

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

" EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO, SOBRE EL  
RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL PEPINO  
(Cucumis sativus L.) EN LA FRAGUA, ZACAPA."

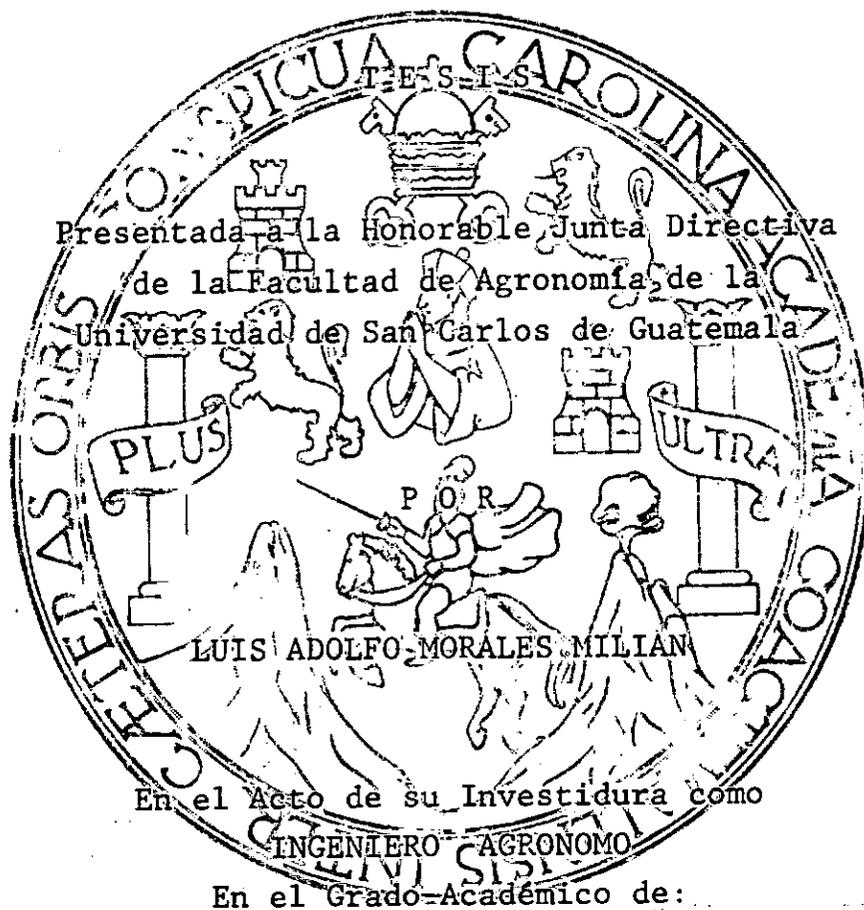
LUIS ADOLFO MORALES MILIAN

Guatemala, Octubre de 1986.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO, SOBRE EL  
RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL PEPINO  
(Cucumis sativus L.) EN LA FRAGUA, ZACAPA "



LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, 1986.

DL  
01  
T(869)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César Castañeda S.
VOCAL I:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
VOCAL II:	Ing. Agr. Jorge Sandoval
VOCAL III:	Ing. Agr. Mario Melgar
VOCAL IV:	Br. Luis Molina
VOCAL V:	P. A. Axel Gómez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Arturo Minera
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Marino Barrientos
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Oscar Leiva
SECRETARIO:	Ing. Agr. Carlos Fernández



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

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1645

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

10 de septiembre de 1986

Ingeniero Agrónomo  
Gustavo Adolfo Méndez G.  
Decano en Funciones  
Facultad de Agronomía  
Ciudad de Guatemala.

Señor Decano:

Por este medio nos permitimos manifestar a usted que hemos asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL PEPINO (Cucumis sativus L.) EN LA FRAGUA, ZACAPA", desarrollado por el Perito Agrónomo Luis Adolfo Morales Milián.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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

Ing. Agr. David Juárez Q.

JESI/DJQ.

Guatemala,  
10 de septiembre de 1986

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

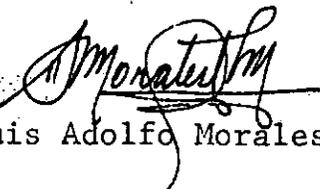
Honorables Señores:

En cumplimiento con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

" EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL PEPINO (Cucumis sativus L.) EN LA FRAGUA, ZACAPA "

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

Atentamente,

  
Luis Adolfo Morales Milián

LAMM/.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS TODOPODEROSO

A MI MADRE

BERNARDINA MILIAN TORRES  
Como una mínima recompensa  
a sus invaluable esfuerzos.

A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MIS HERMANOS

A LA FAMILIA

YALIBATH SAN JOSE  
Como un agradecimiento a su  
gran apoyo.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

ESPECIALMENTE A JORGE RAUL y  
GERMAN ANTONIO.

TESIS QUE DEDICO

A: GUATEMALA

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA.

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL: INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A: LA FAMILIA AGRICOLA INVOLUCRADA  
EN EL DESARROLLO DEL PAIS.

### AGRADECIMIENTO

- Expreso mi agradecimiento sincero al Ing. Agr. M. Sc. Jorge Sandoval y al Ing. Agr. David Juárez, por la orientación y asesoría en la elaboración del presente trabajo de tesis.
  
- Al Instituto de Investigaciones Agronómicas -IIA- de la Facultad de Agronomía.
  
- Al Personal de campo, técnico y administrativo del Centro de Producción Agrícola "EL OASIS" del ICTA, Zacapa.
  
- A la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento -DIRYA-

## INDICE GENERAL

	<u>PAGINA</u>
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iv
RÉSUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	3
3. OBJETIVOS	4
4. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Características generales del cultivo	5
4.2 Factores que afectan los requerimientos de agua de los cultivos.	6
4.3 Efecto del contenido de humedad del suelo sobre los cultivos.	8
4.4 Frecuencia y programación del riego	10
4.5 Constantes de humedad del suelo	10
4.5.1 Capacidad de campo	10
4.5.2 Punto de marchitez permanente	12
4.6 Método del plástico para determinar densidad aparente	12
4.7 Evapotranspiración	13
4.8 Métodos para determinar la evapotranspiración	14
4.8.1 Método de parcelas experimentales	14
4.8.2 Método de Blaney-Criddle	15
4.8.3 Método de Evaporación del tanque tipo "A"	17
4.9 Conclusiones de algunos de los trabajos realizados sobre Evapotranspiración.	17
5. METODOLOGIA	19
5.1 Ubicación y descripción del área experimental	19

	<u>PAGINA</u>	
5.2	Análisis y determinaciones previas	20
5.3	Manejo del cultivo	21
5.4	Manejo del experimento	22
5.4.1	Trazo del experimento	22
5.4.2	Método de riego	22
5.4.3	Lámina de agua a reponer en cada riego.	22
5.4.4	Lámina de agua consumida	23
5.4.5	Riegos generales	23
5.4.6	Método y momento de muestreo	24
5.4.7	Diseño estadístico	24
5.4.8	Parcela experimental	25
5.4.9	Variables respuesta	25
5.4.10	Métodos de análisis de resultados	25
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	29
6.1	Variables respuesta	29
6.1.1	Rendimiento	30
6.1.2	Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela.	30
6.2	Uso del agua	31
6.2.1	Lámina de agua consumida	31
6.2.2	Agotamiento de la humedad aprovecha- ble del suelo.	32
6.3	Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada con la fórmula de Blaney- Criddle y la evaporación del tanque tipo "A"	34
7.	CONCLUSIONES	37
8.	RECOMENDACIONES	38

