el intervalo de riego, menor es el número de frutos totales y comerciales producidos.

En los cuadros 5 y 7 del apéndice se presenta el análisis de varianza correspondiente al número de frutos totales y comerciales respectivamente, en donde se muestra que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos para estas variables. Andrino Alvarez (3) similarmente no obtuvo diferencia estadística entre tratamientos para estas dos variables, en su trabajo efectuado en la Fragua, Zacapa. Soberanis L. (19) en su trabajo efectuado en el Rancho-Jícaro tampoco encontró diferencia estadística significativa en cuanto al número de frutos totales.

### 6.1.3 Número de plantas vivas finales.

En el cuadro 8 del apéndice muestra el número de plantas vivas finales por tratamiento y repetición. El análisis de varianza, cuadro 9 del apéndice indica que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos para esta variable.

Cabe señalar que la poca mortalidad de plantas observada no puede atribuirse a la disponibilidad del agua existente en el suelo, ya que las plantas fueron destruidas en algunas ocasiones durante limpiezas para el control de malezas.

En otros trabajos efectuados en tomate como el de Andrino (3) muestra que el número de plantas vivas finales no se ve afectado por la humedad en el suelo, similarmente el efectuado por Zea Morales (22) en donde se muestra que no existe diferencia estadística entre tratamientos para la variable número de plantas vivas finales.

#### 6.1.4 Calidad industrial del fruto para grados Brix.

Todos los análisis de calidad industrial del fruto fueron realizados en el laboratorio de la Industria Cooperativa de Productos Alimenticios (INDO-DEPA), situado en el departamento de Zacapa.

El factor grados brix se refiere a la concentración de azúcar del fruto. Es deseable el fruto que tenga el valor más alto debido a que con esto se facilita el proceso para la elaboración de pasta puesto que así se tiene que evaporar una menor cantidad de agua, para llevar a 30 grados brix la concentración de la pasta, con lo cual el proceso de fabricación resulta más económico.

El cuadro 10 del apéndice presenta los promedios de calidad industrial, y como puede observarse en el cuadro 3 el tratamiento F-24 presenta el valor más alto que es de 5.75 mientras que el tratamiento F-8 tiene el menor valor con 4.21, lo cual se debe a que en los tratamientos más húmedos se produjeron frutos más suculentos mientras que en los tratamientos más secos los productos fueron más secos o consistentes.

El cuadro 11, del apéndice, conteien el análisis de varianza respectivo, en donde se establece que si hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos. El cuadro 12 del apéndice corresponde a la prueba de tukey, la cual indica que los tratamientos F-24, F-28, F-20, F-16 y F-12 poseen resultados estadísticamente iguales, pero diferentes a los resultados del tratamiento F-8. De acuerdo a la industria INCODEPA todos los valores arrojados en cada uno de los tratamientos están por arriba del menor rango de aceptación de la industria que es de 4.0 a 4.10. Estos resultados son muy similares a los obtendidos por Zea M. (22) en su trabajo efectuado en la

Fragua, Zacapa. Así como también con los obtenidos por Andrino A. (3).

#### 6.1.5 Porcentajes de acidez.

Este factor está determinado por la cantidad de ácido cítrico en el fruto, puesto que este es el más abundante, los valores aceptables van de 0.40 a 0.45% debido a que, valores mayores provocan problemas al envasar (oxidación del metal) y valores menores hacen que la pasta pierda su sabor.

Observando el cuadro 3 se ve que a excepción del tratamiento F-12 todos los demás tratamientos poseen valores por arriba del mayor rango de aceptación, lo cual es un inconveniente para la aceptación del fruto en la industria.

En el cuadro 13 del apéndice muestra los resultados organizados por tratamiento y repetición del factor porcentaje de acidez. El análisis de varianza del cuadro 14 del apéndice muestra que no hay diferencia estadística entre los tratamientos.

#### 6.1.6 Consistencia.

La consistencia es una medida indirecta de viscosidad. Las unidades de medida son centímetros Bostwick (lineales) escurridos por la muestra de jugo de tomate en un período de 30 segundos.

Este aspecto sirve como indicador para controlar el proceso de cocimiento, pues un sobrecocimiento destruye la pectina, dando como resultado una pasta aguada.

Es deseable que el valor de consistencia se encuentre entre 10 y 15 centímetros Bostwick.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza del factor consistencia se presentan en los cuadros 15 y 16 del a

péndice respectivamente.

En base al análisis de varianza se notó que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Sin embargo, en el cuadro 3 puede notarse que existe una tendencia a disminuirse el valor de la consistencia del jugo del tomate al prolongarse la frecuencia de riego. Así mismo se puede observar que todos los tratamientos a excepción del tratamiento F-8 poseen valores de consistencia que se encuentran dentro del rango de aceptación.

#### 6.1.7 pH.

Es deseable que el rango oscile entre 3.8 y 4.1 puesto que, a valores más bajos que estos hay corrosión del metal del envase y a valores más altos puede producirse proliferación de ciertos microorganismos no deseables.

En el cuadro 3 puede apreciarse que todos los tratamientos tienen valores que están dentro del rango de aceptación industrial. El cuadro 17 del apéndice contiene organizados por tratamientos y repetición el análisis de ealidad para pH. El cuadro 18 del apéndice muestra el análisis de varianza el cual indica que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos.

#### 6.2 Uso del agua.

##### 6.2.1 Lámina de agua consumida.

En el cuadro 4 se presenta un resumen del número de riegos aplicados y la lámina de agua total consumida por cada tratamiento.

CUADRO 4. NUMERO DE RIEGOS Y LAMINA TOTAL DE AGUA CONSUMIDA POR CADA TRATAMIENTOS.

| Tratamiento | Número de riegos<br>(*) | Lámina total consumida<br>(cm) |
|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| F-8         | 11                      | 34.12                          |
| F-12        | 8                       | 28.93                          |
| F-16        | 7                       | 23.71                          |
| F-20        | 6                       | 21.31                          |
| F-24        | 5                       | 20.93                          |
| F-28        | 5                       | 13.52                          |

\* Incluye dos riegos generales.  
Transplante = 20-1-81

Los tratamientos se iniciaron a aplicar cuando el cultivo ya estaba establecido, es decir, 16 días después del transplante. Durante este período de establecimiento se aplicaron dos riegos después del transplante con un intervalo entre uno y otro de 8 días. El último riego general fue el que sirvió como punto de partida de los tratamientos.

Para el período de 16 días que va desde el transplante hasta el riego inicial se aplicó una lámina de 4.11 cm. para todos los tratamientos.

Las láminas consumidas para cada riego se calcularon en base a los datos de porcentaje de humedad obtenidos en los muestreos antes y después del riego. Como no hubo escurrimiento al pie de la parcela, por poseer esta bordos, se puede considerar que la lámina aplicada fue igual a la lámina consumida que es equivalente a la evapotranspiración del cultivo durante todo el ciclo.

En el cuadro 19 del apéndice se presentan el cálculo de la lámina consumida para cada uno de los tratamientos, así como el número de riegos aplicados.

En el cuadro 4 puede notarse una ostensible reducción de la lámina total aplicada conforme se alarga el intervalo de riego, en todos los casos sin excepción, esto es de esperarse ya que las plantas al disponer de más agua tenderán a consumir más.

Así el tratamiento F-8 fue el que tuvo mayor número de riegos con una lámina total consumida de 34.12 cm. mientras que el tratamiento F-28 al cual se le aplicó el menor número de riegos consumió una lámina total de 13.52 cm.

#### 6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable.

En las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del apéndice puede observarse como se consumió la humedad a aprovechable durante el ciclo del cultivo, dentro de los estratos estudiados.

En todos los tratamientos se nota un incremento en el consumo de agua a partir del inicio de la etapa de fructificación la cual sucedió entre los 40 y 50 días después del transplante, así también puede observarse que conforme el intervalo de riego se incrementa es mayor el agotamiento de la humedad aprovechable en los estratos estudiados.

Para el tratamiento F-8, figura 1 del apéndice, durante los 40 días después del transplante o sea en los primeros tres riegos se consumió aproximadamente solo un 18% de la humedad aprovechable para el estrato de 0-30 cm. y un 17% del estrato de 30 - 60 cm. Esto demuestra que durante el desarrollo vegetativo del cultivo no se tiene mayor consumo de humedad por lo que podría prolongarse el intervalo de riego por varios días. En el período que va desde los 40 a 65 días después del trans



plante o sea durante la etapa de floración e inicio de la fructificación (cuarto, quinto, sexto riego), el consumo de la humedad aprovechable fue de aproximadamente 36% para el estrato de 0-30 cm y de 26% en el estrato de 30-60 cm. Es decir, que nunca se utilizó ni la mitad del agua disponible, por lo que la planta no realizó mayor esfuerzo para extraer el agua del suelo, razón que justifica el rendimiento más alto (20). Para el período comprendido entre los 65 a los 90 días después del trasplante el consumo de humedad aprovechable se redujo, ya que para el estrato de 0-30 cm se consumió aproximadamente el 17% y 22% para el estrato de 30-60 cm.

Para el tratamiento F-12, figura 2 del apéndice, en el primer riego o sea durante los 30 días después del trasplante se tuvo el consumo más bajo que fue de aproximadamente 21% de la humedad aprovechable para el estrato de 0-30 cm., mientras que para el estrato de 30-60 cm. no fue el consumo más bajo ya que se utilizó aproximadamente un 30%, pero a partir de los 40 días después del trasplante el consumo se incrementó hasta el 38% aproximadamente para el estrato de 0-30 cm y 52% para el estrato de 30-60 cm., durante la etapa de cosecha el consumo bajó, pero puede apreciarse que este tratamiento durante todo su ciclo tuvo una disponibilidad de agua arriba del 50%.

El tratamiento F-16, figura 3 del apéndice muestra que el consumo de la humedad aprovechable fue más o menos estable, teniendo el mayor consumo entre los 40 y 65 días después del trasplante que fue de aproximadamente 41% para el estrato de 0-30 cm mientras que el mayor consumo para el estrato de 30-60 se produjo entre los 65 y 80 días

después del trasplante, el cual fue de aproximadamente de 61% de la humedad aprovechable.

La figura 4, 5 y 6 del apéndice muestran el comportamiento de la humedad de los tratamientos F-20, F-24 y F-28 respectivamente, en donde se podrá observar que no se efectuaron muestreos intermedios para un mejor control de la humedad en el suelo, lo cual se debió a la falta de suficiente equipo para realizar dichos muestreos. Por ello las gráficas tienen un comportamiento recto completamente entre un riego y otro, o sea que las gráficas no muestran ningún cambio entre los riegos.

Para el tratamiento F-20 figura 4 del apéndice, puede observarse que a pesar de ser un intervalo de riego grande el consumo fue relativamente bajo, ya que el mayor agotamiento durante los 60 días después del trasplante fue de aproximadamente 40% para el estrato de 0-30 y de 30% para el estrato de 30-60, produciéndose un mayor agotamiento entre los 60 a 80 días después del trasplante, siendo este de aproximadamente 73% para el estrato de 0-30 cm y de 58% para el estrato de 30-60 cm.

Para el tratamiento F-24, figura 5 del apéndice, la humedad aprovechable llegó a agotarse entre un riego y otro hasta un 65% aproximadamente para ambos estratos.

Finalmente el tratamiento F-28, figura 6 del apéndice, tuvo el mayor agotamiento de humedad aprovechable entre los 40 y 50 días después del trasplante, el cual fue aproximadamente de 63% para el estrato de 0-30, mientras que para el estrato de 30-60 el mayor agotamiento fue entre los

70 y 80 días después del trasplante. Debe hacerse la salvedad de que el comportamiento del consumo de humedad para este tratamiento fue bastante irregular debido principalmente por no efectuar muestreos intermedios entre uno y otro riego.

Hay que hacer notar que ninguno de los tratamientos llegó a condiciones de marchitez permanente que fue estimado, aunque en los tratamientos más secos (F-20, F-24 y F-28) el consumo de la humedad aprovechable fue mayor que en los tratamientos húmedos, lo que condujo a que en estas las plantas tuvieran un desarrollo menos vigoroso.

### 6.3 Comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración estimada con Blaney-Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro.

En el cuadro 5 se resume los resultados de la evapotranspiración total para los tratamientos y los métodos empleados.

CUADRO 5. EVAPOTRANSPIRACION TOTAL DE LOS TRATAMIENTOS Y LAS FORMULAS.

| TRATAMIENTO                     | EVAPOTRANSPIRACION<br>TOTAL (cm) |
|---------------------------------|----------------------------------|
| F-8                             | 34.12                            |
| F-12                            | 28.93                            |
| F-16                            | 23.71                            |
| F-20                            | 21.31                            |
| F-24                            | 20.94                            |
| F-28                            | 13.64                            |
| FORMULAS                        |                                  |
| Blaney-Criddle<br>S.C.S.        | 33.62                            |
| Blaney-Criddle<br>C.U.H.        | 35.34                            |
| Hargreaves mo-<br>dificado 1966 | 57.27                            |
| Hargreaves mo-<br>dificado 1983 | 40.87                            |
| Tanque evaporí-<br>metro S.C.S. | 27.53                            |
| Tanque evaporí-<br>metro C.U.H. | 26.84                            |

Como puede observarse en el cuadro anterior, el método de Blaney-Criddle presentó valores similares de evapotranspiración con el tratamiento F-8, y que los valores totales de evapotranspiración obtenidos por el método de evaporación del tanque se asemejan a los valores obtenidos en el tratamiento F-12. El tratamiento F-28 tiene el valor más bajo de evapotranspiración total.

Los cálculos de evapotranspiración semanal por los métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación del tanque se presentan en los cuadros 20, 21, 22 y 23 del apéndice.

Los datos climáticos tomados como base para calcular la evapotranspiración por estos métodos fueron obtenidos de la estación metereológica del municipio de Morazán, departamento de El Progreso, situada a 110 km. de la cabecera departamental, debido a que en el área en donde se realizó el experimento no se cuenta con una estación de este tipo. El único dato climatológico medido en el área experimental fue la evaporación del tanque utilizando el modelo de evaporímetro cuyas características se mencionan en el inciso 4.7.5 del capítulo de la revisión de literatura.

El cuadro 24 del apéndice contiene la evapotranspiración semanal y total de los tratamientos y de los métodos, este se utilizó para realizar un análisis de correlación y regresión lineal simple con el objeto de verificar la adaptabilidad de la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro en la estimación de la evapotranspiración.

Este análisis determinó que porcentaje de la variable independiente (métodos para la estimación de evapotranspiración) es explicado por el modelo de regresión lineal simple, encontrándose que a excepción del tratamiento de intervalo de 8 días comparado con el método de Hargreaves modificado en 1966 y 1983, todos los coeficientes de determinación " $r^2$ " son menores al tabulado para un nivel de significancia del 0.1% y  $n-2$  grados de libertad.

En el cuadro 25 del apéndice, se presentan los valores obtenidos del coeficiente de determinación " $r^2$ " del modelo lineal de los tratamientos y las fórmulas, en base

a este cuadro se llegó a determinar que el tratamiento F-8 (riego cada 8 días) comparado con el método de Hargreaves modificado en 1966 y en 1983 fue el único cuyo coeficiente de determinación " $r^2$ " calculado es mayor que el tabulado, por lo que se procedió a realizar las pruebas de hipótesis que se plantean en el inciso 5.4.9 del capítulo de metodología. Al realizar prueba de hipótesis entre F-8 y Hargreaves modificado en 1966 para probar si la pendiente es igual a 1 (uno) dió como resultado el rechazo de esta hipótesis, luego se realizó otra prueba de hipótesis para ver si la pendiente era igual a cero, lo que dió como resultado un rechazo de la misma. Lo cual llega a la conclusión que esta fórmula no es equivalente para estimar la evapotranspiración en un intervalo de riego de cada 8 días, pero podría llegar a ajustarse.

Al realizar la prueba de hipótesis en donde se planteó que la pendiente es igual a 1 (uno) para el tratamiento F-8 vrs. Hargreaves modificado en 1983, se obtuvo una aceptación de esta hipótesis lo cual nos conduce a concluir que el método de Hargreaves modificado en 1983 es equivalente en la estimación de evapotranspiración con la obtenida con datos de campo en un intervalo de riego de cada 8 días.

La prueba estadística anterior se confirma al efectuar la comparación gráfica de las figuras 7 a la 12 del apéndice, correspondientes a las curvas de tasa de evapotranspiración semanal de los tratamientos y los métodos aquí puede observarse que las curvas de evapotranspiración de los tratamientos es diferente a la de los métodos, exceptuando al tratamiento de 8 días el cual su curva de evapotranspiración semanal tiene un comportamiento bastante similar a la curva de evapotranspiración del método de Hargreaves modificado en 1983. Esto mismo se manifiesta también con mucha claridad al observar las figuras

13 a la 18 del apéndice, las cuales corresponden a las curvas de evapotranspiración acumuladas de los tratamientos y los métodos empleados.

#### 6.4 Relación evapotranspiración - evaporación.

En el cuadro 26 del apéndice se observa los valores de evaporación reportados por el tanque evaporímetro y los valores de evapotranspiración para los seis tratamientos.

La evaporación en tanque es un fenómeno afectado por los mismos factores que influyen sobre la evapotranspiración, a excepción del factor planta, por lo cual los valores de evaporación normalmente son diferentes cuantitativamente a los valores de evapotranspiración. En la figura 19 del apéndice se muestra el comportamiento de las curvas de evaporación y evapotranspiración acumuladas para los seis tratamientos.

La relación evapotranspiración-evaporación varía a lo largo del ciclo del cultivo como puede observarse en el cuadro 26 del apéndice. Así también se aprecia que esta relación es más alta conforme más humedad existe dentro del suelo, mientras que a los tratamientos más secos les corresponden valores más bajos de dicha relación. Así el tratamiento F-8 posee un valor medio total de 0.69, el tratamiento F-12 un valor de 0.58, F-16 tiene un valor 0.48, el tratamiento F-20 tiene un valor de 0.43, el F-24 tiene un valor de esta relación de 0.42 y finalmente el tratamiento F-28 posee el valor más bajo que es de 0.27.

En la figura 20 del apéndice, se presenta la relación evapotranspiración-evaporación para todos los tratamientos, en donde se observa un comportamiento irregular de las curvas.

En este experimento pudo observarse que tanto la tasa de evaporación semanal como la evaporación total fue

mayor que la medida en todos los tratamientos, por lo que sí es necesario ajustar los datos de evaporación para obtener la evapotranspiración del cultivo. Tomando en cuenta el promedio de los tratamientos regados cada 8, 12 y 16 días, en los cuales se obtuvieron los mejores rendimientos, se calculó el factor de ajuste para las diferentes etapas fenológicas del cultivo, los resultados pueden verse en el cuadro 6.

CUADRO 6. RELACION  $E_t/E_v$  PARA LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO.

| ETAPA FENOLOGICA      | DURACION EN SEMANAS | RELACION $E_t/E_v$ |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| Desarrollo vegetativo | 1 - 4               | 0.65               |
| Floración             | 5 - 7               | 0.72               |
| Fructitificación      | 8 - 11              | 0.57               |
| Cosecha               | 12 - 13             | 0.34               |

Se incluye la etapa de cosecha debido a que ésta se realiza gradualmente con una duración de 35 días.



## 7. CONCLUSIONES

1. Las diferentes frecuencias de riego utilizadas si tienen influencia sobre el rendimiento en peso del fruto de tomate; obteniéndose que regando cada 8, 12, 16 y 24 días se producen rendimientos similares y los mayores que los producidos por los tratamientos regados cada 20 y 28 días.
2. Las diferentes frecuencias de riego no tuvieron influencia sobre las variables de número de frutos totales y comerciales y número de plantas vivas al final del ciclo.
3. El análisis efectuado a la calidad industrial del fruto manifestó que las diferentes frecuencias de riego si tienen efecto sobre el factor grados Brix, obteniendo los valores más altos los tratamientos regados a cada 24, 28, 20, 16 y 12 días mientras que el valor más bajo lo tuvo el tratamiento regado a cada 8 días. Este análisis de calidad no se vio afectado por las diferentes frecuencias de riego para los factores porcentaje de acidéz, consistencia y pH.
4. La evapotranspiración se vio afectada por las diferentes frecuencias de riego, teniendo valores de 34.12, 28.93, 23.71, 21.31, 20.93 y 13.52 cm. para los intervalos de riego de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días respectivamente.
5. El consumo de humedad disponible en cada estrato fue variable para cada tratamiento. El tratamiento regado con intervalo de 8 días no llegó a consumir ni el 50% de la humedad disponible en los dos estratos estudiados, mientras que el tratamiento regado cada 24 días

fue el que agotó mayor humedad disponible siendo de 65% para ambos estratos, pero no llegó al punto de marchitamiento permanente.

6. El único método que se adapta para estimar la evapotranspiración de Tomate en el área es el de Hargreaves modificado en 1983.
7. Los coeficientes  $ET/E_v$  fueron determinados para las etapas fenológicas de desarrollo vegetativo, floración, fructificación y cosecha siendo estos de 0.65, 0.72, 0.57 y 0.34 respectivamente.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Repetir este tipo de investigación en la misma región, época, tipo de suelo y cultivo con el objeto de hacer más consistentes los resultados obtenidos. También se recomienda realizarlos en otras regiones y cultivos.
2. En futuras investigaciones semejantes a esta se recomienda iniciar los tratamientos desde el momento del transplante, ya que los resultados podrían variar en relación a los obtenidos dejando un período de establecimiento.
3. Considerando que el rendimiento que se llegó a obtener a partir del experimento; en donde los tratamientos de 8, 12 y 16 días fueron los que mejores resultados aportaron se recomienda que mediante la búsqueda de medios de transferencia hacia los agricultores de la región se utilice un intervalo de riego que varíe entre estas frecuencias.
4. Habiendo determinado que el mayor consumo de agua se produce en la etapa de fructificación; se recomienda para posteriores investigaciones de este tipo, se evalúen varias etapas fenológicas del cultivo, lo cual se podría iniciar con dos etapas, así, antes y después de la fructificación.
5. Se recomienda que el muestreo para determinar el consumo de humedad para todos los tratamientos se efectúe con intervalo mínimo correspondiente a la frecuencia mínima evaluada.
6. Para el cálculo de evapotranspiración en el cultivo del tomate en esta región se recomienda utilizar la

fórmula de Hargreaves modificado en 1983 para estimar la evapotranspiración al tratamiento de 8 días únicamente.

7. Se recomienda en futuras investigaciones obtener muestras de tres estratos de profundidad en el suelo, 0-30, 30-60 y 60-90 cm., con el objeto de determinar si existe influencia del último estrato sobre los otros.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUA SU aprovechamiento en la agricultura. Trad. por J. Meza Nieto. México, Herrero, 1966. pp. 370-407.
2. AGUILERA CONTRERAS, M. y MARTINEZ, R. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. México, Editora de periódicos, libros y revistas, 1980. pp. 252-255.
3. ANDRINO A., F. J. Efecto en los rendimientos de tomate (Lycopersicum esculentum L.) de cinco frecuencias de riego y verificación de la adaptabilidad de fórmulas empíricas para la estimación de evapotranspiración - en El Oasis, La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 99 p.
4. BARILLAS K., 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, 1983. 69 p.
5. DOOREMBOS, J. y KASSAM, A. H. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO. Riego y Drenaje no. 33. 1979. 212 p.
6. EDMON, J. B., SENN, T. L. y ANDREWS, F. S. Principios de horticultura. 3a. ed. México, CECSA, 1976. 575 p.
7. FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 212 p.
8. GONZALEZ R., J. Los costos de producción de la empresa agrícola. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1979. 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. CI-DIAT. Texto no. RD-8. 1975. 88 p.
10. HARGREAVES, H. G. Estimating crop evapotranspiration requirements. s. n. t.
11. ISRAEL. UNIVERSIDAD HEBREA DE JERUSALEM, FACULTAD DE AGRICULTURA. Técnicas y métodos para el uso eficiente del agua en la agricultura. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1975. pp. 1-9.
12. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. E. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté, 1969. 396 p.

## Bibliografía

13. LEON GALLEGOS, H. y AROSEMENA, M. El cultivo del tomate para consumo en fresco en el valle de Culiacán. México, INIA-SARH, 1980. 184 p.
14. PALACIOS VELEZ, E. Cuanto, cuando y como regar. México Dirección General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico no. 195. 1963. 138 p.
15. PERU. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Generalidades en el cultivo de hortalizas. Perú, 1977. pp. 177-143, 196-198.
16. RABIN, S., GAN, R. y BAGG, J. Cultivo de tomate. Guatemala, Ministerio de Agricultura, s. f. 18 p.
17. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. Trad. por Emilio Avila de la Torre. México, Diana, 1972. 99 p.
18. SILVAS RIOS, J. et al. Guía para producir tomates frescos en el valle del Mayo. México, INIA-SARH. Folleto para Productores no. 1. 1981. 10 p.
19. SOBERANIS L., J. L. Efecto de la frecuencia de riego y medición de la evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum L.) en la unidad de riego El Rancho-Jícara. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 64 p.
20. VENEZUELA. FUNDACION DEL SERVICIO PARA EL AGRICULTOR. Solanaceas, tomates, ají, pimentón y berenjena. Venezuela, Editorial Texto, 1975. pp. 38-41.
21. WHITERS, B. y VIPOND, S. El riego, diseño y práctica. México, Diana, 1978. 122 p.
22. ZEA MORALES, J. L. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo del tomate (Lycopersicum esculentum L.) en un suelo de la serie Chicaj del valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 78 p.

10. 130.  
*Patricia*



X. A P E N D I C E

CUADRO 1. RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO EN Kg/Ha POR TRATAMIENTO Y REPETICION.

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |          |          |          | TOTAL     | MADIA    |
|-------------------|-------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|                   | I                       | II       | III      | IV       |           |          |
| F-8               | 7575.32                 | 8611.69  | 14033.77 | 14845.45 | 45066.23  | 11266.50 |
| F-12              | 8732.47                 | 9681.82  | 10189.61 | 12542.61 | 41146.76  | 10286.70 |
| F-16              | 8848.05                 | 8466.23  | 8862.640 | 8776.62  | 34354.54  | 8588.64  |
| F-20              | 7289.61                 | 4754.54  | 7244.16  | 9871.43  | 29159.74  | 7289.94  |
| F-24              | 8541.56                 | 8200.00  | 8387.01  | 8376.62  | 33505.20  | 8376.30  |
| F-28              | 4594.81                 | 5183.12  | 4629.87  | 6780.52  | 21188.31  | 5297.08  |
| TOTAL             | 45581.82                | 44897.40 | 52748.05 | 61193.51 | 204420.80 | 8517.53  |

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA

| F. V.        | G.L. | S. C.        | C. M.       | Fc   | Ft | 0.05 |
|--------------|------|--------------|-------------|------|----|------|
| Repeticiones | 3    | 28919548.89  | 9639849.63  | 3.95 |    | 3.29 |
| Tratamientos | 5    | 90361478.13  | 18072295.63 | 7.40 |    | 2.90 |
| Error        | 15   | 36629258.19  | 2441950.55  |      |    |      |
| Total        | 23   | 155910285.20 |             |      |    |      |

CUADRO 3. PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO

| TRATAMIENTO | MEDIA (Kg/Ha) |
|-------------|---------------|
| F-8         | 11266.56      |
| F-12        | 10286.69      |
| F-16        | 8588.64       |
| F-24        | 8376.30       |
| F-20        | 7289.94       |
| F-28        | 5297.08       |



CUADRO 4. RESULTADOS ORGANIZADOS PARA NUMERO DE FRUTOS TOTALES POR TRATAMIENTO Y REPETICION

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |      |      |       | TOTAL | MEDIA  |
|-------------------|-------------------------|------|------|-------|-------|--------|
|                   | I                       | II   | III  | IV    |       |        |
| F-8               | 1079                    | 1393 | 2333 | 2130  | 6935  | 1733.7 |
| F-12              | 1394                    | 939  | 1949 | 2499  | 6781  | 1695.3 |
| F-16              | 1176                    | 1431 | 1108 | 2461  | 6176  | 1544.0 |
| F-20              | 1145                    | 1027 | 1564 | 2079  | 5815  | 1453.8 |
| F-24              | 1683                    | 1033 | 1769 | 804   | 5289  | 1322.2 |
| F-24              | 964                     | 974  | 949  | 1478  | 4365  | 1091.3 |
| TOTAL             | 7441                    | 6797 | 9672 | 11451 | 35361 | 1473.4 |

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE FRUTOS TOTALES TRANSFORMADOS CON RAIZ CUADRADA.

| F. V.        | G.L. | S.C.    | C.M.   | Fc   | Ft 0.05 |
|--------------|------|---------|--------|------|---------|
| Repeticiones | 3    | 339.38  | 113.13 | 3.47 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 189.95  | 37.99  | 1.16 | 2.90    |
| Error        | 15   | 488.65  | 32.58  |      |         |
| Total        | 23   | 1017.98 |        |      |         |

CUADRO 6. RESULTADOS ORGANIZADOS PARA NUMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR TRATAMIENTO Y REPETICION.

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |      |      |       | TOTAL | MEDIA   |
|-------------------|-------------------------|------|------|-------|-------|---------|
|                   | I                       | II   | III  | IV    |       |         |
| F-8               | 1015                    | 1309 | 2139 | 1942  | 6405  | 1601.3  |
| F-12              | 1274                    | 848  | 1768 | 2206  | 6096  | 1524.0  |
| F-16              | 1049                    | 1288 | 988  | 2267  | 5592  | 1398.0  |
| F-20              | 956                     | 857  | 1345 | 1834  | 4992  | 1248.0  |
| F-24              | 1514                    | 805  | 1442 | 627   | 4388  | 1097.0  |
| F-24              | 851                     | 827  | 838  | 1257  | 3773  | 943.2   |
| TOTAL             | 6659                    | 5934 | 8520 | 10133 | 31246 | 1301.92 |

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA CON DATOS TRANSFORMADOS CON RAIZ CUADRADA PARA NUMERO DE FRUTOS COMERCIALES/PARCELA.

| F. V.        | G.L. | S.C.    | C.M.  | Fc   | Ft 0.05 |
|--------------|------|---------|-------|------|---------|
| Repeticiones | 3    | 298.18  | 99.39 | 3.15 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 241.32  | 48.26 | 1.53 | 2.90    |
| Error        | 15   | 472.73  | 31.52 |      |         |
| TOTAL        | 23   | 1012.23 |       |      |         |

CUADRO 8. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS FINALES POR TRATAMIENTOS Y REPETICION.

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |     |     |     | TOTAL | MEDIA |
|-------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|
|                   | I                       | II  | III | IV  |       |       |
| F-8               | 109                     | 110 | 123 | 110 | 452   | 113   |
| F-12              | 131                     | 111 | 130 | 129 | 501   | 125.2 |
| F-16              | 121                     | 141 | 114 | 138 | 514   | 128.8 |
| F-20              | 126                     | 113 | 123 | 133 | 495   | 123.7 |
| F-24              | 116                     | 140 | 125 | 109 | 490   | 122.5 |
| F-28              | 129                     | 111 | 127 | 116 | 483   | 120.7 |
| TOTAL             | 732                     | 726 | 742 | 735 | 2935  | 122.3 |

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA CON DATOS TRANSFORMADOS CON RAIZ CUADRADA PARA NUMERO DE PLANTAS VIVAS FINALES.

| F. V.        | G.L. | S.C.  | C.M.   | Fc     | Ft 0.05 |
|--------------|------|-------|--------|--------|---------|
| Repeticiones | 3    | 0.054 | 0.0179 | 0.0715 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 1.123 | 0.2245 | 0.8980 | 2.90    |
| Error        | 15   | 3.751 | 0.25   |        |         |
| TOTAL        | 23   | 4.927 |        |        |         |

CUADRO 10. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA GRADOS BRUX.

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |       |       |       | TOTAL  | MEDIA |
|-------------------|-------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                   | I                       | II    | III   | IV    |        |       |
| F-8               | 3.80                    | 4.15  | 4.05  | 4.85  | 16.85  | 4.21  |
| F-12              | 4.95                    | 4.30  | 4.40  | 4.35  | 18.00  | 4.50  |
| F-16              | 6.70                    | 4.70  | 4.50  | 5.20  | 21.10  | 5.28  |
| F-20              | 5.30                    | 5.45  | 5.65  | 4.80  | 21.20  | 5.30  |
| F-24              | 5.15                    | 5.65  | 5.55  | 6.65  | 23.00  | 5.75  |
| F-28              | 6.15                    | 5.05  | 5.10  | 5.35  | 21.65  | 5.41  |
| TOTAL             | 32.05                   | 29.30 | 29.25 | 31.20 | 121.80 | 5.08  |

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRUX

| F. V.        | G.L. | S.C.      | C.M.     | Fc   | Ft 0.05 |
|--------------|------|-----------|----------|------|---------|
| Repeticiones | 3    | 0.980713  | 0.326904 | 0.93 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 6.938721  | 1.387744 | 3.96 | 2.90    |
| Error        | 15   | 5.2604.37 | 0.350696 |      |         |
| Total        | 23   | 12.179870 |          |      |         |

CUADRO 12. MEDIAS ORDENADAS Y PRUEBA DE TUKEY PARA GRADOS BRUX.

| TRATAMIENTO | MEDIA |
|-------------|-------|
| F-24        | 5.75  |
| F-28        | 5.41  |
| F-20        | 5.30  |
| F-16        | 5.28  |
| F-12        | 4.50  |
| F-8         | 4.21  |

CUADRO 13. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ.

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |      |      |      | TOTAL | MEDIA |
|-------------------|-------------------------|------|------|------|-------|-------|
|                   | I                       | II   | III  | IV   |       |       |
| F-8               | 0.51                    | 0.44 | 0.44 | 0.52 | 1.89  | 0.47  |
| F-12              | 0.46                    | 0.42 | 0.46 | 0.45 | 1.79  | 0.45  |
| F-16              | 0.38                    | 0.56 | 0.67 | 0.34 | 1.94  | 0.49  |
| F-20              | 0.59                    | 0.45 | 0.58 | 0.75 | 2.37  | 0.59  |
| F-24              | 0.56                    | 0.66 | 0.42 | 0.70 | 2.33  | 0.58  |
| F-28              | 0.53                    | 0.42 | 0.62 | 0.51 | 2.08  | 0.52  |
| TOTAL             | 3.04                    | 2.93 | 3.18 | 3.26 | 12.41 | 0.52  |

CUADRO 14. ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ.

| F. V.        | G.L. | S.C.     | C.M.     | Fc     | Ft 0.05 |
|--------------|------|----------|----------|--------|---------|
| Repeticiones | 3    | 0.010977 | 0.003659 | 0.2971 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 0.071384 | 0.014277 | 1.1592 | 2.90    |
| Error        | 15   | 0.18475  | 0.012316 |        |         |
| Total        | 23   | 0.267106 |          |        |         |

CUADRO 15. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA CONSISTENCIA.