PAGINA

9.	BIBLIOGRAFIA	39
10.	APENDICE	42

	<u>PAGINA</u>	
CUADRO 1	Resultados del análisis químico del suelo	20
CUADRO 2	Propiedades físicas del suelo	21
CUADRO 3	Resultados promedio de las variables respuesta	29
CUADRO 4	Láminas de agua consumida en cada riego y totales para cada uno de los tratamientos.	31
CUADRO 5	Relación Et/Ev para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.	36
CUADRO 6	Resultados organizados de rendimiento de frutos comerciales en kilogramos por hectárea.	43
CUADRO 7	Análisis de varianza para el rendimiento de frutos comerciales en kilogramos por hectárea.	43
CUADRO 8	Prueba de Tukey para el rendimiento de frutos comerciales en kilogramos por hectárea.	43
CUADRO 9	Resultados organizados de rendimiento en número de cajas comerciales por hectárea.	44
CUADRO 10	Análisis de varianza para el rendimiento en número de cajas comerciales por hectárea.	44
CUADRO 11	Prueba de Tukey para el rendimiento en número de cajas comerciales por hectárea.	44
CUADRO 12	Resultados organizados de número de plantas vivas al final del ciclo por parcela.	45
CUADRO 13	Análisis de varianza para el número de plantas vivas al final del ciclo por parcela.	45
CUADRO 14	Control de humedad antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida para todos los tratamientos durante los riegos generales	46
CUADRO 15	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-8.	46

CUADRO 16	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-12.	47
CUADRO 17	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-16.	47
CUADRO 18	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-20.	48
CUADRO 19	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-24.	48
CUADRO 20	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-28.	49
CUADRO 21	Cálculo de la evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Blaney-Criddle.	50
CUADRO 22	Valores de evapotranspiración semanal y total en Cms. de los diferentes tratamientos, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	51
CUADRO 23	Valores de Evapotranspiración acumulada de los diferentes tratamientos, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	51
CUADRO 24	Coefficientes de determinación " $r^2$ " de la evapotranspiración semanal de los tratamientos Vrs. Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	52

CUADRO 25 Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y la evaporación semanal del tanque tipo "A".

53

## INDICE DE FIGURAS

	<u>PAGINA</u>
FIGURA 1 Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-8.	54
FIGURA 2 Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-12.	55
FIGURA 3 Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-16.	56
FIGURA 4 Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-20.	57
FIGURA 5 Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-24.	58
FIGURA 6 Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-28.	59
FIGURA 7 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-8, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A"	60
FIGURA 8 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-12, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	61
FIGURA 9 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-16, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	62
FIGURA 10 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-20, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	63
FIGURA 11 Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-24, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	64

FIGURA 12	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-28, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	65
FIGURA 13	Evapotranspiración semanal acumulada de los diferentes tratamientos, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".	66
FIGURA 14	Plano general del experimento	67

## RESUMEN

El presente experimento se llevó a cabo en el Centro de Producción el "Oasis" del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola localizado en el Distrito No. 7 La Fragua, Zacapa, evaluándose el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (Cucumis sativus L.). Las frecuencias utilizadas fueron 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días arregladas en un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, teniendo un total de 24 parcelas en las cuales se midió el consumo de agua en forma directa y se comparó con el consumo estimado por la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A".

El método utilizado para la determinación de la humedad fue el gravimétrico tomando muestras con un barreno helicoidal después de cada riego y antes de aplicar el siguiente cubriendo dos estratos, de 0 a 30 y de 30 a 60 centímetros. Con estos datos, la densidad aparente y el porcentaje de humedad a capacidad de campo se determinó la cantidad de agua a aplicar en cada riego y el agua consumida por el cultivo entre un riego y el siguiente.

El efecto de las diferentes frecuencias de riego se midió a través de las siguientes variables respuesta; rendimiento de frutos comerciales en kilogramos por hectárea, rendimiento en número de cajas comerciales por hectárea y número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela.

Al evaluar los diferentes tratamientos se encontró que entre las frecuencias de 8, 12 y 16 días no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto a rendimiento, siendo considerados como iguales. En cuanto a número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo, se encontró que las diferentes frecuencias no afectan esta variable.

Al medir la evapotranspiración en los diferentes tratamientos puede notarse claramente que la cantidad de agua consumida tiende a disminuir conforme se alarga el intervalo, alcanzando valores desde 39.91 centímetros para la F-8, hasta 23.22 centímetros para la F-24, encontrándose además que el mayor consumo

se manifiesta en las etapas fenológicas de floración, fructificación y cosecha, sin llegar nunca a los valores de humedad correspondientes al punto de marchitez permanente.

En las comparaciones estadísticas entre evapotranspiración medida y calculada se determinó que los valores de evapotranspiración medida son diferentes a los calculados por la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los dos métodos para estimar la evapotranspiración en la región.

Finalmente se recomienda continuar con este tipo de investigaciones en la misma región y en otras de similar importancia para poder contar con información suficiente en cuanto a necesidades de agua y métodos indirectos para calcularlas. También se recomienda utilizar los factores provenientes de la relación  $E_t/E_v$  para las diferentes etapas fenológicas con el fin de afinarlos ya que este método es bastante práctico y sencillo de utilizar.

## 1. INTRODUCCION

El incremento de la producción en los diferentes cultivos, requiere de la aplicación de una tecnología adecuada especialmente en lo que se refiere al empleo de variedades mejoradas, control de enfermedades, plagas y malezas, fertilización y aporte adecuado de humedad mediante el riego.

En muchas regiones del país en donde el riego es el factor principal para la producción agrícola, la aplicación adecuada y oportuna del agua es el elemento más importante para obtener buenas cosechas, por ello en estas regiones no solamente debe interesar obtener altos rendimientos sino también encontrar la forma de utilizar eficientemente el agua.

En las diferentes unidades de riego, es muy poca la información con que se cuenta sobre frecuencias de riego y cantidad de agua a aplicar en los cultivos más importantes, por esta razón los agricultores hacen un uso inadecuado del agua, aplicando cantidades excesivas, a intervalos inadecuados, ocasionando un desperdicio de este recurso, reducción de la aireación del suelo, lavado de elementos nutritivos, mayor incidencia de enfermedades fungosas y en consecuencia disminución del área potencialmente regable.

Para poder llegar a efectuar una utilización eficiente del agua se necesita conocer las necesidades reales de agua de cada cultivo, en cada tipo de suelo y en cada época, todo esto puede lograrse únicamente mediante la investigación práctica en los lugares donde se necesite, por ello el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA), de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, ha iniciado una serie de investigaciones técnicas sobre estos aspectos para que posteriormente se pueda contar con suficiente información proveniente de dichas investigaciones efectuadas en las unidades de riego, sobre los cultivos de mayor importancia.

El presente proyecto se desarrolló en el distrito No. 7, localizado en el departamento de Zacapa, este distrito es uno de los más importantes debido a que la agricultura en ésta región depende casi exclusivamente del riego ya que las precipitaciones son sumamente escasas.

Se trabajó con el cultivo del Pepino (*Cucumis sativus* L.) ya que este cultivo es muy importante en el renglón de exportaciones y en el consumo interno, además la investigación sobre él ha sido bastante limitada, como variable de estudio se tomó la frecuencia de riego, con tratamientos cada 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, la evapotranspiración se midió directamente utilizando parcelas experimentales y luego se comparó con la evapotranspiración calculada por métodos indirectos y poder así comprobar la adaptabilidad de las fórmulas que se basan en datos climáticos.

## 2. HIPOTESIS

- 2.1 Los rendimientos obtenidos en el cultivo del pepino, serán diferentes con la aplicación de las seis frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días.
- 2.2 La evapotranspiración del cultivo, medida en el campo será diferente a la evapotranspiración calculada mediante la fórmula de Blaney-Criddle y Evaporación del Tanque Tipo "A".

### 3. OBJETIVOS

- 3.1 Determinar el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del cultivo del Pepino (Cucumis sativus L.)
- 3.2 Determinar la frecuencia de riego más recomendable para el cultivo y condiciones del área, la lámina a aplicar en cada riego, así como la lámina total en el ciclo de cultivo.
- 3.3 Determinar la adaptabilidad de la fórmula de Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A" para el área, en la estimación de la evapotranspiración.