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |      |      |      | TOTAL | MEDIA |
|-------------------|-------------------------|------|------|------|-------|-------|
|                   | I                       | II   | III  | IV   |       |       |
| F-8               | 15.4                    | 16.2 | 17.0 | 24.0 | 72.6  | 18.15 |
| F-12              | 17.9                    | 15.8 | 14.7 | 14.5 | 62.9  | 15.72 |
| F-16              | 14.92                   | 16.8 | 14.4 | 13.5 | 59.6  | 14.92 |
| F-20              | 14.9                    | 11.6 | 15.7 | 17.4 | 59.6  | 14.92 |
| F-24              | 19.2                    | 14.1 | 13.6 | 9.5  | 56.4  | 14.11 |
| F-28              | 18.0                    | 12.7 | 13.0 | 11.5 | 55.2  | 13.80 |
| TOTAL             | 100.39                  | 87.2 | 88.4 | 90.4 | 366.5 | 15.27 |

CUADRO 16. ANALISIS DE VARIANZA PARA CONSISTENCIA

| F. V.        | G.L. | S.C.      | C.M.     | Fc   | Ft 0.05 |
|--------------|------|-----------|----------|------|---------|
| Repeticiones | 3    | 17.97754  | 5.992513 | 0.68 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 49.00147  | 9.800293 | 1.11 | 2.90    |
| Error        | 15   | 132.73580 | 8.849056 |      |         |
| Total        | 23   | 199.71490 |          |      |         |

CUADRO 17. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD PARA pH

| TRATA-<br>MIENTOS | R E P E T I C I O N E S |       |       |       | TOTAL | MEDIA |
|-------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | I                       | II    | III   | IV    |       |       |
| F-8               | 4.21                    | 4.02  | 4.04  | 4.12  | 16.39 | 4.10  |
| F-12              | 4.10                    | 4.12  | 4.03  | 4.12  | 16.38 | 4.09  |
| F-16              | 3.84                    | 3.86  | 4.04  | 4.04  | 15.76 | 3.94  |
| F-20              | 4.06                    | 4.03  | 3.88  | 4.02  | 15.98 | 3.99  |
| F-24              | 4.04                    | 4.06  | 4.02  | 3.91  | 16.03 | 4.01  |
| F-28              | 3.99                    | 4.04  | 4.10  | 4.34  | 16.48 | 4.12  |
| TOTAL             | 24.25                   | 24.11 | 24.11 | 24.55 | 97.03 | 4.04  |

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA

| F. V.        | G.L. | S. C.    | C.M.     | Fc     | Ft 0.05 |
|--------------|------|----------|----------|--------|---------|
| Repeticiones | 3    | 0.20813  | 0.006938 | 0.6928 | 3.29    |
| Tratamientos | 5    | 0.099030 | 0.019806 | 1.9778 | 2.90    |
| Error        | 15   | 0.150208 | 0.010014 |        |         |
| Total        | 23   | 0.270050 |          |        |         |

CUADRO 19. NUMERO DE RIEGOS Y LAMINA CONSUMIDA EN CADA RIEGO POR TRATAMIENTO.

| ESTRATO<br>(cm)                        | TRATA<br>No. MIENTO<br>RIEGO | F-8   | F-12  | F-16  | F-20  | F-24  | F-28  |
|--|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  |                              | 0-30  | 1     | 1.14  | 1.43  | 1.56  | 1.95  |
| 30-60                                  |                              | 1.05  | 1.60  | 1.92  | 0.76  | 3.05  | 0.50  |
| 0-30                                   | 2                            | 1.68  | 2.48  | 2.19  | 2.20  | 3.99  | 1.43  |
| 30-60                                  |                              | 0.92  | 3.03  | 1.78  | 1.29  | 2.68  | 1.56  |
| 0-30                                   | 3                            | 1.64  | 2.77  | 2.55  | 4.09  | 1.77  | 1.25  |
| 30-60                                  |                              | 1.73  | 2.44  | 1.98  | 2.65  | 1.63  | 1.62  |
| 0-30                                   | 4                            | 2.62  | 2.23  | 2.86  | 1.64  |       |       |
| 30-60                                  |                              | 1.84  | 2.09  | 3.00  | 2.62  |       |       |
| 0-30                                   | 5                            | 3.78  | 1.92  | 1.02  |       |       |       |
| 30-60                                  |                              | 1.12  | 2.53  | 0.74  |       |       |       |
| 0-30                                   | 6                            | 2.11  | 1.39  |       |       |       |       |
| 30-60                                  |                              | 1.74  | 0.91  |       |       |       |       |
| 0-30                                   | 7                            | 1.36  |       |       |       |       |       |
| 30-60                                  |                              | 1.86  |       |       |       |       |       |
| 0-30                                   | 8                            | 1.41  |       |       |       |       |       |
| 30-60                                  |                              | 1.32  |       |       |       |       |       |
| 0-30                                   | 9                            | 1.46  |       |       |       |       |       |
| 30-60                                  |                              | 1.23  |       |       |       |       |       |
| Consumo de riegos<br>generales<br>(cm) |                              | 4.11  | 4.11  | 4.11  | 4.11  | 4.11  | 4.11  |
| Lámina total<br>Consumida (cm)         |                              | 34.12 | 28.93 | 23.71 | 21.31 | 20.93 | 13.52 |

CUADRO 20. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR EL METODO DE BLANEY - CRIDDLE, PERIODO DEL 5-2-85 AL 18-4-85.

| SEMANAS | FRAC-<br>CION | T°<br>MEDIA | m    | P    | fi   | Kt   | (1)<br>fiKt | (2)<br>Kc |        | 1<br>ET', 2 |        | F.a.  |        | ET          |      |
|---------|---------------|-------------|------|------|------|------|-------------|-----------|--------|-------------|--------|-------|--------|-------------|------|
|         |               |             |      |      |      |      |             | S.C.S     | C.U.H. | S.C.S       | C.U.H. | S.C.S | C.U.H. | S.C.S       | C.U. |
| 1       | 1             | 24.87       | 1.96 | 1.68 | 3.29 | 1.01 | 3.32        | 0.43      | 0.23   | 1.43        | 0.75   | 0.85  | 0.92   | 1.22        | 0.70 |
| 2       | 1             | 26.84       | 2.05 | 1.73 | 3.55 | 1.06 | 3.76        | 0.44      | 0.33   | 1.65        | 1.23   | 0.85  | 0.92   | 1.42        | 1.14 |
| 3       | 1             | 27.59       | 2.08 | 1.84 | 3.83 | 1.10 | 4.21        | 0.45      | 0.48   | 1.89        | 2.02   | 0.85  | 0.92   | 1.61        | 1.85 |
| 4       | 1             | 24.30       | 1.93 | 1.84 | 3.55 | 1.00 | 3.55        | 0.53      | 0.63   | 1.88        | 2.25   | 0.85  | 0.92   | 1.60        | 2.06 |
| 5       | 1             | 25.90       | 2.00 | 1.84 | 3.68 | 1.05 | 3.86        | 0.65      | 0.77   | 2.51        | 2.96   | 0.85  | 0.92   | 2.13        | 2.71 |
| 6       | 1             | 26.59       | 2.04 | 1.86 | 3.79 | 1.07 | 4.06        | 0.81      | 0.88   | 3.29        | 3.56   | 0.85  | 0.92   | 2.80        | 3.25 |
| 7       | 1             | 26.29       | 2.02 | 1.90 | 3.84 | 1.06 | 4.07        | 0.96      | 0.95   | 3.91        | 3.88   | 0.85  | 0.92   | 3.32        | 3.55 |
| 8       | 1             | 25.94       | 2.01 | 1.90 | 3.82 | 1.05 | 4.01        | 1.02      | 0.99   | 4.09        | 3.97   | 0.85  | 0.92   | 3.49        | 3.63 |
| 9       | 1             | 28.67       | 2.13 | 1.90 | 4.05 | 1.13 | 4.58        | 1.00      | 0.99   | 4.60        | 4.55   | 0.85  | 0.92   | 3.92        | 4.18 |
| 10      | 1             | 29.83       | 2.18 | 1.90 | 4.14 | 1.17 | 4.84        | 0.95      | 0.94   | 4.59        | 4.57   | 0.85  | 0.92   | 3.92        | 4.19 |
| 11      | 1             | 28.44       | 2.12 | 1.96 | 4.16 | 1.12 | 4.66        | 0.87      | 0.85   | 4.08        | 3.97   | 0.85  | 0.92   | 3.47        | 3.65 |
| 12      | 1             | 28.37       | 2.12 | 1.97 | 4.18 | 1.12 | 4.68        | 0.80      | 0.73   | 3.74        | 3.39   | 0.85  | 0.92   | 3.20        | 3.12 |
| 13      | 0.73          | 28.94       | 2.14 | 1.41 | 2.20 | 1.14 | 2.51        | 0.73      | 0.58   | 1.83        | 1.46   | 0.85  | 0.92   | 1.52        | 1.31 |
| 48.08   |               |             |      |      |      |      |             |           |        | 39.47 38.57 |        |       |        | 33.62 35.30 |      |

69

$$m = \frac{T + 17.8}{21.8}$$

$$Kt = 0.031144 T + 0.2396$$

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

fi

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

$$F.a. = \frac{Kg}{K'}$$

P = % de horas luz respecto al total anual

Kc = Coeficiente del cultivo

Kg = Coeficiente global del cultivo

F.a. = Factor de ajuste

$$ET = Kg \times F$$

S.C.S. = Servicio de Conservación de Suelo

C.U.H. = Curva Única de Hansen

CUADRO 21. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR EL METODO DE HARGREAVES MODIFICADO EN 1966- PERIODO DEL 5-2-85 AL 18-4-85.

| SEMA-<br>NAS | (2)<br>T° C<br>MEDIA<br>SEMANTAL | (3)<br>0.12P<br>d | Hn    | (4)<br>17.37<br>(1-0.01<br>Hn) | (5)<br>Kc | (mm)<br>1x2x3x<br>4x5<br>ET' | CORRECCIONES       |                          |         | (mm)<br>ET<br>Corregida | (mm)<br>ET<br>Acumulada |
|--------------|----------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-----------|------------------------------|--------------------|--------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|
|              |                                  |                   |       |                                |           |                              | %<br>Viento<br>(+) | %<br>Insola-<br>ción (-) | Altitud |                         |                         |
| 1            | 24.87                            | 0.202             | 43.11 | 9.88                           | 0.16      | 7.94                         | 10.39              | 18.33                    | 3.67    | 7.42                    | 7.42                    |
| 2            | 26.84                            | 0.208             | 34.86 | 11.31                          | 0.42      | 26.27                        | 13.68              | 18.14                    | 3.67    | 25.34                   | 32.76                   |
| 3            | 27.59                            | 0.221             | 35.70 | 11.17                          | 0.64      | 43.59                        | 7.20               | 17.67                    | 3.67    | 39.88                   | 72.64                   |
| 4            | 24.30                            | 0.221             | 40.64 | 10.31                          | 0.80      | 44.52                        | 12.96              | 17.67                    | 3.67    | 42.92                   | 115.56                  |
| 5            | 25.90                            | 0.221             | 43.51 | 9.81                           | 0.92      | 51.66                        | 7.51               | 17.67                    | 3.67    | 47.40                   | 162.96                  |
| 6            | 26.59                            | 0.223             | 37.41 | 10.87                          | 0.98      | 63.29                        | 8.69               | 16.19                    | 3.67    | 59.77                   | 222.73                  |
| 7            | 26.29                            | 0.228             | 39.02 | 10.59                          | 1.00      | 63.48                        | 11.21              | 12.50                    | 3.67    | 64.04                   | 286.77                  |
| 8            | 25.94                            | 0.228             | 54.21 | 7.95                           | 0.99      | 46.64                        | 38.21              | 12.50                    | 3.67    | 58.47                   | 345.24                  |
| 9            | 28.67                            | 0.228             | 45.89 | 9.40                           | 0.94      | 57.76                        | 30.76              | 12.50                    | 3.67    | 68.51                   | 413.75                  |
| 10           | 29.83                            | 0.228             | 41.18 | 10.22                          | 0.85      | 59.08                        | 23.74              | 12.50                    | 3.67    | 66.31                   | 480.06                  |
| 11           | 28.44                            | 0.235             | 33.91 | 11.47                          | 0.66      | 50.59                        | 11.79              | 12.00                    | 3.67    | 51.59                   | 531.65                  |
| 12           | 28.37                            | 0.236             | 35.22 | 11.26                          | 0.46      | 34.65                        | 14.20              | 11.92                    | 3.67    | 36.13                   | 567.78                  |
| 13           | 28.94                            | 0.169             | 35.77 | 11.16                          | 0.16      | 6.69                         | 14.20              | 11.92                    | 3.67    | 6.97                    | 574.75                  |
|              |                                  |                   |       |                                |           | 556.16                       |                    |                          |         | 574.75                  |                         |



CUADRO 22. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADO EN 1983 PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO, PERIODO DEL 5-2-85 AL 18-4-85

| DURACION DEL PERIODO SE MANAL | PROM. T° MAXIMA °C | PROM. T° MINIMA °C | TD °C | Ra mm/sem. | Rs mm/sem. | TEMP. MEDIA °F | ETp mm/sem. | Kc    | ETc mm/sem. | ETc ACUMULADO (mm) |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------|------------|------------|----------------|-------------|-------|-------------|--------------------|
| 1                             | 31.29              | 17.33              | 13.96 | 85.60      | 52.7       | 76.77          | 30.38       | 0.50  | 15.20       | 15.20              |
| 1                             | 35.11              | 16.07              | 19.04 | 88.09      | 63.42      | 80.31          | 38.20       | 0.60  | 22.92       | 38.12              |
| 1                             | 34.61              | 17.94              | 16.67 | 94.30      | 63.53      | 81.66          | 38.91       | 0.69  | 26.85       | 64.97              |
| 1                             | 31.09              | 16.03              | 15.06 | 94.30      | 60.38      | 75.74          | 34.30       | 0.79  | 27.10       | 92.07              |
| 1                             | 32.84              | 18.57              | 14.27 | 94.30      | 58.78      | 78.62          | 34.66       | 0.87  | 30.15       | 122.22             |
| 1                             | 33.67              | 17.49              | 16.18 | 96.99      | 64.37      | 79.86          | 38.56       | 0.95  | 36.63       | 158.85             |
| 1                             | 33.76              | 17.89              | 15.87 | 103.7      | 68.16      | 79.32          | 40.55       | 1.03  | 41.77       | 200.62             |
| 1                             | 33.13              | 20.71              | 12.42 | 103.7      | 60.30      | 78.69          | 35.60       | 1.006 | 35.81       | 236.43             |
| 1                             | 37.69              | 20.49              | 17.20 | 103.7      | 70.96      | 83.61          | 44.50       | 0.95  | 42.28       | 278.71             |
| 1                             | 36.11              | 21.03              | 15.08 | 103.7      | 66.45      | 85.69          | 42.70       | 0.89  | 38.00       | 316.71             |
| 1                             | 35.54              | 18.64              | 16.90 | 108.76     | 73.77      | 83.19          | 46.03       | 0.83  | 38.20       | 354.91             |
| 1                             | 35.21              | 19.71              | 15.50 | 109.6      | 71.20      | 83.07          | 44.36       | 0.76  | 33.71       | 388.62             |
| 0,73                          | 35.78              | 20.92              | 14.86 | 78.10      | 49.67      | 84.09          | 31.33       | 0.64  | 20.81       | 408.67             |
|                               |                    |                    |       |            |            |                |             |       | 408.67      |                    |

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

ETp = Evapotranspiración potencial

T°F = Temperatura media en °F

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

$$Rs = 0.165 \times Ra \times TD^{0.5}$$

RA = Radiación extraterrestre de acuerdo a la latitud.

TD = Diferencia entre T° máxima y mínima absolutas °C.