#### 4. REVISION DE LITERATURA

##### 4.1 Características generales del cultivo.

El pepino (Cucumis sativus L.), es una planta anual que pertenece a la familia de las Cucurbitaceas, es de consistencia herbosa y hábito trepador, ésta última característica se presta para siembra con tutores y mejorar en esta forma la calidad del fruto, obteniéndose más número de ellos con las características que exige el mercado. (8)

El tallo presenta bellocidad, es jugoso, carnosos y tiene forma columnar, es suave y muy sensible a la ruptura, cada herida o aplastamiento recibida por el tallo causa daño grave a la planta y éste se manifiesta en una disminución de la producción.

Sus hojas son alternas y ásperas, poseen un pedúnculo bastante largo, su forma varía entre triangular y acorazonada, presenta bordes dentados.

La flor del pepino, como todas las flores de las cucurbitáceas es unisexual, encontrándose en una misma planta un mayor número de flores masculinas que femeninas, su reproducción es por semilla.

Este cultivo se desarrolla mejor en época de mayor temperatura ambiental, pero puede cultivarse en todas las épocas del año, siempre en zonas con temperaturas mayores de 13 grados centígrados, las temperaturas altas aceleran el crecimiento, floración y fructificación. (10)

Las principales zonas de cultivo del pepino en Guatemala son los departamentos de Chimaltenango, Petén, Retalhuleu, y Zacapa, se cultiva con más frecuencia en climas cálidos y templados.

dos, prefiere suelos francos, franco arenosos, franco arcillosos, fértiles bien abonados y con un pH entre 5,5 y 7.0.

Para la siembra el terreno se prepara arando y volteando el suelo a una profundidad de 25 centímetros, para lograr un grado de humedad adecuado, evitar la compactación y formación de terrones, después de la aradura se dan dos pasadas de rastra. (11)

Porras Mirón (19) y González del Valle (8) recomiendan utilizar distanciamientos de siembra de 1.80 mts. entre surcos y 0.30 mts. entre plantas, el Ministerio de Agricultura (11) recomienda distanciamientos de 1.20 a 1.80 mts. entre surcos y de 0.50 a 0.90 mts. entre plantas.

Se recomienda también depositar tres o cuatro semillas por postura y posteriormente dejar una o dos plantas, las que mejor desarrollo presenten.

#### 4.2 Factores que afectan los requerimientos de agua de los cultivos.

Los requerimientos de agua de los cultivos en general son muy variables. Roe (21) indica que el requerimiento de agua varía grandemente tanto entre diferentes tipos de plantas como entre las de un mismo tipo, también dentro de estas necesidades influyen condiciones naturales como el clima, la cantidad de distribución de lluvia y la clase de suelo y subsuelo.

Las necesidades de agua dependen de la evapotranspiración (12), por eso el procedimiento para calcular la cantidad de agua requerida por los cultivos es medir la evapotranspiración potencial y más exactamente la real. (25)

Se sabe que los factores climáticos juegan el papel princi-

pal en cuanto a las pérdidas de agua por evapotranspiración.

(12) En términos generales, los factores del clima que afectan las necesidades de agua de los cultivos son: radiación, horas de brillo solar, temperatura del aire, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y período libre de heladas. (9)

La Secretaría de Recursos Hidráulicos de México (12) menciona los siguientes factores que afectan la evapotranspiración: alta intensidad de radiación, baja presión de vapor en el aire, turbulencia debida al viento y a la rugocidad de la superficie. Afirma también que la fuente de energía para la evapotranspiración es la radiación solar y que un aumento de temperatura produce un aumento de la transpiración y que la humedad relativa del aire no influye directamente.

Hide (1954) mencionado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México (13) encontró que a bajas tensiones de humedad en el suelo, la evaporación esta regulada por las condiciones de la atmósfera, pero que a medida que el suelo se seca, la evaporación depende de factores del suelo, tales como: humedad relativa del aire del suelo, el coeficiente de difusión, la conductividad capilar y el gradiente hidráulico cerca de la superficie del suelo.

La tensión de humedad y el contenido de humedad influyen sobre el movimiento del agua en el suelo y con ello en la cantidad de agua disponible para la transpiración. El punto de marchitez permanente también influye, pues la transpiración disminuye rápidamente cuando el contenido de humedad llega o está cerca de él.

Otros factores muy importantes son la fertilidad y salinidad, la fertilización aumenta el desarrollo de las plantas con lo que las necesidades de agua se reducen proporcionalmente, es decir, a mayor fertilidad menor necesidad de agua pues ésta se

usa más eficientemente.

Las sales del suelo producen una presión osmótica, lo cual implica una mayor tensión de humedad del suelo, por lo que los suelos salinos tienen menor disponibilidad de agua para las plantas.

Los factores de la planta, también afectan la evapotranspiración, en forma general pueden mencionarse: la profundidad de raíces y su capacidad de absorción de agua, la superficie foliar, así como su capacidad para soportar períodos de sequía o excesos de humedad y su estado de desarrollo. (15)

#### 4.3 Efecto del contenido de humedad del suelo sobre los cultivos.

Existen muchas áreas en las que las lluvias son insuficientes, por lo que es necesario recurrir a la técnica del riego para la producción de cosechas, así para calcular la cantidad de agua que artificialmente debe de ponerse a disposición de la planta, es preciso estudiar sus necesidades y las características agroclimáticas del medio en que vive, ya que ejercen una influencia decisiva sobre los requerimientos de humedad. (16)

Las raíces de las plantas que crecen en los suelos húmedos, extraen más humedad que cuando las mismas especies se cultivan 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 que se debe a que las raíces suelen crecer en esta zona. Por el contrario a medida que el contenido de humedad disminuye, se consumen volúmenes de agua mayores de capas más profundas. (14)

Se ha descubierto que hay fases en el crecimiento de la ma-

yoría de las plantas de cultivo, durante las que el no mantener baja la tensión de agua del suelo da como resultado un menor rendimiento.

El límite superior de producción de un cultivo viene determinado por las condiciones climáticas y por el potencial genético del mismo. Hasta qué punto puede alcanzarse, depende siempre de la precisión con que los aspectos técnicos del suministro de agua estén en consonancia con las necesidades biológicas de agua en la producción del cultivo. Por ello la utilización eficiente del agua en la producción, sólo puede lograrse cuando la planificación, el proyecto y la operación de suministro de agua y del sistema de distribución estén orientados a atender en cantidad y tiempo incluyendo los períodos de escasez, las necesidades de un cultivo para un crecimiento óptimo y de altos rendimientos. (6)

El déficit de agua durante el período de establecimiento retrasa el desarrollo y produce plantas menos vigorosas. Cuando tiene lugar un déficit de agua durante el período vegetativo inicial, se produce menos superficie foliar, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento.

El período vegetativo final, el período de floración y el período de formación de la cosecha, son los más sensibles al déficit de agua. Durante el período de maduración un suministro abundante de agua, reduce el contenido de azúcares de los frutos e influye negativamente en el sabor. Por el contrario, un déficit riguroso de agua en este período, ocasiona el agrietamiento y formación irregular de los frutos. (6)

Se indica que en términos generales las hortalizas anuales cultivadas por sus frutos, son bastante sensibles a la dotación de agua y aún más cuando los frutos comienzan a desarrollarse.

Existen pruebas que indican que en algunos de estos cultivos el crecimiento ha sido reducido en forma significativa. (23)

#### 4.4 Frecuencia y programación del riego.

En términos generales los factores que influyen sobre el momento más oportuno de regar son: factores edáficos, climáticos, época de siembra, necesidades de agua de los cultivos, disponibilidad de agua y capacidad de la zona radicular para el almacenamiento. Los cultivos de zona radicular superficial requieren de riegos más frecuentes que aquellos de sistema radicular más profundo.

La textura del suelo influye directamente en la frecuencia y lámina de agua por cada aplicación, los suelos arenosos requieren mayor frecuencia de riego, en cambio los suelos limosos tienen la capacidad de almacenar mayor cantidad de agua por lo tanto requieren de menor frecuencia pero mayor cantidad de aplicación. (14)

Aunque la aplicación de agua sea en forma adecuada, un riego demasiado frecuente reduce la eficiencia de aplicación al aumentarse algunas pérdidas por conducción y distribución. Cuando el riego es tardío, especialmente cuando la planta es muy sensible a la tensión de humedad del suelo, puede tener efectos negativos muy significativos sobre los rendimientos, aunque el volumen total de agua aplicado durante todo el ciclo vegetativo sea aproximadamente el mismo. (23)

#### 4.5 Constantes de humedad del suelo.

##### 4.5.1 Capacidad de campo.

La capacidad de campo puede determinarse mediante dos formas: la primera se realiza en el laboratorio, sometiendo mues-

tras de suelo a una tensión de 0.3 atmósferas, se considera que estas estimaciones no son indicadores muy confiables, pues la capacidad de campo depende del perfil del suelo y su estructura. La segunda forma es medirla en el campo, para lo cual Withers y Vipond (25) y el Servicio de Conservación de Suelos proponen el siguiente método: delimitar un área de muestreo de un metro cuadrado con bordos de diez centímetros de alto y levantar otros bordos exteriores a los primeros, para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después hay que humedecer el área hasta saturarla, tanto en la zona de muestreo como en 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 después. Para evitar la evaporación se debe cubrir el área, incluido el borde exterior con nylon y tomar dos o tres muestras por estrato a estudiar, cada vez que se muestree.

El dato es más exacto si se muestrea durante unos 4 a 5 días con intervalo de 8 a 12 horas. El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, secándolas al horno a 105-110°C y pesándolas ya secas, mediante la fórmula siguiente:

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

Pss

Donde: Ps = Porcentaje de humedad de la muestra

Psh = Peso del suelo húmedo

Pss = Peso del suelo seco

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

#### 4.5.2 Punto de marchitez permanente.

Existe divergencia en cuánto al rango de tensión al cual se produce, pero todos coinciden en tomar 15 atmósferas como la tensión a punto de marchitamiento permanente ya que a esta tensión el crecimiento cesa.

El punto de marchitez permanente se puede calcular aproximadamente en función de la capacidad de campo y la textura del suelo: para suelos pesados o arcillosos el valor del punto de marchitez permanente es aproximadamente igual a la mitad del valor de la capacidad de campo, suelos medios presentan valores que corresponden a la capacidad de campo entre 2.1 y en los suelos ligeros o arenosos se estima dividiendo la capacidad de campo entre 2.2. (24)

#### 4.6 Método del plástico para determinar densidad aparente.

Este método consiste en hacer una calicata, en la cual se hacen gradas en cada estrato de 30 centímetros, en cada grada hecha se hace un agujero en forma de cubo de 15x15x15 cms. sacando la tierra del interior y colocándola en una bolsa plástica a marrada con el objeto de que no se escape la humedad del interior, luego se pesa. Posteriormente se coloca un plástico dentro del cubo al cual se le agrega agua hasta llegar al nivel del suelo, la cantidad de agua agregada corresponde al volúmen de suelo extraído. (1)

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

$$Da = \frac{100 \times Psh}{Vt (100 + Ps)}$$

Donde: Da = Densidad aparente en grs./cm<sup>3</sup>

Psh = Peso del suelo húmedo en Kgs.

Vt = Volúmen total en litros

Ps = Porcentaje de humedad (%)

#### 4.7 Evapotranspiración.

El volúmen de agua evapotranspirado por las plantas depende del agua que tienen a su disposición. de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta, de su follaje y de la naturaleza de sus hojas.

Existen dos términos usados para referirse a la evapotranspiración los cuales son: evapotranspiración potencial y evapotranspiración real.

Grassi (9) hace referencia a evapotranspiración potencial (Etp) como aquella que 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 toma en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta. Ese coeficiente "K" 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.

#### 4.8 Métodos para determinar la evapotranspiración.

Para determinar la evapotranspiración existen básicamente dos clases de métodos, atendiendo a la forma de obtención de datos: los métodos directos que son aquellos que proporcionan una lectura de humedad del suelo en forma directa en el terreno. Israelsen y Hansen (14) mencionan dentro de los métodos directos los siguientes: experimentos en tanques y lisímetros, parcelas experimentales, estudios sobre humedad del suelo, métodos de integración y métodos de entradas y salidas de agua para grandes extensiones.

Los métodos indirectos son procedimientos o fórmulas basadas en datos climáticos por medio de los cuales se puede calcular la evapotranspiración de cualquier cultivo, haciendo uso además de tablas con valores para las constantes o coeficientes usados, entre las fórmulas más usadas están: Blaney-Criddle, Hargreaves, Evaporación del tanque tipo "A", Thornthwaite, Penman, Lowry Johnson, Radiación, Grassi Christiansen.

##### 4.8.1 Método de parcelas experimentales.

El método consiste en establecer parcelas en los terrenos y llevar un control de humedad en el suelo mediante muestreos con barreno a diferentes profundidades y en puntos diferentes dentro de cada parcela. La determinación del contenido de humedad se establece por el método gravimétrico. Muestreando antes y después de cada riego, a distintas profundidades para conocer las variaciones de humedad dentro del perfil del suelo. (14)

Las muestras de suelo obtenidas pesarán aproximadamente 100 a 125 gramos y serán secadas al horno a una temperatura de 105 a 110 °C por 24 horas, transcurrido ese tiempo se pesarán nuevamente, con ello se obtiene cierta pérdida de peso, la cual dividida por el peso del suelo seco y multiplicada por 100, nos proporciona el porcentaje de humedad del suelo referido al peso del suelo seco. (14)

Se requiere tomar muestras en varios lugares representativos de la zona considerada, para obtener mayor precisión. Es recomendable muestrear en tres lugares diferentes y luego promediarlos, tomando muestras en el tercio medio del estrato considerado. (5)

Según Grassi (9) hay dos variantes para determinar los tratamientos a aplicar a un complejo cultivo-suelo y son:

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

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

#### 4.8.2 Método de Blaney-Criddle

Este método fué desarrollado para las condiciones áridas del Oeste de los Estados Unidos, proponiendo una fórmula simplificada, habiéndose recogido gran abundancia de datos para determinar los coeficientes que deben ser empleados para los diferentes cultivos. Esta fórmula relaciona valores reales de evapo-

transpiración, con la temperatura media mensual "t" y el porcentaje mensual de las horas anuales de brillo solar "p". (9)

La fórmula general que nos permite calcular el uso consuntivo o evapotranspiración mensual es la siguiente:

$$U = k \times f$$

$$U = \sum_{i=1}^n (k \times f) = K \times F$$

Donde: U = Uso consuntivo o evapotranspiración

k = Coeficiente mensual del cultivo

f = Factor de uso consuntivo mensual

K = Coeficiente del cultivo para el ciclo vegetativo

F = Suma de los factores mensuales de uso consuntivo

Para temperatura en grados centígrados y evapotranspiración en mm/mes f se calcula así:

$$f = p(8.13 + 0.457 t)$$

Donde: p= Porcentaje mensual de horas luz, respecto al total anual.

t= Temperatura media mensual en grados centígrados

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), por lo que:

$$k = kt \times kc$$

Donde: kt = Coeficiente de temperatura

kc = Coeficiente de cultivo

El coeficiente de temperatura (kt) se calcula así:

$$kt = 0.03144 T + 0.2396$$

Donde: T = Temperatura media mensual en °C

El coeficiente de cultivo (kc) varía a lo largo del ciclo de acuerdo al porcentaje de desarrollo del cultivo y puede ser obtenido de tablas específicas. De acuerdo a Grassi (9) ésta

fórmula ha dado valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias (menos de 5 mm/día) y valores inferiores con altas exigencias (más de 5 mm/día).