CUADRO 23. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL  
 POR EL METODO DE EVAPORACION DEL TANQUE.  
 PERIODO DEL 5-2-85 AL 18-4-85.

| SEMANA-<br>NAS | EVAPO-<br>RACION<br>(mm) | COEFI-<br>CIENTE<br>(C) | ETp<br>(mm) | S.C.S. |       | C.U.H. |       |
|----------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------|-------|--------|-------|
|                |                          |                         |             | Kc     | ET    | Kc     | ET    |
| 1              | 27.52                    | 0.70                    | 19.26       | 0.43   | 8.28  | 0.23   | 4.40  |
| 2              | 26.21                    | 0.70                    | 18.35       | 0.44   | 8.04  | 0.33   | 5.98  |
| 3              | 27.7                     | 0.70                    | 19.41       | 0.45   | 8.73  | 0.48   | 9.32  |
| 4              | 29.24                    | 0.70                    | 20.47       | 0.53   | 10.85 | 0.63   | 12.98 |
| 5              | 32.34                    | 0.70                    | 22.64       | 0.65   | 14.72 | 0.77   | 17.36 |
| 6              | 39.92                    | 0.70                    | 27.94       | 0.81   | 22.63 | 0.88   | 24.48 |
| 7              | 40.78                    | 0.70                    | 28.55       | 0.96   | 27.41 | 0.95   | 27.24 |
| 8              | 42.38                    | 0.75                    | 31.79       | 1.02   | 32.43 | 0.99   | 31.49 |
| 9              | 48.42                    | 0.70                    | 33.89       | 1.00   | 34.03 | 0.99   | 33.69 |
| 10             | 50.35                    | 0.70                    | 35.25       | 0.95   | 33.49 | 0.94   | 33.28 |
| 11             | 47.94                    | 0.70                    | 33.56       | 0.87   | 29.20 | 0.85   | 28.56 |
| 12             | 51.03                    | 0.70                    | 35.72       | 0.80   | 28.58 | 0.72   | 25.90 |
| 13             | 33.10                    | 0.70                    | 23.16       | 0.73   | 16.91 | 0.58   | 13.69 |

C = Es función de:  $\frac{275.30}{\text{Velocidad del viento, humedad relativa y cobertura vegetal.}}$

CUADRO 24. EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN cm. TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION DEL TANQUE MEDIDA EN CENTIMETROS.

| SEMANAS | F-8   | F-12  | F-16  | F-20  | F-24  | F-28  | BLANEY - CRIDDLE |       | HARGREAVES      |                 | TANQUE EVAPO-RIMETRO |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-----------------|-----------------|----------------------|-------|
|         |       |       |       |       |       |       | S.C.S.           | C.H.  | Modificado 1966 | Modificado 1983 | S.C.S                | C.H.  |
| 1       | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.22             | 0.70  | 0.74            | 1.52            | 0.83                 | 0.44  |
| 2       | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.42             | 1.14  | 2.53            | 2.29            | 0.80                 | 0.60  |
| 3       | 1.88  | 1.78  | 1.60  | 1.19  | 1.92  | 1.15  | 1.61             | 1.85  | 3.99            | 2.68            | 0.87                 | 0.93  |
| 4       | 2.12  | 1.77  | 1.52  | 0.95  | 1.97  | 0.89  | 1.60             | 2.06  | 4.29            | 2.71            | 1.08                 | 1.30  |
| 5       | 2.56  | 3.21  | 1.61  | 0.95  | 1.97  | 0.89  | 2.13             | 2.71  | 4.74            | 3.02            | 1.47                 | 1.74  |
| 6       | 3.22  | 3.16  | 1.74  | 1.18  | 1.96  | 0.89  | 2.80             | 3.25  | 5.78            | 3.66            | 2.26                 | 2.45  |
| 7       | 3.96  | 3.03  | 1.77  | 1.22  | 1.95  | 0.79  | 3.32             | 3.55  | 6.40            | 4.18            | 2.74                 | 2.72  |
| 8       | 4.29  | 2.74  | 1.98  | 1.22  | 1.95  | 0.75  | 3.49             | 3.63  | 5.85            | 3.58            | 3.25                 | 3.15  |
| 9       | 3.37  | 2.52  | 1.98  | 2.36  | 1.95  | 0.75  | 3.92             | 4.18  | 6.85            | 4.23            | 3.40                 | 3.37  |
| 10      | 2.90  | 2.59  | 2.48  | 2.36  | 1.09  | 0.75  | 3.92             | 4.19  | 6.63            | 3.80            | 3.35                 | 3.33  |
| 11      | 2.51  | 2.42  | 2.56  | 2.34  | 0.95  | 1.09  | 3.47             | 3.65  | 5.16            | 3.82            | 2.92                 | 2.86  |
| 12      | 2.37  | 1.34  | 1.88  | 2.29  | 0.95  | 1.22  | 3.20             | 3.12  | 3.61            | 3.37            | 2.86                 | 2.59  |
| 13      | 1.34  | 0.77  | 0.99  | 1.65  | 0.68  | 0.87  | 1.52             | 1.31  | 0.70            | 2.01            | 1.70                 | 1.36  |
| TOTAL   | 34.12 | 28.93 | 23.71 | 21.31 | 20.94 | 13.64 | 33.62            | 35.34 | 57.27           | 40.87           | 27.53                | 26.84 |

CUADRO 25. COEFICIENTES DE DETERMINACION " $r^2$ " DEL MODELO LINEAL DE LOS SEIS TRATAMIENTOS vrs. FORMULAS.

| TRATAMIENTOS<br>FORMULAS   | F-8  | F-12 | F-16 | F-20   | F-24  | F-28 |
|----------------------------|------|------|------|--------|-------|------|
| Blaney - Criddle S.C.S.    | 0.59 | 0.28 | 0.48 | 0.21   | 0.02  | 0.36 |
| Blaney - Criddle C.U.H.    | 0.62 | 0.40 | 0.41 | 0.08   | 0.001 | 0.52 |
| Hargreaves Modificado 1966 | 0.68 | 0.60 | 0.32 | 0.0008 | 0.09  | 0.47 |
| Hargreaves Modificado 1983 | 0.66 | 0.43 | 0.33 | 0.04   | 0.005 | 0.46 |
| Tanque evaporímetro S.C.S. | 0.53 | 0.16 | 0.35 | 0.24   | 0.08  | 0.40 |
| Tanque evaporímetro C.U.H. | 0.61 | 0.27 | 0.35 | 0.14   | 0.03  | 0.52 |

" $r^2$ " Tabulado al 0.1% de nivel de significancia = 0.64

CUADRO 26.

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

| SE-<br>MA-<br>NAS | EVAPORA<br>CION DE<br>TANQUE<br>(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  |       |
|                   |                                      | (cm)<br>ET              | (cm)<br>ET/EV | ET    | ET/EV | ET    | ET/EV | ET    | ET/EV | ET    | ET/EV | ET    | ET/EV |
| 1                 | 2.75                                 | 1.80                    | 0.65          | 1.80  | 0.65  | 1.80  | 0.65  | 1.80  | 0.65  | 1.80  | 0.65  | 1.80  | 0.65  |
| 2                 | 2.62                                 | 1.80                    | 0.69          | 1.80  | 0.69  | 1.80  | 0.69  | 1.80  | 0.69  | 1.80  | 0.69  | 1.80  | 0.69  |
| 3                 | 2.77                                 | 1.88                    | 0.68          | 1.78  | 0.64  | 1.60  | 0.58  | 1.19  | 0.43  | 1.92  | 0.69  | 1.15  | 0.42  |
| 4                 | 2.92                                 | 2.12                    | 0.73          | 1.77  | 0.61  | 1.52  | 0.52  | 0.95  | 0.32  | 1.97  | 0.67  | 0.89  | 0.30  |
| 5                 | 3.23                                 | 2.56                    | 0.79          | 3.21  | 0.99  | 1.61  | 0.50  | 0.95  | 0.29  | 1.97  | 0.61  | 0.89  | 0.28  |
| 6                 | 3.99                                 | 3.22                    | 0.81          | 3.16  | 0.79  | 1.74  | 0.44  | 1.18  | 0.30  | 1.96  | 0.49  | 0.89  | 0.22  |
| 7                 | 4.08                                 | 3.96                    | 0.97          | 3.03  | 0.74  | 1.77  | 0.43  | 1.22  | 0.30  | 1.95  | 0.48  | 0.79  | 0.19  |
| 8                 | 4.24                                 | 4.29                    | 1.01          | 2.74  | 0.65  | 1.98  | 0.47  | 1.22  | 0.29  | 1.95  | 0.46  | 0.75  | 0.18  |
| 9                 | 4.84                                 | 3.37                    | 0.70          | 2.52  | 0.52  | 1.98  | 0.41  | 2.36  | 0.49  | 1.95  | 0.40  | 0.75  | 0.15  |
| 10                | 5.04                                 | 2.90                    | 0.58          | 2.59  | 0.51  | 2.48  | 0.49  | 2.36  | 0.47  | 1.09  | 0.22  | 0.75  | 0.15  |
| 11                | 4.79                                 | 2.51                    | 0.52          | 2.42  | 0.50  | 2.56  | 0.53  | 2.34  | 0.49  | 0.95  | 0.20  | 1.09  | 0.23  |
| 12                | 5.10                                 | 2.37                    | 0.46          | 1.34  | 0.26  | 1.88  | 0.37  | 2.29  | 0.45  | 0.95  | 0.19  | 1.22  | 0.24  |
| 13                | 3.31                                 | 1.34                    | 0.40          | 0.77  | 0.23  | 0.99  | 0.30  | 1.65  | 0.50  | 0.68  | 0.20  | 0.87  | 0.26  |
| TOTAL             | 49.68                                | 34.12                   | 0.69          | 28.93 | 0.58  | 23.71 | 0.48  | 21.31 | 0.43  | 20.94 | 0.42  | 13.64 | 0.24  |