#### 4.8.3 Método de evaporación del tanque tipo "A".

Según Grassi (9), las medidas de evaporación de una superficie libre, de agua, en un tanque evaporímetro, integra los efectos de los diferentes factores metereológicos que influyen en la evapotranspiración. Algunos estudios de correlación en diferentes cultivos y períodos del ciclo vegetativo han permitido obtener coeficientes para estimar evapotranspiración potencial en función de la evaporación de una superficie libre, de agua, según la ecuación siguiente:

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

Donde:  $E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial

$E_v$  = Evaporación del 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.

#### 4.9 Conclusiones de algunos de los trabajos realizados sobre evapotranspiración.

Los métodos indirectos han sido desarrollados bajo condiciones diferentes a las de nuestro país, por lo tanto es necesario comprobar su adaptabilidad mediante comparaciones con métodos directos como el de parcelas experimentales, lo cual ya se ha realizado en varios cultivos de importancia económica y algunos de los resultados obtenidos se mencionan a continuación:

Zea Morales (26) trabajando con Tomate, en el valle de la Fragua, Zacapa, determinó que las comparaciones entre evapotrans

piración medida para cada tratamiento y calculada por métodos in directos, manifiestan alta correlación, siendo los métodos de Blaney-Criddle y Tanque evaporímetro tipo "A" los que más se asemejan a la evapotranspiración medida para las tres primeras frecuencias (8, 12 y 16 días).

Según Andrino Alvarez (2) en su trabajo sobre tomate, también desarrollado en el valle de la Fragua, Zacapa, los métodos de Blaney-Criddle y Tanque evaporímetro tipo "A", son aplicables para estimar evapotranspiración para condiciones de humedad como las observadas en los tratamientos de 12 y 16 días.

Sanchez Chavez (22) trabajando con cebolla, en la zona de Bárcenas Villa Nueva, concluye lo siguiente: la tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Hargreaves mo dificada y la medida en el tratamiento regado cada 4 días son i guales.

Méndez Guzmán (17) en su trabajo sobre melón, en el valle de la Fragua, Zacapa, concluye que la fórmula de Blaney-Criddle es la que más coincide con la evapotranspiración real medida en los tratamientos de 8 y 16 días considerada globalmente, pero no para períodos cortos arrojando datos en exceso en la mayor parte del ciclo del cultivo. También concluye que la fórmula de Hargreaves dió resultados similares a los medidos en los tratamientos de 12, 20, 24 y 28 días, sin embargo para períodos cortos no se adaptó.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Ubicación y descripción del área experimental.

El ensayo experimental se ubicó en el Centro de Producción "El Oasis" del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) en el valle de la Fragua, Zacapa.

El valle de la Fragua se encuentra en la región nor-oriental de la república entre las coordenadas  $14^{\circ}57.5'$  de latitud norte y  $89^{\circ}32.5'$  de longitud oeste.

En esta región ocurre una precipitación promedio de 500 mm. anuales distribuidos de Mayo a Noviembre, lo que hace necesario el empleo de riegos auxiliares cuando se cultiva en esta época, durante los meses de Noviembre a Abril, la precipitación es prácticamente nula por lo que únicamente puede cultivarse bajo riego.

El clima es considerado como cálido seco (7) y según Holdridge (1976) corresponde a una zona de vida monte espinoso subtropical, siendo la vegetación característica de arbustos y plantas espinosas. La temperatura varía entre  $19$  y  $38$  °C, con un promedio anual de  $27$  °C, la elevación promedio sobre el nivel del mar es de 230 metros. (10)

Simmons (1959), indica que los suelos son relativamente jóvenes edafológicamente y que las diferencias principales están en el material original y en el drenaje. Las series predominantes son: Chicaj, Teculután, Sinaneque, Tempisque, Chiquimula y Cortí.

Los principales cultivos del área que en su mayor parte se desarrollan bajo irrigación son: melón, pepino, maíz, sandía, okra, chile y tabaco. (3)

## 5.2 Análisis y determinaciones previas

Se efectuaron análisis químicos y físicos del suelo previo a la implementación del experimento. Para el análisis químico se tomaron varias submuestras para luego formar una muestra compuesta del área experimental y se envió al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, para poder contar posteriormente con recomendaciones en cuanto a fertilización. Las diferentes submuestras se tomaron de la capa arable del terreno en un número que dependió de la homogeneidad del mismo, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados del análisis químico del suelo.

pH	microgr./ml.		meq./100 ml. de suelo		Observaciones
	P	K	Ca	Mg	
7,3	51.28	206	19.87	3.14	(1)

(1) Alta presencia de sodio.

Sin embargo el laboratorio no reporta exactamente cual es la cantidad de sodio existente en los suelos, debido al tipo de análisis realizado. En cuanto a la calidad del agua para riego según las normas de Riverside pertenece a la clase C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, la cual es agua de salinidad media, baja en sodio de buena calidad para el riego.

Para el análisis físico se tomaron también varias submuestras del área experimental, de cada uno de los estratos a trabajar, se homogenizaron y se enviaron al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA) para la determinación de textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. En cuanto a capacidad de campo y densidad aparente se efectuaron determinaciones a nivel de campo,

utilizando el método propuesto por Withers y Vipond (25) y el servicio de conservación de suelos descrito en el numeral 4.5.1 del capítulo de revisión de literatura y el método descrito en el numeral 4.6 del mismo capítulo, cuyos resultados fueron diferentes a los del laboratorio, tomándose finalmente los datos determinados a nivel de campo, por considerarse más apropiados de acuerdo con los fines del experimento. Los resultados de capacidad de campo y densidad aparente, determinados en el campo, de textura determinada en el laboratorio y de punto de marchitez permanente tomado como la capacidad de campo dividida entre dos, se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2 Propiedades físicas del suelo

Estrato cms.	Textura	Densidad aparente	Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente
0 - 30	Arcilla	1.62	31%	15.5%
30 - 60	Arcilla	1.57	29%	14.5%

### 5.3 Manejo del cultivo.

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

Se sembró la variedad Poinsett, que es de guías vigorosas y de gran producción, sus frutos son de color oscuro de 20 centímetros de largo por 5 centímetros de diámetro. Es una variedad bastante utilizada en la región y aceptada para exportación o consumo local. Para preparar el terreno se dió una pasada de arado a una profundidad de 25 centímetros y posteriormente se dieron dos pasadas de rastra en forma cruzada para dejar bien mullido el suelo y luego se surqueó con una pendiente de 0.35%

y a una distancia de 0.90 mts. sembrando de un lado de un surco y dejando el siguiente sin sembrar, para que posteriormente pueda formarse una cama de 1.80 mts. con una hilera de plantas en un extremo. Sobre los surcos se utilizó una distancia de 0.30 mts. entre plantas.

Para el control de enfermedades y plagas se aplicó semanalmente una mezcla de insecticida y fungicida como control preventivo, el control de malezas se hizo en forma manual y la fertilización siguiendo las recomendaciones del laboratorio de suelos.

#### 5.4 Manejo del experimento.

##### 5.4.1 Trazo del experimento.

Después del surqueado se procedió al trazo del experimento construyendo cinco tomas, cuatro de ellas se utilizaron para regar las cuatro repeticiones y una para desague, luego se delimitaron las parcelas contando los surcos necesarios y dejando el espacio correspondiente entre las mismas.

El tamaño de parcelas utilizado fue de 7.20 por 7.20 mts. dejando 3.60 mts. entre parcelas, además se dejaron 8.0 mts. entre bloques construyendo la toma respectiva a 4.0 metros antes del bloque y a 3.0 mts. después del bloque con un ancho de 1 metro aproximadamente. Todo esto puede observarse en la Figura 14 del apéndice correspondiente a la distribución de parcelas en el campo con sus respectivas dimensiones.