FIGURA 1

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-8

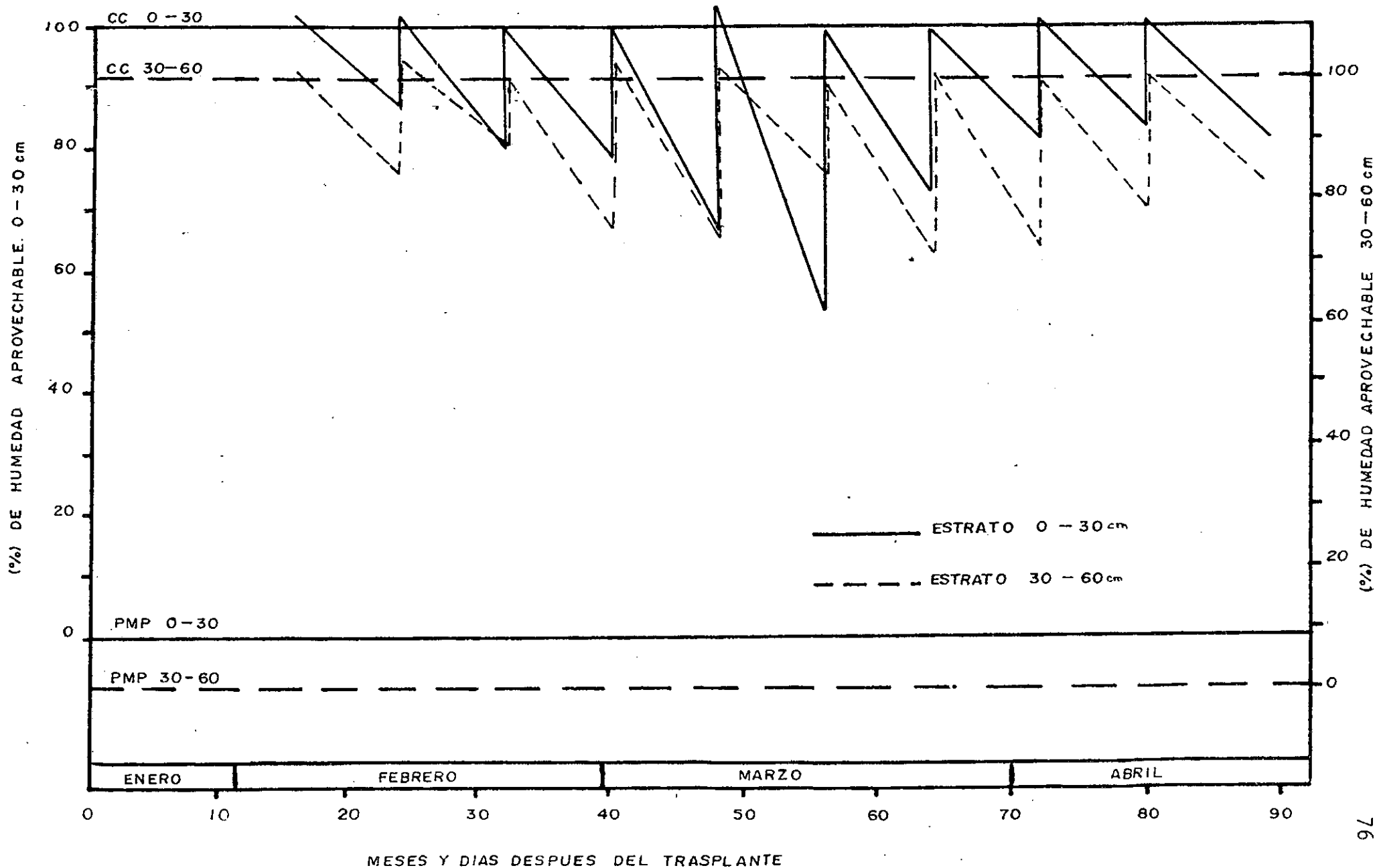


FIGURA 2

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-12

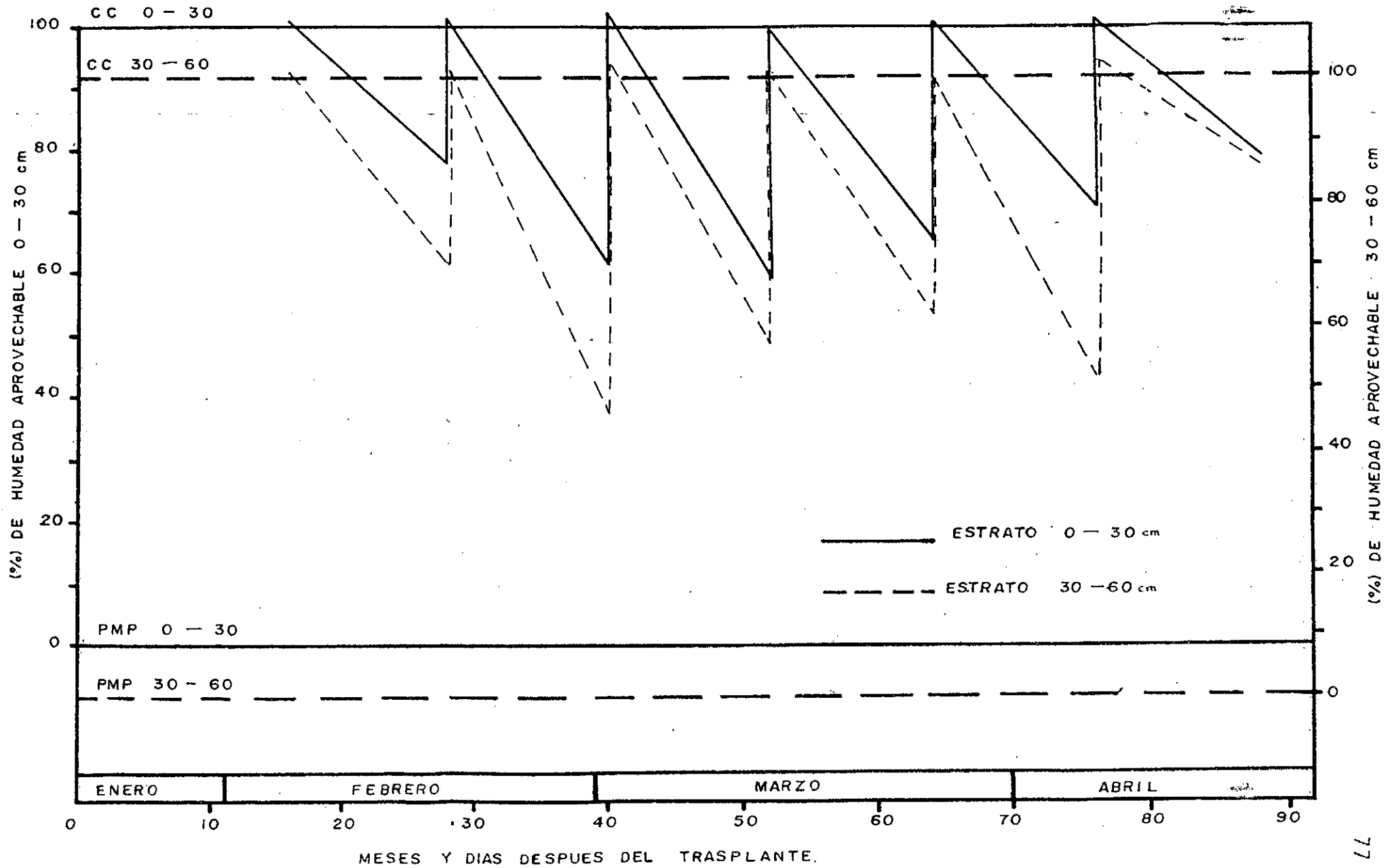


FIGURA 3

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-16

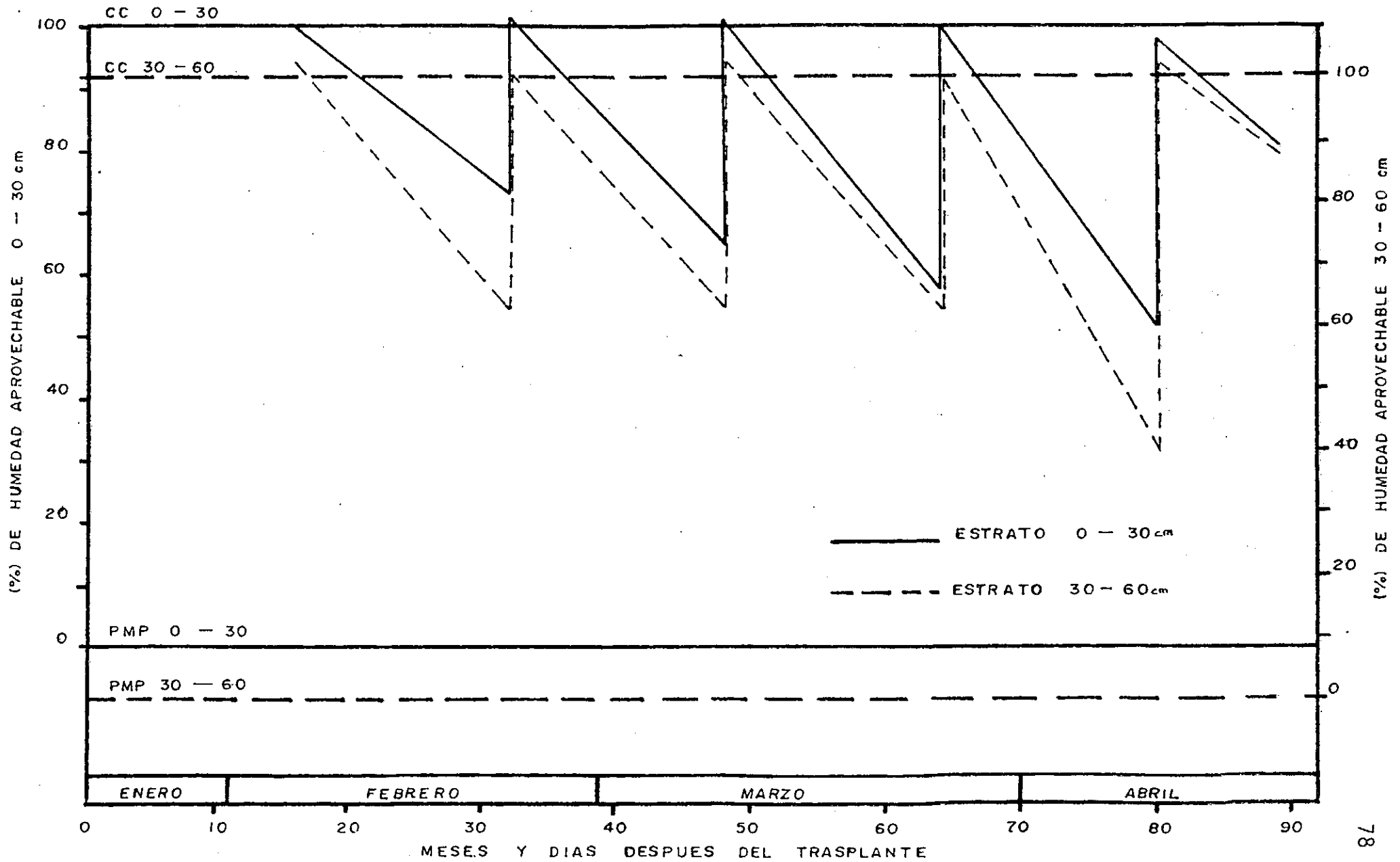




FIGURA 4

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-20

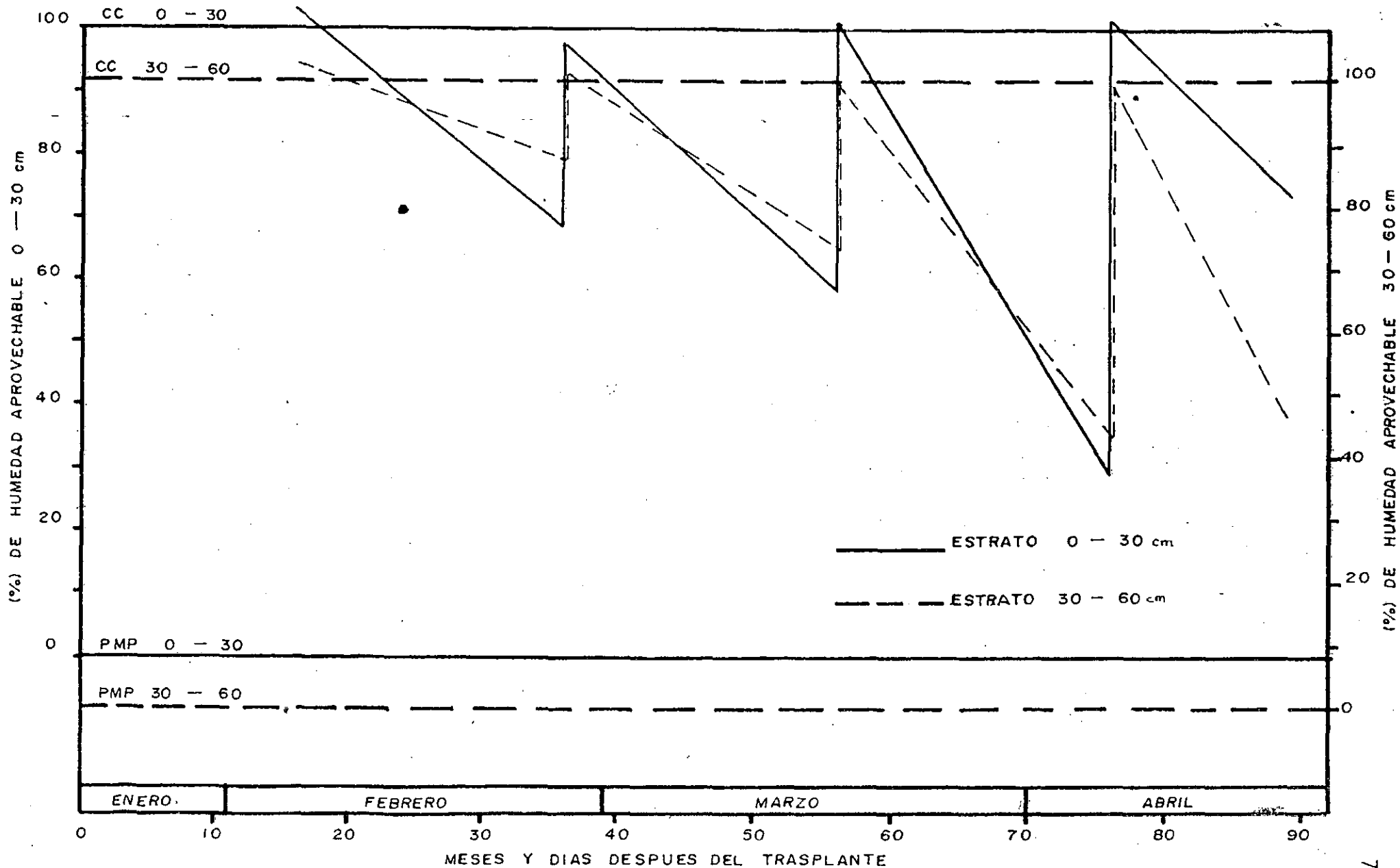


FIGURA 5

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-24

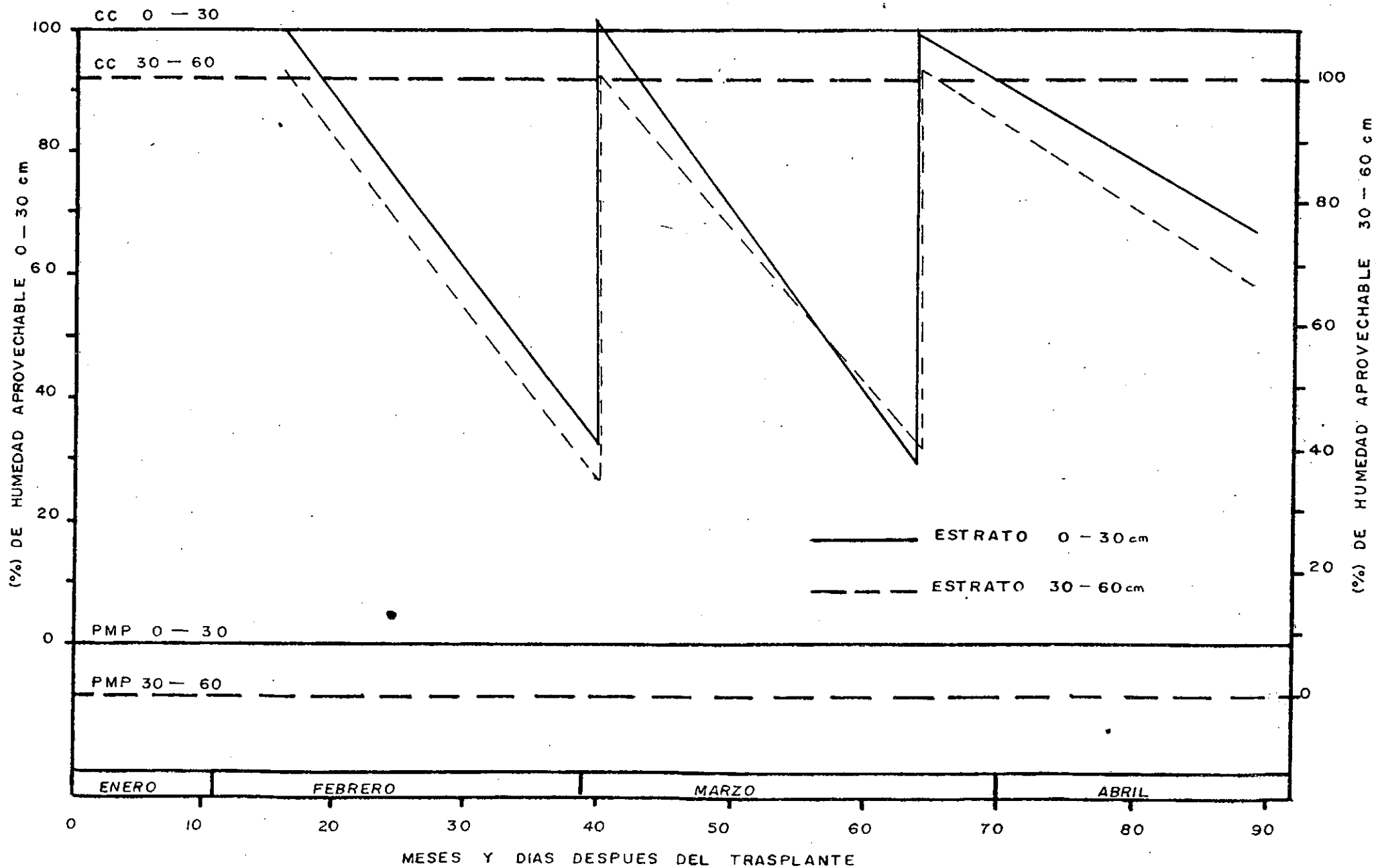


FIGURA 6

CONTROL DE HUMEDAD TRATAMIENTO F-28

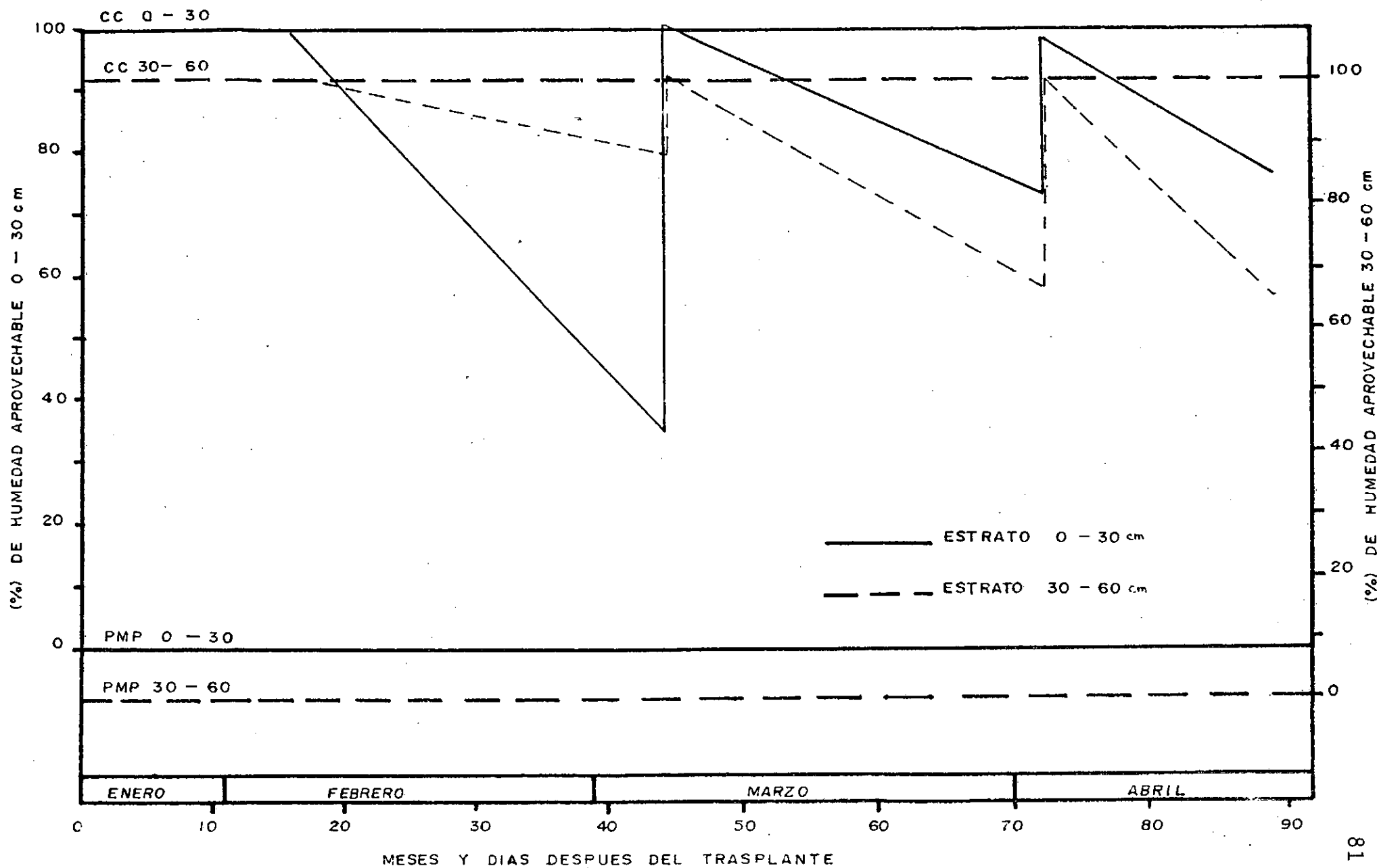