##### 5.4.2 Método de riego.

Se usó el método de riego por gravedad en surcos conduciendo el agua de las tomas a los mismos por medio de sifones los cuales permiten estimar el volumen de agua aplicado en cada surco cuando se han aforado, también se trató de que no existiera escurrimiento al final de cada surco.

##### 5.4.3 Lámina de agua a reponer en cada riego.

Para poder calcular la lámina de agua a reponer es neces-

rio contar inicialmente con los datos siguientes:

- . El porcentaje de humedad obtenido antes del riego (%HAR)
- . El porcentaje de humedad a capacidad de campo (%HCC)
- . La densidad aparente (Da)
- . La profundidad del estrato en centímetros (Pe)

Y substituirlos en la fórmula siguiente:

$$Lr = \frac{\%HCC - \%HAR}{100} \times Da \times Pe$$

Con la cual se obtiene la lámina a reponer en cada riego, a cada parcela y para cada estrato. Para obtener la lámina total a reponer será necesario sumar las láminas para cada estrato.

#### 5.4.4 Lámina de agua consumida.

Teniendo los valores de porcentaje de humedad después de riego y antes del siguiente se puede calcular la lámina de agua consumida para un período determinado mediante la ecuación siguiente:

$$Lc = \frac{\%HDR - \%HAR}{100} \times Da \times Pe$$

Donde: Lc = Lámina consumida en centímetros

%HDR = Porcentaje de humedad después del riego

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

#### 5.4.5 Riegos Generales.

Durante las cuatro primeras semanas del cultivo fue necesario regar uniformemente todo el ensayo para que al iniciar cada tratamiento la plantación estuviera completamente establecida. Durante este período también se registraron datos del contenido

de humedad del suelo.

#### 5.4.6 Método y momento de muestreo.

Para el muestreo se empleó un barreno helicoidal, sacando seis muestras por parcela, tres para cada uno de los estratos de 0 a 30 y 30 a 60 cms. tomando la muestra del tercio medio de cada estrato. Los puntos de muestreo se tomaron al azar, pero se trató de cubrir toda el área de la parcela, estos muestreos se hicieron antes y después de cada riego, antes del riego se muestreó con una anticipación de 24 horas y después del riego se muestreó a las 48 horas debido a que es cuando el suelo teóricamente alcanza el porcentaje de humedad de capacidad de campo y en un tiempo menor es casi imposible muestrear este tipo de suelo por la dificultad de caminar en la parcela.

#### 5.4.7 Diseño estadístico.

Reyes (1982) indica que se puede utilizar el diseño experimental de bloques al azar cuando se tenga un solo gradiente, en nuestro caso la variable a estudiar es la humedad por lo tanto será nuestro único gradiente y puede utilizarse perfectamente este diseño (20). Se evaluaron 6 tratamientos con 4 repeticiones, siendo los tratamientos riego cada 8 días, cada 12 días, cada 16 días, cada 20 días, cada 24 días y cada 28 días, los cuales se identificarán en este documento como F-8, F-12, F-16, F-20, F-24 y F-28 respectivamente.

El modelo estadístico es el siguiente:

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

Donde:  $Y_{ij}$  = variable respuesta en la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$U$  = efecto de la media general

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

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

$E_{ij}$  = error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental (20).

#### 5.4.8 Parcela experimental.

Area del ensayo 3,231.36 mts.<sup>2</sup>

Area útil del ensayo 1,244.16 mts.<sup>2</sup>

Area de cada parcela experimental 51.84 mts.<sup>2</sup>

Area útil de cada parcela experimental 25.92 mts.<sup>2</sup>

número de parcelas 24

Distancia entre parcelas 3.60 mts.

Distancia entre bloques 8.0 mts.

Numero de surcos por parcela 4

Densidad de siembra parcela neta 100 plantas

Densidad de siembra parcela útil 50 plantas

#### 5.4.9 Variables respuesta.

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

- . Rendimiento de frutos comerciales en Kgs./Ha.
- . Rendimiento en número de cajas comerciales/Ha.
- . Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo/parcela

#### 5.4.10 Métodos de análisis de resultados.

Para las variables respuesta los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de significancia.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Blaney-Criddle y Evapotranspiración del tanque tipo "A", 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 1% para mayor confiabilidad de los resultados.

De obtener coeficientes de determinación " $r^2$ " menores a los tabulados para un nivel de significancia de 1% y n-2 grados de

libertad, se concluye que el modelo de regresión lineal simple no explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos y los calculados, lo que indica que la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A" no se adaptan a la región. Si los coeficientes de determinación " $r^2$ " calculados fueran mayores a los tabulados para el nivel de significancia y los grados de libertad mencionados, deberán efectuarse dos pruebas de hipótesis para determinar que la pendiente de la recta es igual a uno y que el intercepto es igual a cero, de ser así esto indicaría que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes a los medidos directamente por lo que la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A", se adaptan a la región. En el caso de rechazar las hipótesis planteadas nos indicará que los datos calculados no son equivalentes a los medidos en el campo, pero que podrían ajustarse por tener un coeficiente de determinación " $r^2$ " alto.

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

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

Hipótesis 1  $H_0 : B_1 = 1$

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

Donde:  $t_c$  = " $t$ " calculada

$b_1$  = Pendiente obtenida de la regresión

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

$Sb_1$  = Error estandar del coeficiente de regresión

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

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

Donde:  $Sb_1^2$  = Varianza del coeficiente de regresión

$s^2$  = Cuadrado medio del error

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

$$s^2 = \frac{Syy - b_1.Sxy}{n-2}$$

Donde:  $Syy$  = Suma de cuadrados de la variable "y" =  $\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$

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

Para calcular la pendiente de la recta "b<sub>1</sub>" se usa la fórmula siguiente:

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

Quando se plantea la hipótesis de que el intercepto es i-tual a cero (Hipótesis 2.  $H_0 : B_0 = 0$ ) los valores de tc se ob-

tienen mediante la ecuación siguiente:

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

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

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

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

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

Además de este análisis estadístico, también se efectuó una comparación gráfica planteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración acumulada, de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A" para observar la tendencia que sigue cada una de las curvas y determinar si los valores medidos son equivalentes a los valores calculados.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente experimento y la discusión de ellos, se presentan a continuación divididos en tres partes para darles una mayor claridad y facilidad de interpretación.

La primera comprende los resultados y análisis respectivos de las variables respuesta por medio de las cuales se evaluó el efecto de los diferentes tratamientos.

En la segunda se analiza el uso del agua por las plantas y en la tercera se determinan las comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración calculada por medio de la fórmula de Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".

### 6.1 Variables respuesta.

Las variables respuesta evaluadas en este experimento fueron: Rendimiento de frutos comerciales en Kgs./Ha. Rendimiento en número de cajas comerciales por Ha. y Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela. En el Cuadro 3 se resumen los resultados promedio obtenidos en los diferentes tratamientos para cada una de las variables, las cuales se discutirán posteriormente en forma detallada.

Cuadro 3 Resultados promedio de las variables respuesta.

Tratamiento	Rendimiento		No. de plantas vivas al final del ciclo
	Frutos comerciales en Kgs./Ha.	No. de cajas comerciales/Ha.	
F - 8	21,450.61	1,048.70	46.50
F - 12	19,309.41	944.01	48.00
F - 16	18,484.76	903.70	50.00
F - 20	9,833.14	480.73	48.00
F - 24	10,657.79	521.04	47.00
F - 28	10,392.55	508.08	49.25

### 6.1.1 Rendimiento.

Los promedios de rendimiento de frutos comerciales en kilogramos por hectárea y en número de cajas comerciales por hectárea se presentan en el Cuadro 3, como puede observarse el rendimiento más alto corresponde al tratamiento F-8 (riego cada 8 días), mientras que el tratamiento F-20 (riego cada 20 días), fue en el que se obtuvo el más bajo rendimiento.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza y prueba de Tukey, se presentan en los cuadros del 6 al 11 del apéndice.