FIGURA 7

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-8 Y FORMULAS

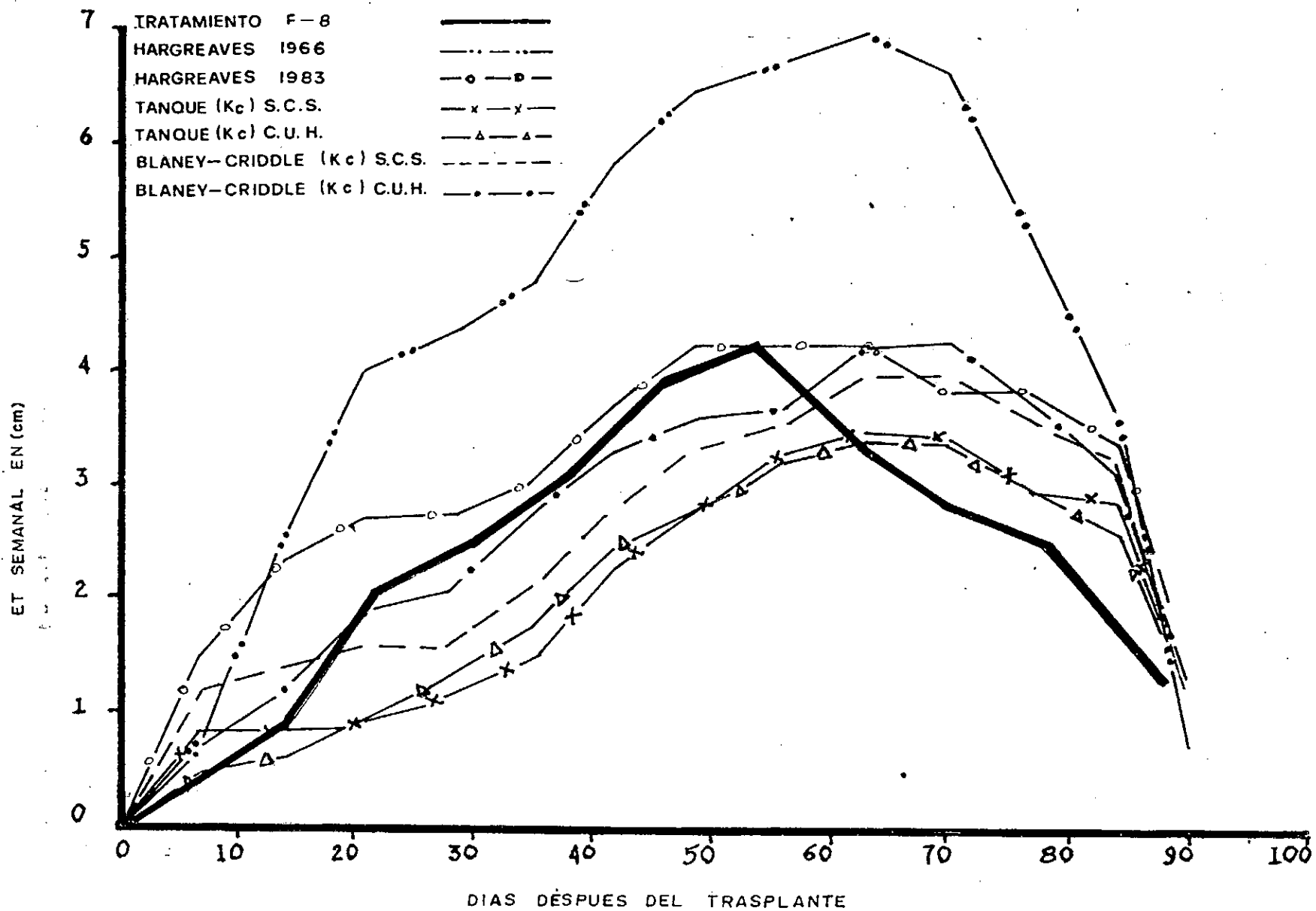


FIGURA 8

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-12 Y FORMULAS

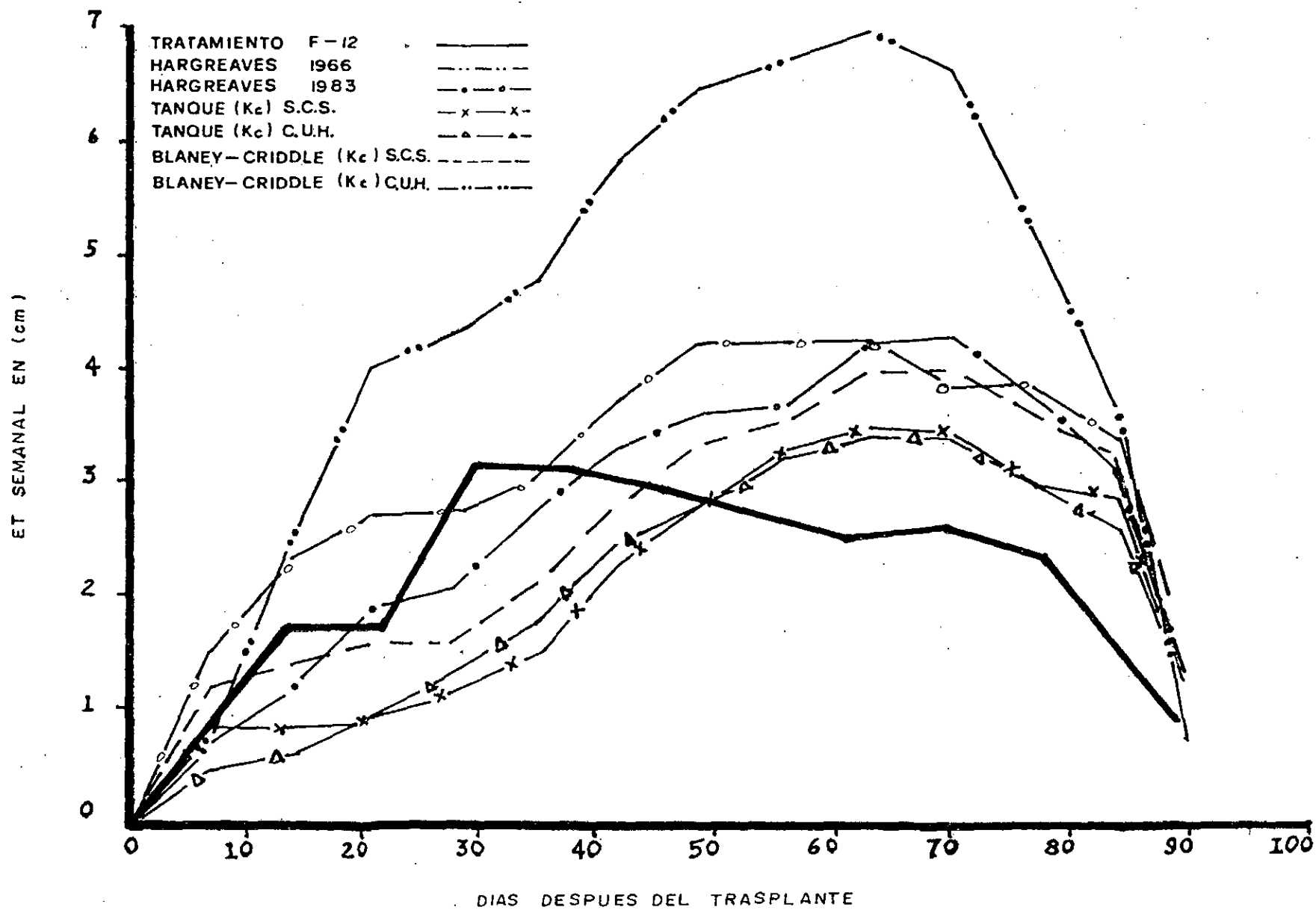


FIGURA 9

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-16 Y FORMULAS

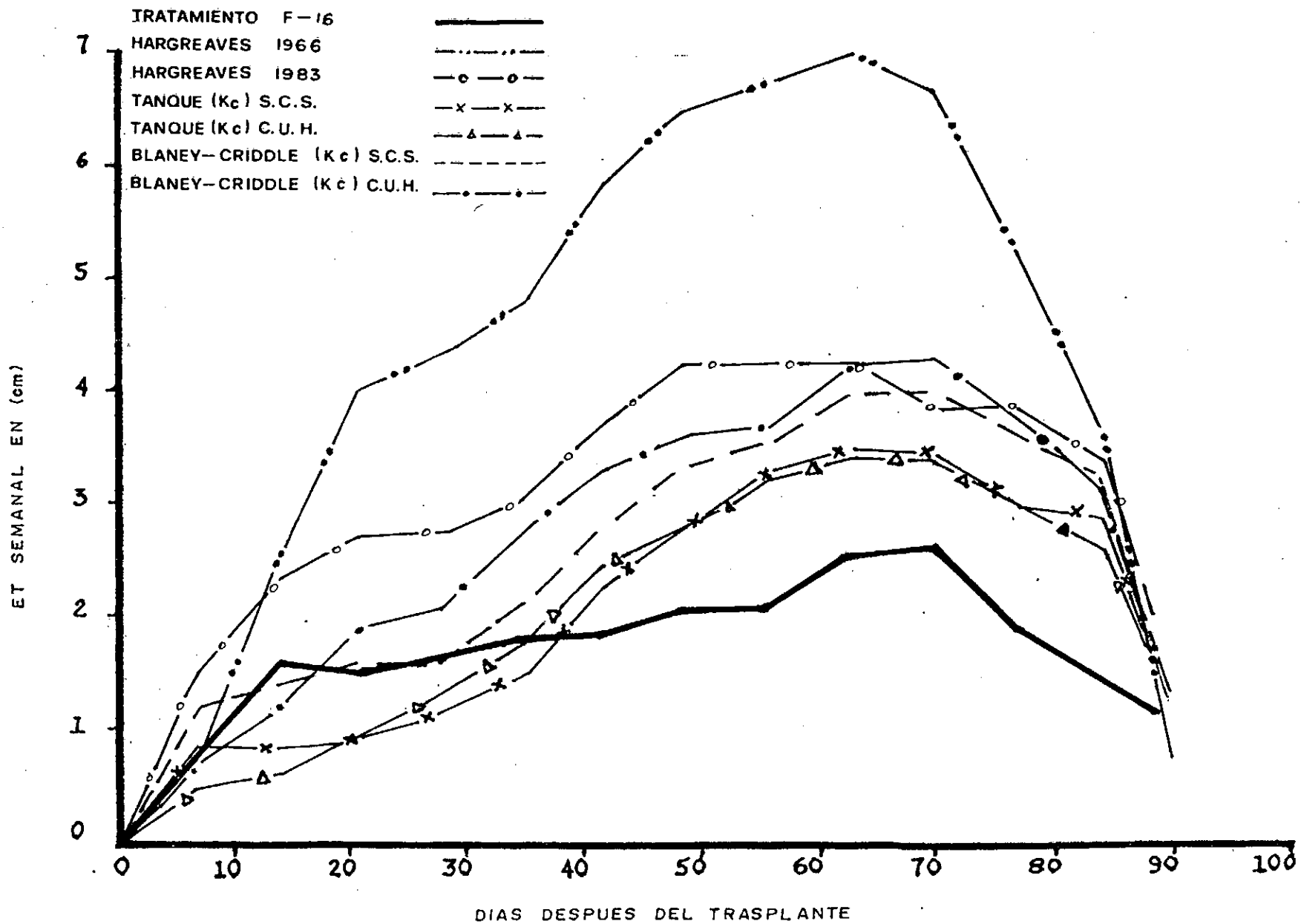


FIGURA 10

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-20 Y FORMULAS

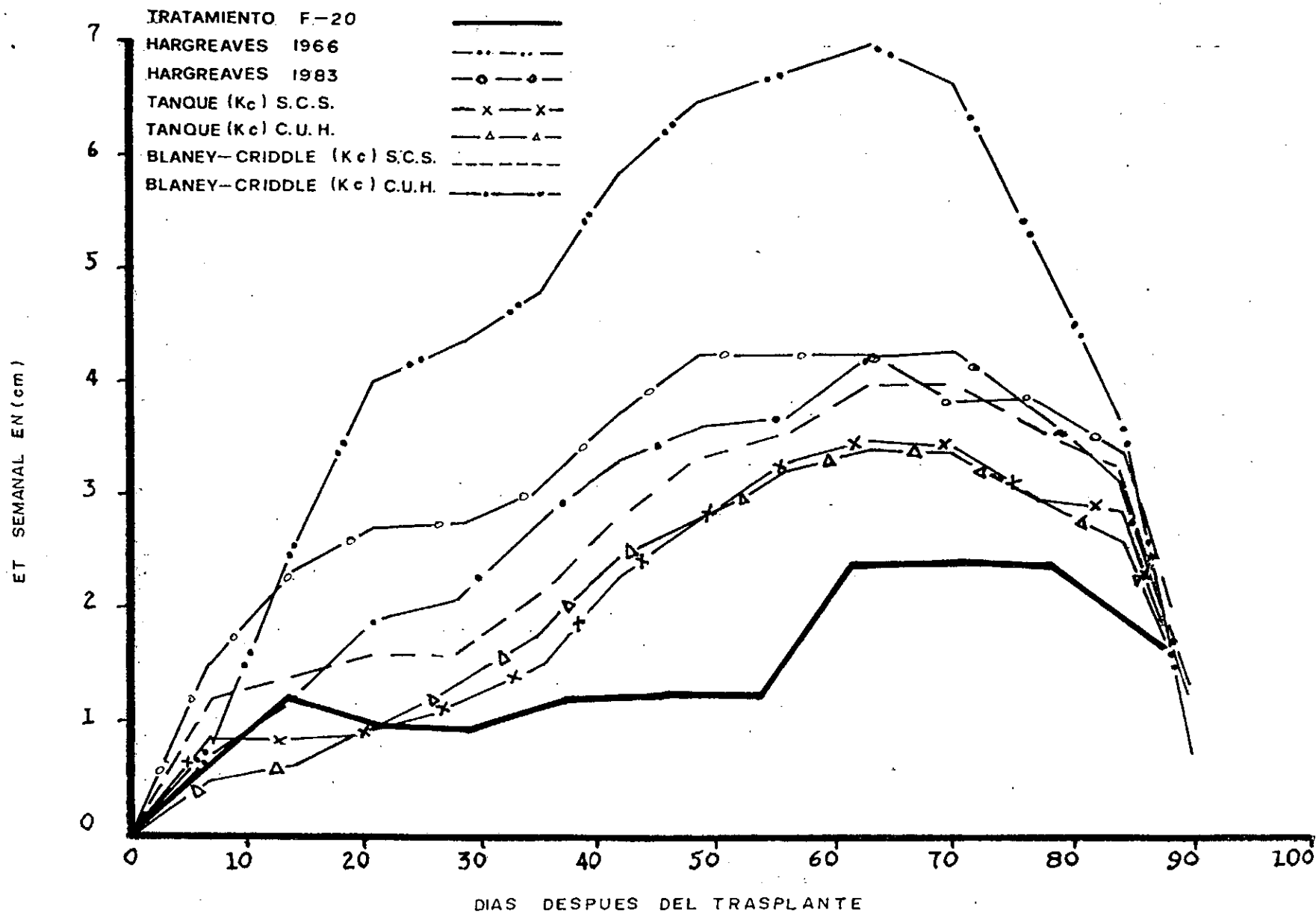


FIGURA 11

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-24 Y FORMULAS

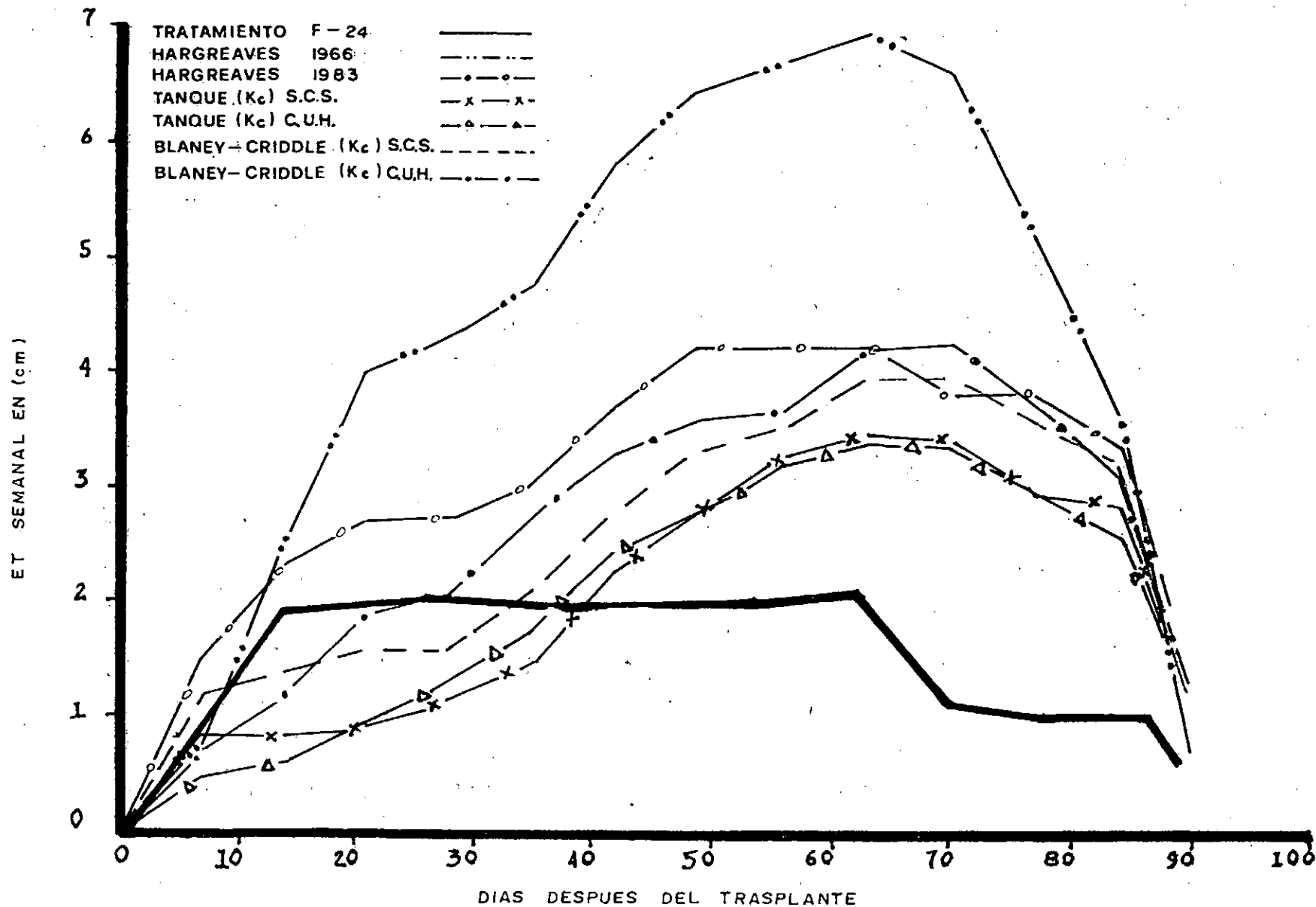
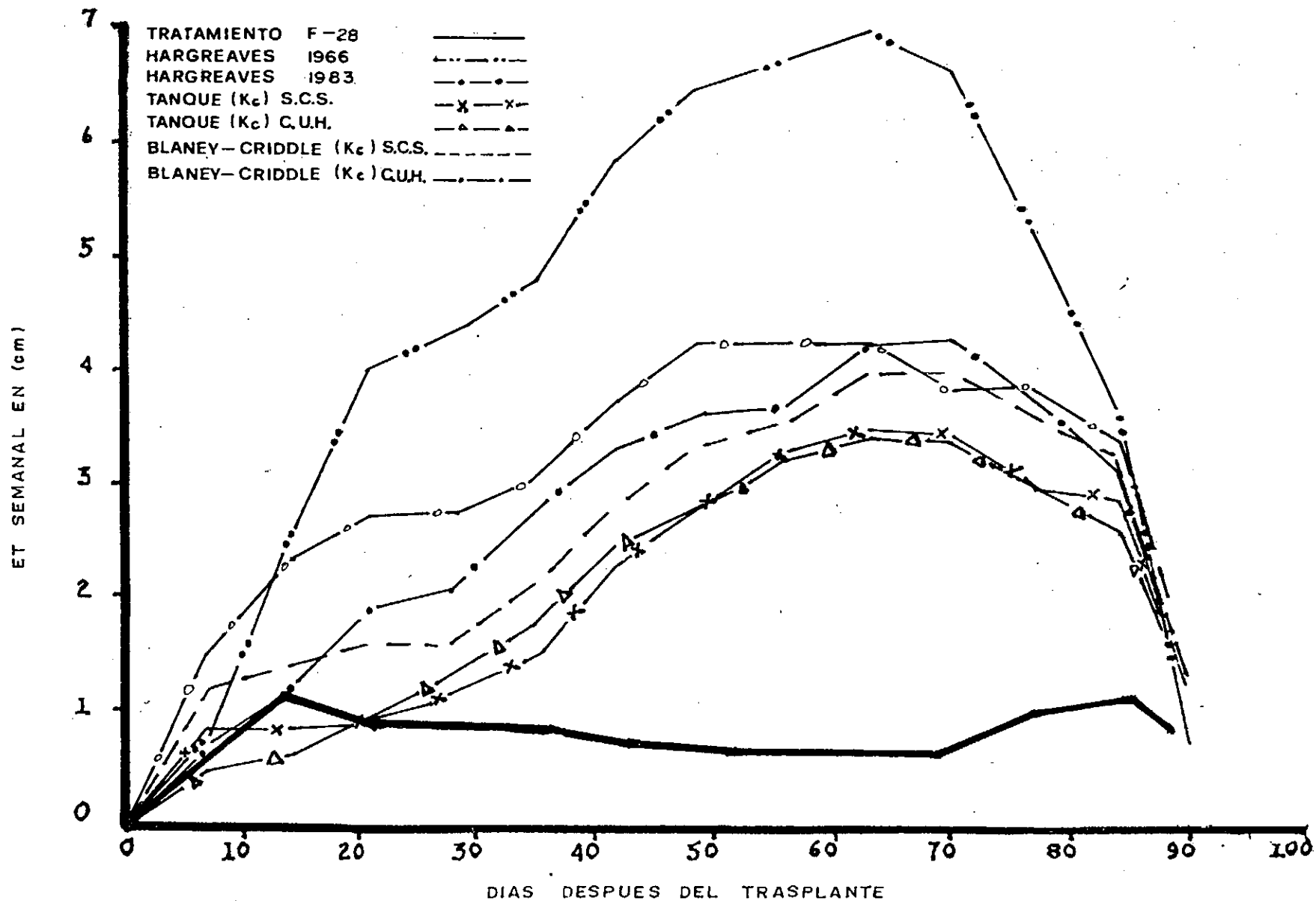




FIGURA 12

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL TRATAMIENTO F-28 Y FORMULAS



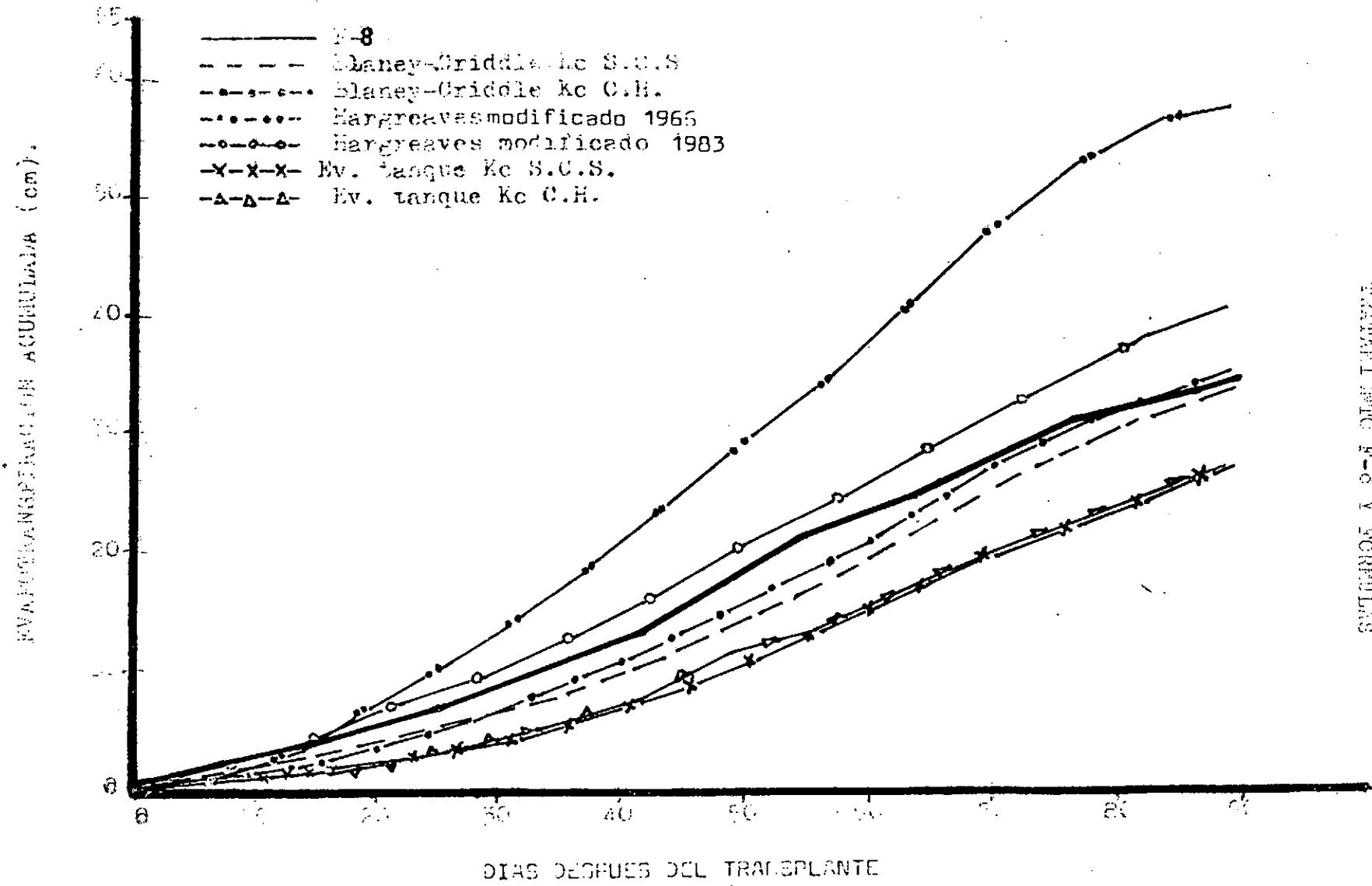


FIGURA No. 13  
 EVALENCIACION DE LA TEMPERATURA ACUMULADA  
 PARA DETERMINAR LA IRADACION ACUMULADA  
 EN EL CULTIVO DE P-8 Y FORMITAS

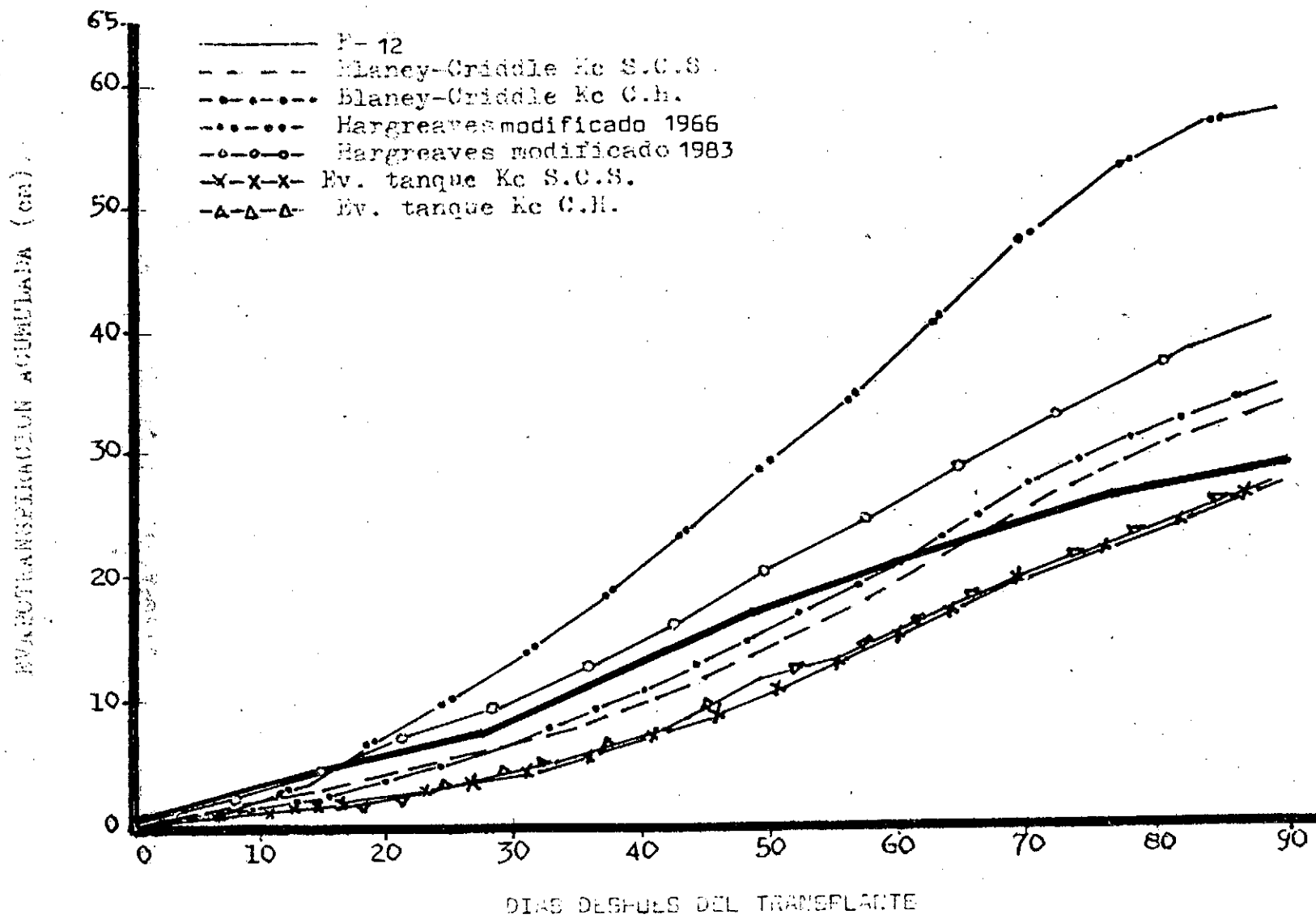
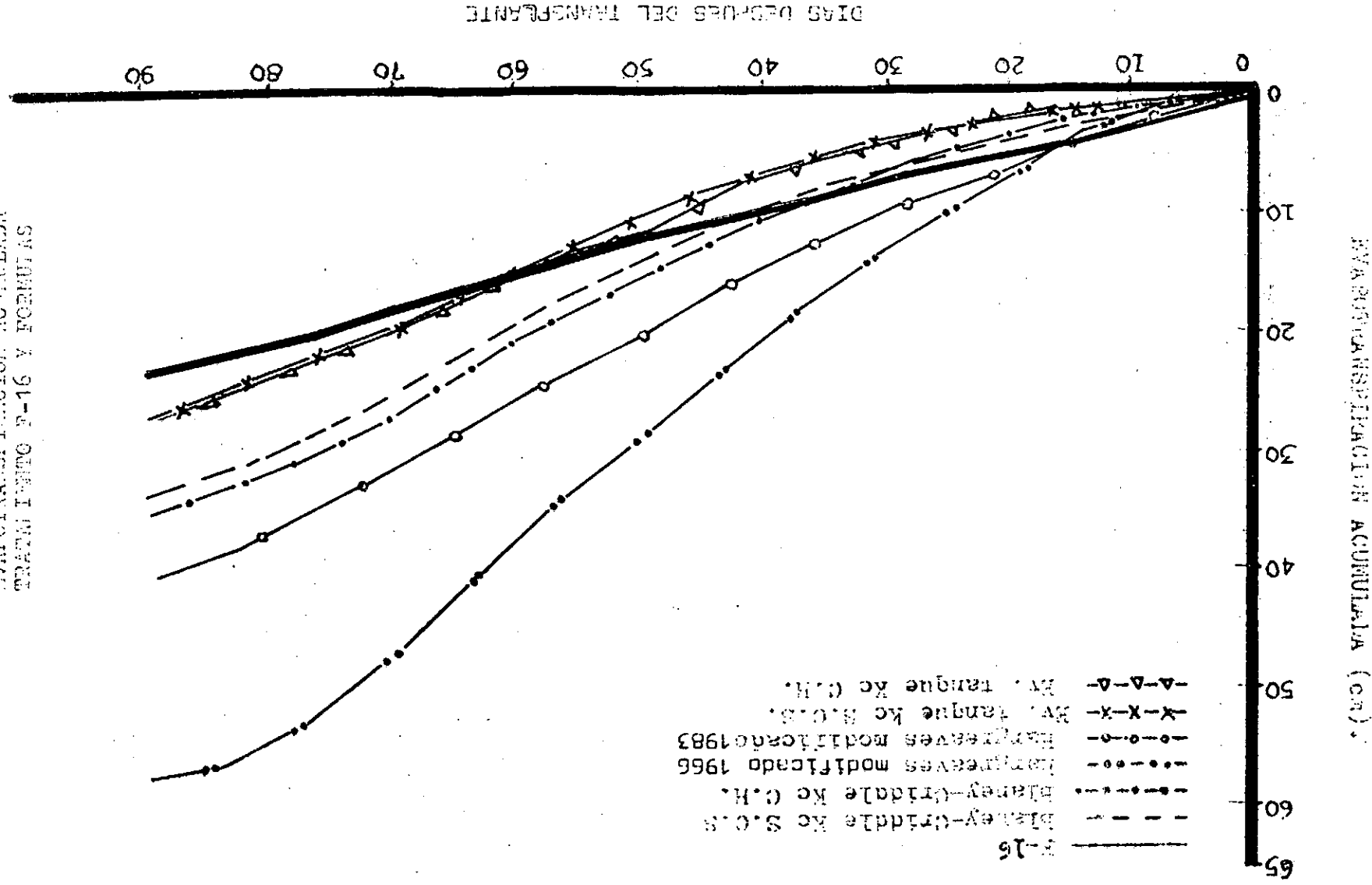
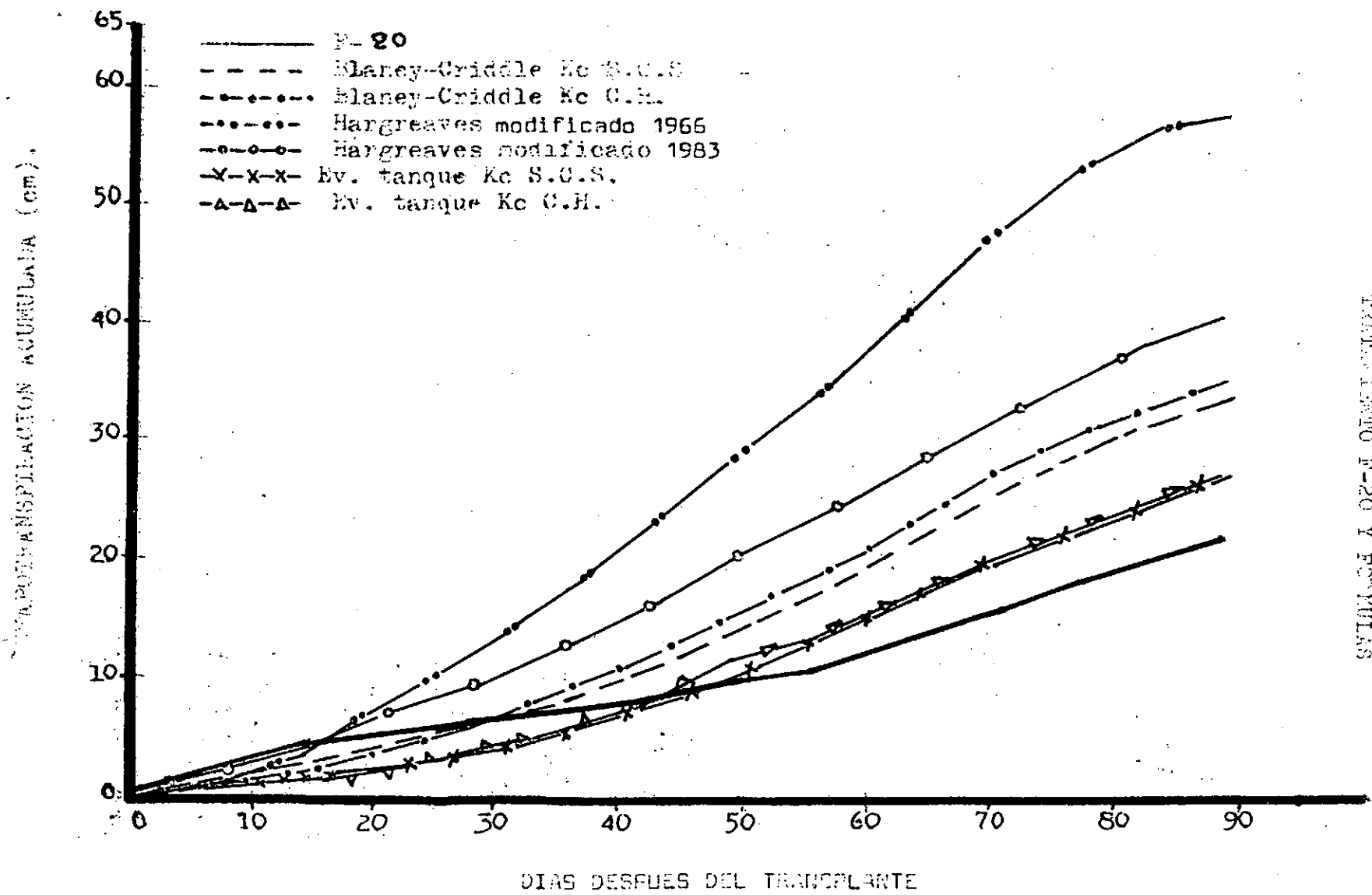


FIGURA No. 14  
 EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA  
 GRABADO POR EL INGENIERO P-12 Y EQUIPOS