El análisis de varianza para el rendimiento de frutos comerciales en kilogramos por hectárea que se presenta en el Cuadro 7, nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, al efectuar la comparación de medias por la prueba de Tukey encontramos que los tratamientos F-8, F-12 y F-16 son iguales ya que la diferencia entre ellos no es estadísticamente significativa, lo cual también se manifiesta entre los tratamientos F-20, F-24 y F-28.

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 10, para el rendimiento en número de cajas comerciales por hectárea, encontramos que entre los tratamientos evaluados, existe diferencia estadísticamente significativa. Al comparar las medias por la prueba de Tukey se encuentra que la diferencia entre los tratamientos F-8, F-12 y F-16, no es estadísticamente significativa, por lo que son considerados como iguales, lo que ocurre nuevamente entre los tratamientos F-20, F-24 y F-28.

### 6.1.2 Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela.

El número promedio de plantas vivas al final del ciclo de cultivo, puede observarse en el Cuadro 3, notándose que el número promedio de plantas es similar para todos los tratamientos. Los resultados organizados de número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo, se presentan en el Cuadro 12 del apéndice y el análisis de varianza se muestra en el Cuadro 13 del apéndice.

ce el cual nos indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, por consiguiente la aplicación de las diferentes frecuencias de riego no afectó la mortalidad de las plantas.

## 6.2 Uso del agua.

En esta parte se hace referencia a la lámina de agua consumida y al agotamiento de la humedad aprovechable por cada uno de los tratamientos.

### 6.2.1 Lámina de agua consumida.

En el Cuadro 4, puede observarse las láminas parciales y totales de agua consumida o evapotranspiración para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4 Láminas de agua consumidas en cada riego y totales para cada uno de los tratamientos.

No. de Riego	TRATAMIENTOS					
	F - 8	F - 12	F - 16	F - 20	F - 24	F - 28
1	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
2	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
3	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26
4	2.92	4.66	7.46	10.61	8.15	7.85
5	8.43	11.27	5.31	8.18*	5.46*	5.80*
6	5.01	6.91*	6.10*			
7	8.51					
8	5.43*					
Lámina Total	39.91	32.45	28.48	28.40	23.22	23.26

\* Valores correspondientes a lámina consumida ya no aplicada.

Tomando en cuenta la humedad del suelo antes y después de cada riego se determinaron las láminas consumidas entre un riego y el siguiente, efectuando un ajuste proporcional para tres días que es el período comprendido entre muestreos de los cuales no se conoce el consumo, esto puede observarse en los cuadros del 14 al 20 del apéndice, en donde el Cuadro 14 corresponde al cálculo del consumo de agua durante los riegos generales el que fue uniforme para todos los tratamientos, en los seis cuadros restantes se observa el cálculo del consumo en forma individual.

De manera general puede observarse en el Cuadro 4, que el consumo de agua es menor conforme se alarga el intervalo de riego, lo cual es de esperarse ya que las plantas al disponer de más agua tenderán a consumir más, teniendo un rango de 39.91 centímetros para el tratamiento F-8, hasta 23.22 centímetros para el tratamiento F-24.

#### 6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.

Durante todo el ciclo del cultivo se llevó un control de la humedad del suelo para cada tratamiento en los estratos A (0 a 30 cms.) y B (30 a 60 cms.) el cual se presenta en las figuras de la 1 a la 6 del apéndice. En estas figuras puede observarse que durante los primeros 28 días correspondientes al período de establecimiento, en el cual todos los tratamientos fueron regados de la misma manera, el agotamiento de la humedad aprovechable fue aproximadamente uniforme con valores promedio del 20% para el estrato A y de 39% para el estrato B. También puede observarse que a lo largo de todo el ciclo de cultivo, en ninguno de los tratamientos en contenido de humedad del suelo llegó al porcentaje equivalente al punto de marchitez permanente, a pesar de que algunos de ellos fueron sometidos a tensiones altas. Además puede observarse que para todos los tratamientos el mayor agotamiento de la humedad aprovechable se manifiesta en las etapas fenológicas de floración, fructificación y cosecha, por lo que se detalla a continuación el comportamiento de cada uno de ellos.

La figura 1 corresponde al tratamiento F-8, en ella puede observarse claramente que el agotamiento de la humedad aprovechable fue mayor durante las últimas etapas fenológicas del cultivo, alcanzando valores promedios del 64% para el estrato A y del 48% para el estrato B.

En la figura 2, correspondiente al tratamiento F-12, puede observarse que el agotamiento de la humedad aprovechable fue similar al agotamiento del tratamiento anterior, alcanzando valores en este caso del 63% para el estrato A y del 46% para el estrato B.

La figura 3, corresponde al tratamiento F-16, en donde puede observarse que el agotamiento de la humedad aprovechable alcanza valores del 55% para el estrato A y del 38% para el estrato B. Si comparamos estos valores con los de los dos tratamientos anteriores podremos darnos cuenta que la diferencia entre los promedios de los niveles de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo, es reducida, por lo tanto es justificable que la diferencia entre tratamientos en cuanto a rendimiento no sea estadísticamente significativa.

En la figura 4, puede observarse el comportamiento de la humedad correspondiente al tratamiento F-20, puede verse que los niveles promedio de agotamiento de la humedad aprovechable son del orden del 80% para el estrato A y del 69% para el B.

La figura 5, corresponde al tratamiento F-24, en la cual puede observarse que la humedad descendió hasta 61% para el estrato A y a un 42% para el estrato B.

En la figura 6, correspondiente al tratamiento más largo (F-28) puede observarse que el agotamiento de la humedad aprovechable llegó a valores del 65% para el estrato A y del 50% para el estrato B.

Aunque el agotamiento de la humedad aprovechable en estos últimos tratamientos no presente mucha diferencia con respecto a los primeros, la calidad de frutos si es bastante marcada, encontrándose que conforme se amplía el intervalo de riego se pro-

ducen frutos de muy mala calidad debido a que no recibieron el riego en el momento oportuno.

6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A".

En los cuadros 21 y 22 del apéndice puede observarse el cálculo de la evapotranspiración semanal por la fórmula de Blaney-Criddle y la tasa de evapotranspiración semanal para cada uno de los tratamientos, Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A".

Para verificar la adaptabilidad de la fórmula de Blaney-Criddle y la evaporación del tanque tipo "A" en la estimación de la evapotranspiración se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente es explicado por el modelo de regresión lineal simple, encontrándose que todos los coeficientes de determinación " $r^2$ " son menores al tabulado para un nivel de significancia del 1% y  $n-2$  grados de libertad, concluyendo que el modelo de regresión lineal simple no explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos y los calculados, lo cual puede observarse en el Cuadro 24 del apéndice.

En la comparación gráfica efectuada encontramos que en las figuras 7 y 8 del apéndice correspondientes a la tasa de evapotranspiración semanal de los tratamientos F-8 y F-12, puede notarse que tanto la curva de Blaney-Criddle como la de Evaporación del tanque manifiestan un comportamiento diferente al de las curvas de dichos tratamientos, lo anterior vuelve a manifestarse en la figura 13 del apéndice en la cual las curvas de evapotranspiración acumulada de los tratamientos mencionados son notoriamente diferentes a las curvas de Blaney-Criddle y Evaporación del tanque.

En las figuras de la 9 a la 12 del apéndice puede notarse que el comportamiento de las curvas de los tratamientos F-16,

F-20, F-24 y F-28, es semejante al comportamiento manifestado por la curva de Blaney-Criddle, mientras que la curva de Evaporación del tanque tiene un comportamiento diferente.