FIGURA No. 15

EVALUACION DE LA TRANSPIRACION ACUMULADA  
 TRATAMIENTO F-16 Y FORMULAS





TRANSPIRACION ACUMULADA  
 EN EL CULTIVO DE F-20 Y F-20/MIAS

FIGURA No. 16

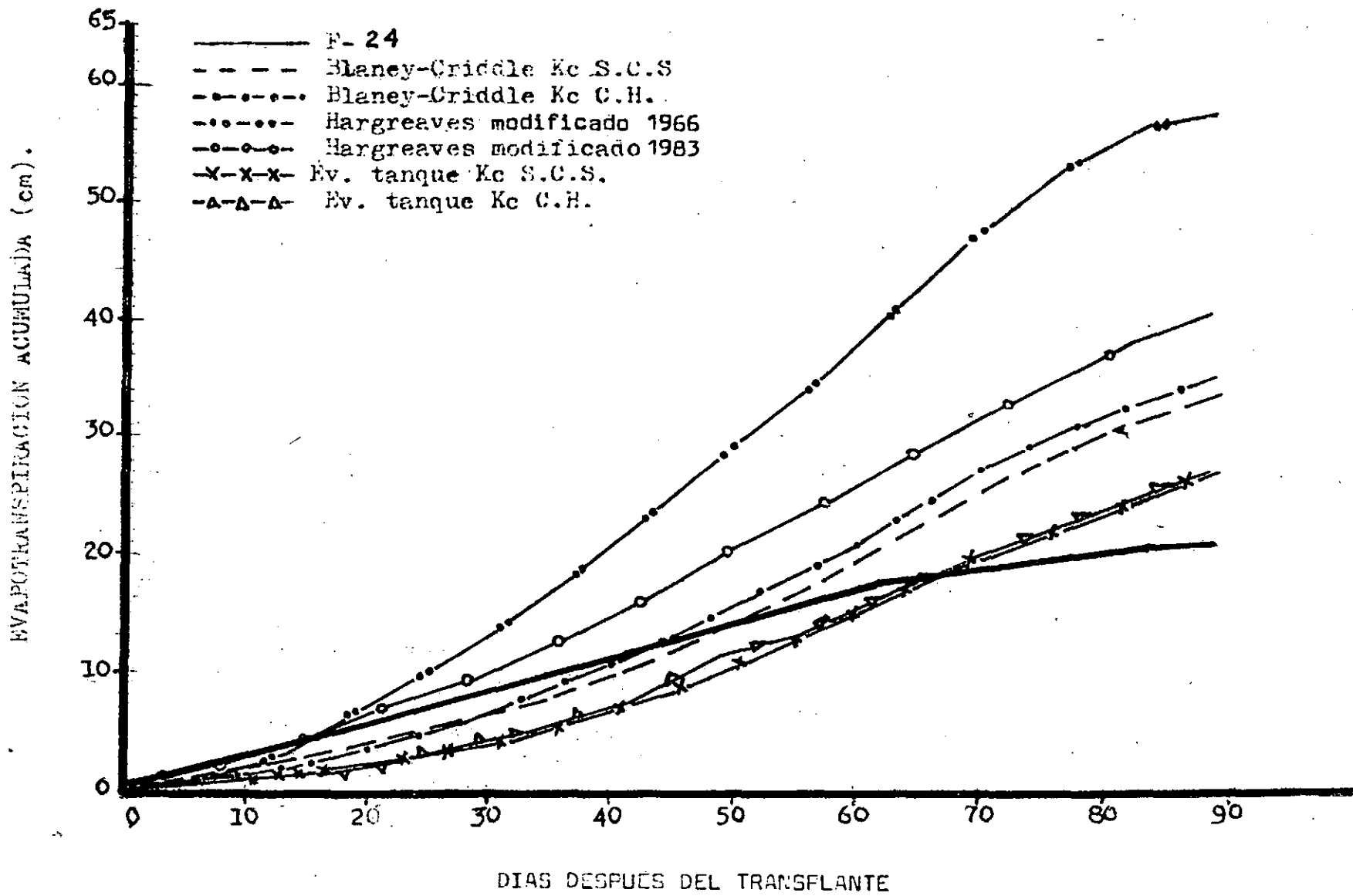
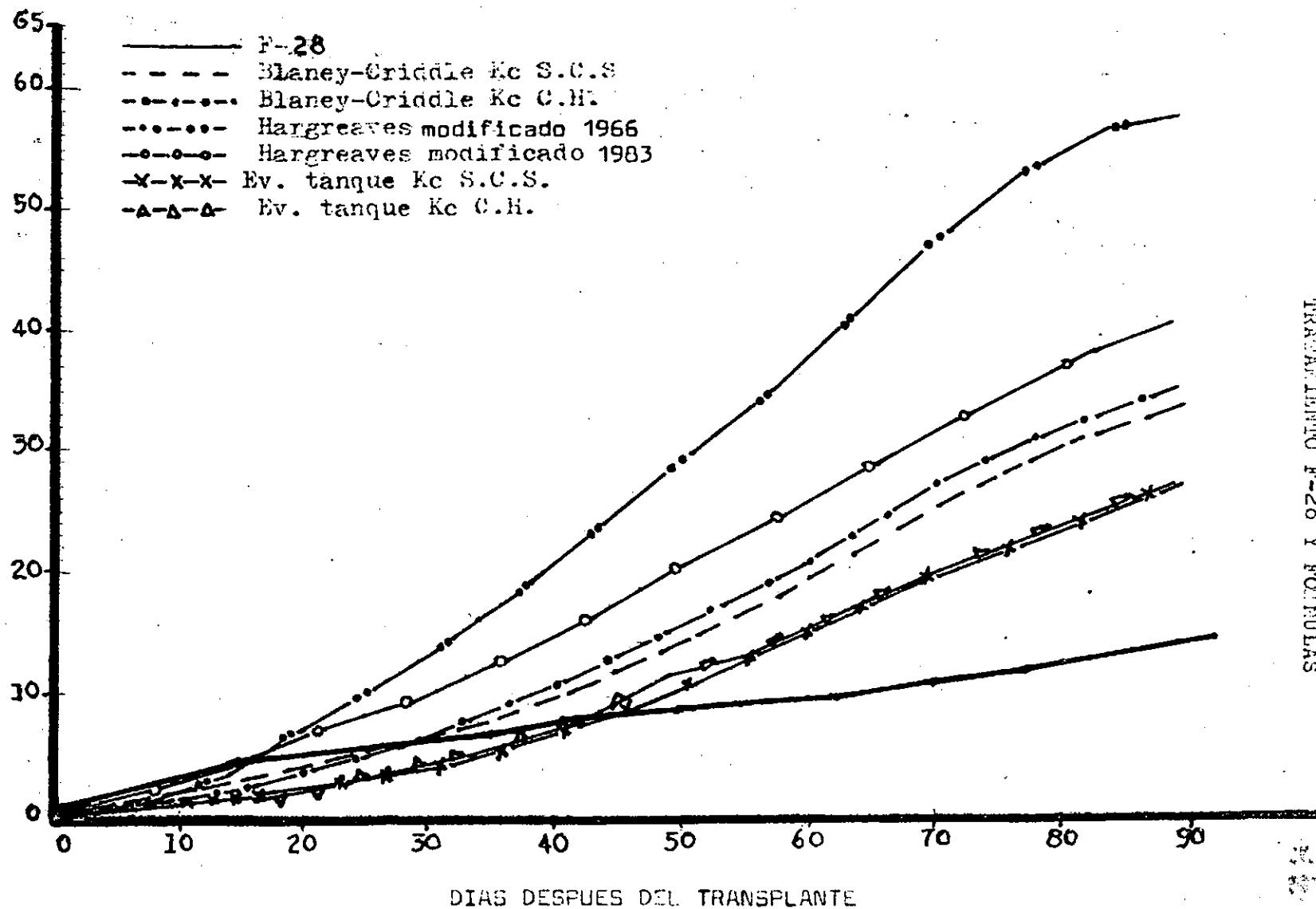


FIGURA No. 17  
 EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA  
 TRATAMIENTO F-24 Y FORMULAS

EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA (cm).



EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA  
TRATAMIENTO F-28 Y FORMULAS

FIGURA No. 18

FIGURA No. 19

EVAPOTRANSPIRACION Y EVAPORACION SEMANAL ACUMULADA  
TRATAMIENTOS Y TANQUE EVAPORIMETRO

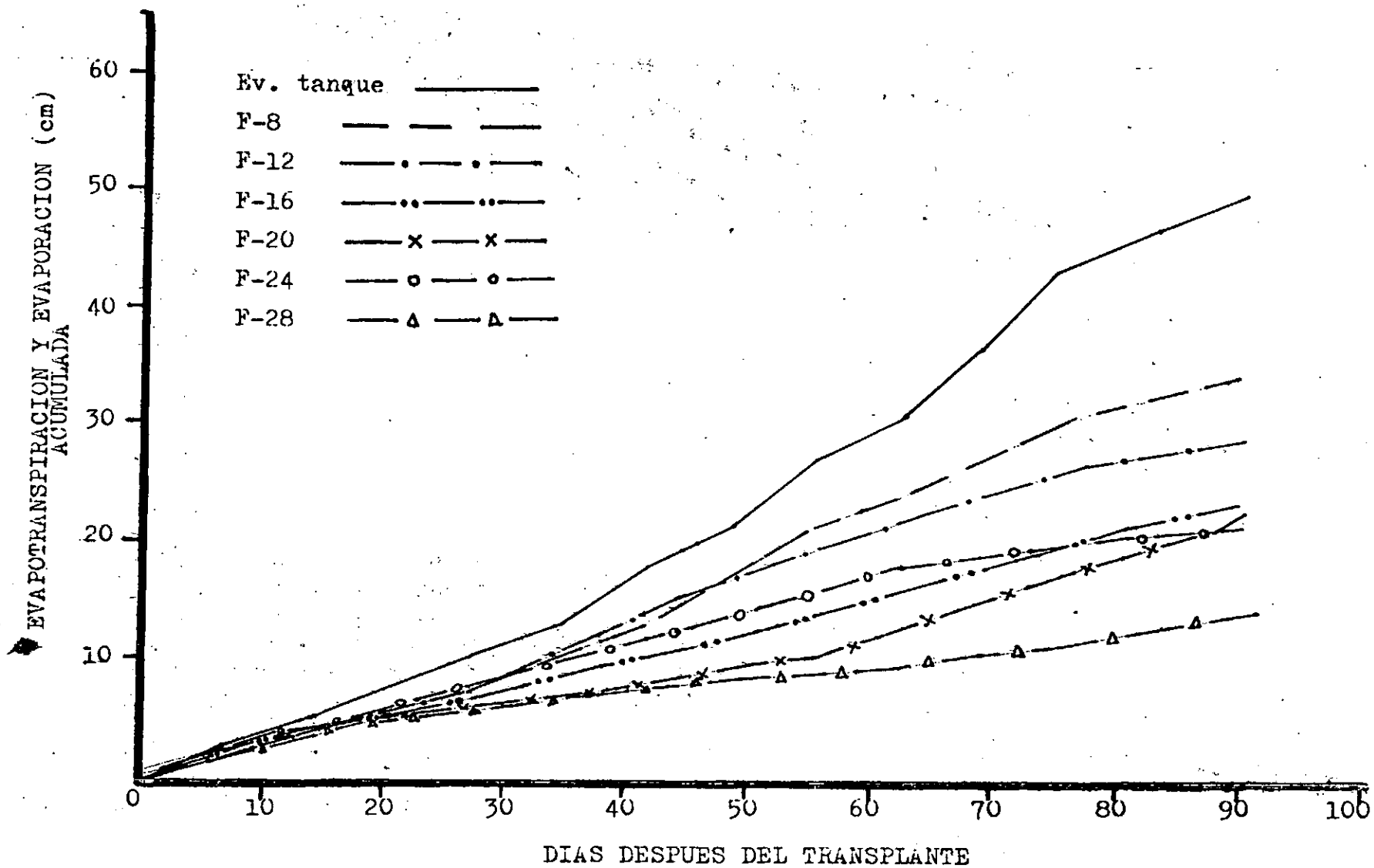




FIGURA No. 20

RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION Y EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE PARA LOS 6 TRATAMIENTOS.

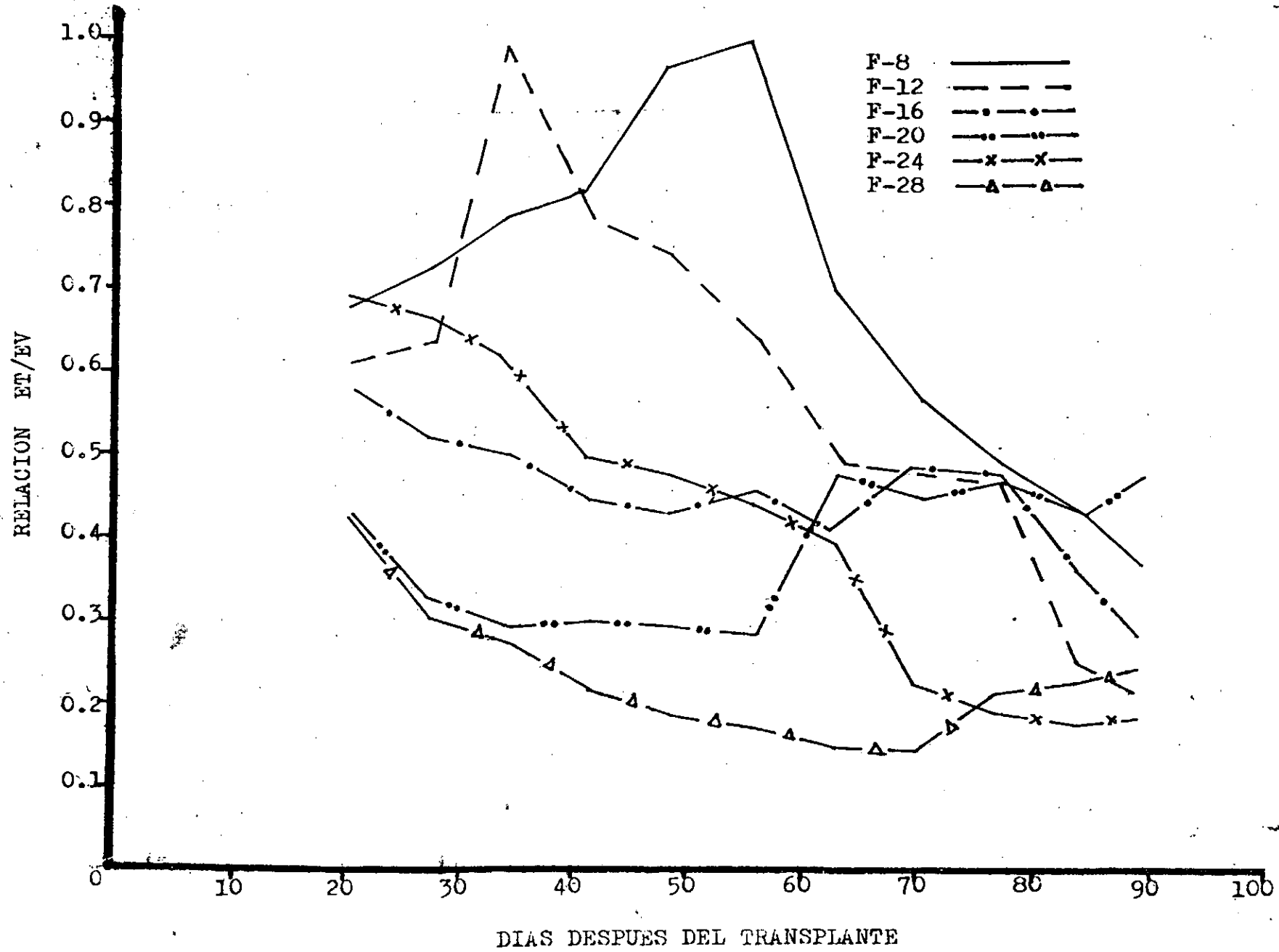
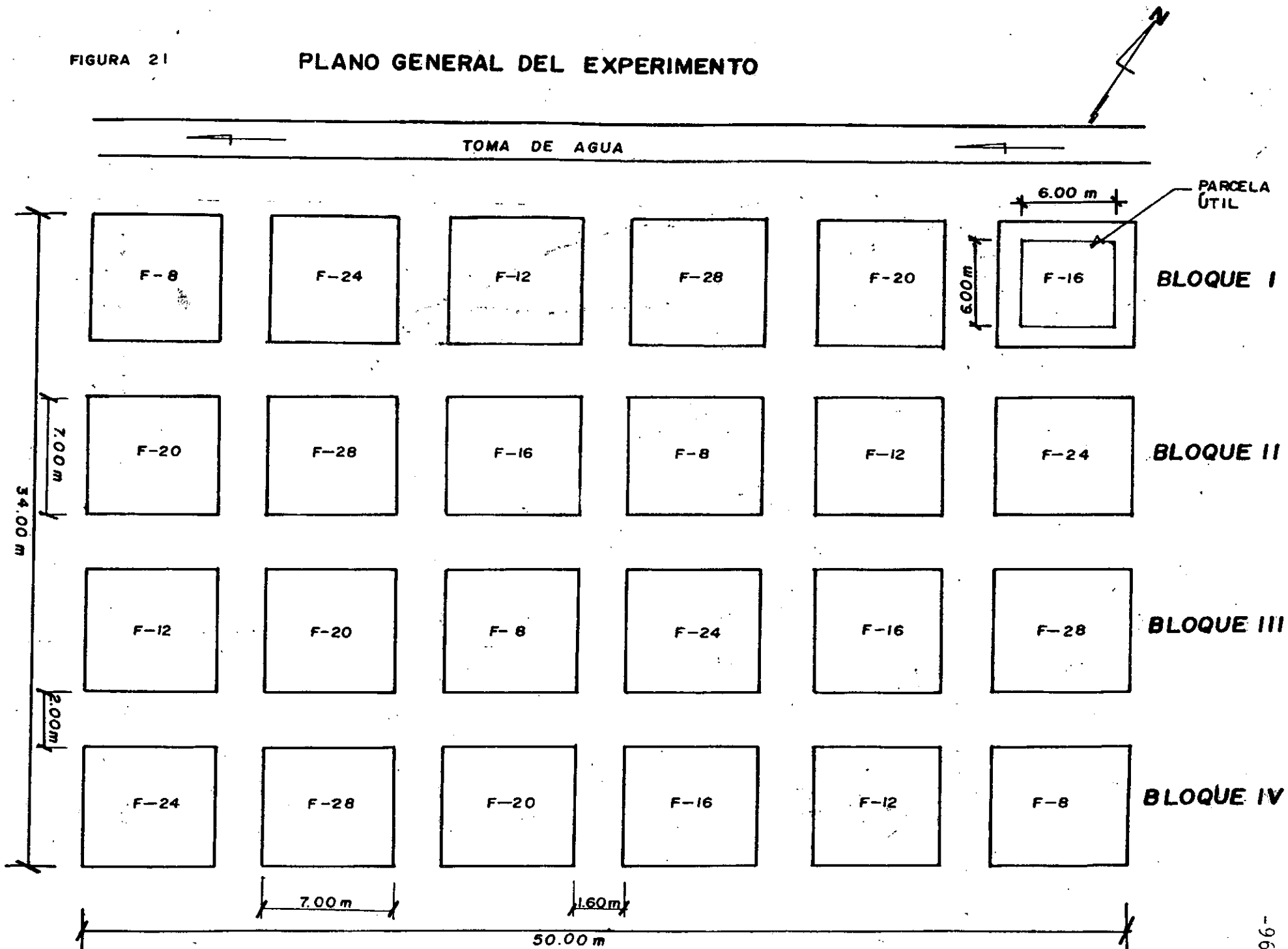


FIGURA 21

# PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Referencia .....

Año .....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1646

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"



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