En la figura 13. del apéndice puede notarse que las curvas de evapotranspiración acumulada de los tratamientos anteriores tienden a acercarse a la curva de Blaney-Criddle quedando más próximas a ella las correspondientes a los tratamientos F-24 y F-28.

A pesar de que gráficamente pareciera existir igualdad entre la evapotranspiración medida y la calculada, el análisis estadístico efectuado reporta que la tasa de evapotranspiración semanal medida a través de los diferentes tratamientos y la calculada por la fórmula de Blaney-Criddle y la Evaporación del tanque tipo "A", es diferente.

La evaporación del tanque es un fenómeno afectado por los mismos factores que afectan la evapotranspiración a excepción del elemento planta, por consiguiente los valores de evaporación son diferentes cuantitativamente a los valores de evapotranspiración calculados en parcelas experimentales pudiéndose ajustar dichos valores por medio de un factor proveniente de la relación  $E_t/E_v$ . 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. En el Cuadro 25 del apéndice se observa la evaporación semanal y el factor semanal de ajuste durante todo el ciclo de cultivo. Tomando en cuenta los tres primeros tratamientos (F-8, F-12 y F-16) en los cuales se obtuvieron los mejores rendimientos, puede resumirse el factor de ajuste para las diferentes etapas fenológicas del cultivo en el Cuadro 5.

Cuadro 5 Relación Et/Ev para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Etapa Fenológica	Duración	Relación Et/Ev
Desarrollo vegetativo	28-01-86 al 04-03-86	0.43
Floración	25-02-86 al 14-03-86	0.57
Fructificación	04-03-86 al 29-03-86	0.69
Cosecha	14-03-86 al 06-04-86	0.68

Se incluye la etapa de cosecha debido a que ésta se realiza gradualmente a partir de los 45 días.

## 7. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos regados cada 8, 12 y 16 días rindieron las mayores producciones tanto de frutos comerciales en kilogramos por hectárea, como en número de cajas comerciales por hectárea.
2. Las diferentes frecuencias de riego no afectan el número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo.
3. La evapotranspiración total del cultivo tiende a disminuir conforme el intervalo de riego es mayor.
4. Las etapas fenológicas de mayor consumo de agua fueron: floración, fructificación y cosecha, sin llegar nunca al porcentaje de humedad del suelo correspondiente al punto de marchitez permanente.
5. Estadísticamente los valores de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por la fórmula de Blaney-Criddle y la evaporación del tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los dos métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración en la región.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Que este tipo de investigaciones se continúe realizando en la misma región, época y cultivo para confirmar los resultados obtenidos.
2. Desarrollar este tipo de investigaciones en otras regiones y con otros cultivos, para tener una información más completa sobre los requerimientos de agua y la aplicabilidad de los diferentes métodos para estimar evapotranspiración.
3. Los coeficientes obtenidos para estimar evapotranspiración en función de la Evaporación del tanque tipo "A" pueden utilizarse como datos preliminares. Se recomienda seguirlos afinando ya que constituyen un método sencillo, práctico y aplicable a la región.
4. Bajo condiciones de escasez de agua se recomienda regar cada 16 días ya que pudo observarse que no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto a rendimiento cuando se riega cada 8, 12 o 16 días.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA CONTRERAS, M. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Tesis Ing. Agr. México, Universidad de Chapingo, Facultad de Agronomía, 1979. 321 p.
2. ANDRINO ALVAREZ, F. Efecto en los rendimientos de tomate (Lycopersicum esculentum) de cinco frecuencias de riego y verificación de la adaptabilidad de fórmulas empíricas para estimación de evapotranspiración en el Oasis, la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1985.
3. BARILLAS KLEE, E. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en el valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 69 p.
4. CASSERES, E. Producción de hortalizas. México, Herrero, 1971. 229 p.
5. DETERMINACION DEL uso consuntivo por el método gravimétrico; aplicación del método racional para el cálculo del uso consuntivo. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. Apunte Técnico no. 12. 1979. 16 p.
6. DOOREMBOS, J. Y KASSAN, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO. Serie Riego y Drenaje, no. 33. 1979. 212 p.
7. FARRINGTON, W. Y PORRES, G.O. Proyecto de irrigación del valle de la Fragua. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1964. pp. 1-33.
8. GONZALEZ DEL VALLE, J. Evaluación de distancias de siembra en pepino (Cucumis sativus L.) para ensalada. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. 51 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. Mérida, Venezuela, CIDIAT, Texto no. RD-8. 1975. 88 p.
10. GUATEMALA, DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Proyecto integral de producción, comercialización e industrialización de hortalizas y frutas (melón y sandía) en el nor-oriente de Guatemala; 5o. informe. Guatemala, 1976. 15 p.

11. ----- . Cultivo del pepino (Cucumis sativus L.). Guatemala, 1985. 12 p.
12. INFLUENCIA DE los factores del clima sobre las necesidades de agua de los cultivos. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico no. 267. 1969. 31 p.
13. INFLUENCIA DE los factores del suelo sobre las necesidades de agua de los cultivos. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico no. 266. 1969. 17 p.
14. ISRAELSEN, O.W. Y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones de riego. Traducido por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté, 1979. 276 p.
15. KRAMER, J.P. Relaciones hídricas de suelos y plantas; una síntesis moderna. México, Edutex, 1974. 392 p.
16. MELA MELA, P. Cultivos de regadío. Zaragoza, España, Agrociencia, 1963. v. 1, 350 p.
17. MENDEZ GUZMAN, L. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en melón (Cucumis melo L.) en el valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 92 p.
18. MORTENSEN, E. Y BULLARD, E.T. Horticultura tropical y subtropical. México, AID, 1967. 120 p.
19. PORRAS MIRON, M.R. Selectividad de insecticidas en la polinización del cultivo del pepino (Cucumis sativus L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 30 p.
20. REYES CASTAÑEDA, P. Diseño de experimentos aplicados. 2a ed. México, Trillas, 1982. 344 p.
21. ROE, H.B. Moisture, requeriments in agriculture, farm irrigation. Estados Unidos, Mac-Graw Hill, 1950. 179 p.
22. SANCHEZ CHAVEZ, J. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcenas Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 66 p.
23. TELLO SAMAYOA, C.A. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del chile

pimiento (Capsicum annum) en la unidad de riego el Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 70 p.

24. TORRES RUIZ, E. Agrometeorología. México, Diana, 1983. 150 p.
25. WHITHERS, D.W. Y VIPOND, S. El Riego, diseño y práctica. Traducido por Agustín Contin. México, Diana, 1979. pp. 41-127.
26. ZEA MORALES, J.L. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum) en un suelo de la serie Chica del valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 78 p.



Vo. Bo.

Patuallé

10. A P E N D I C E

CUADRO 6. RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN KILOGRAMOS POR HECTAREA

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	28549.38	20756.17	19347.99	17148.92	85802.46	21450.61
F - 12	15952.93	22067.90	22415.12	16801.70	77237.65	19309.41
F - 16	26234.57	19058.64	17129.63	11516.20	73939.04	18484.76
F - 20	7908.95	15065.59	7523.15	8834.88	39332.57	9833.14
F - 24	11072.53	8796.30	15895.06	6867.28	42631.17	10657.79
F - 28	10686.73	12268.52	10358.80	8256.17	41570.22	10392.55
TOTAL	100405.09	98013.12	92669.75	69425.15	360513.11	

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN KILOGRAMOS POR HECTAREA.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	556,408.044.00	111,281,608.80	7.95	2.90*
Bloques	3	100,477,032.00	33,492,344.00	2.39	3.29NS
Error	15	209,937,460.00	13,945,830.66		
TOTAL	23	866,822,536.00			

Coefficiente de variación 24.90%

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN KILOGRAMOS POR HECTAREA

TRATAMIENTO	MEDIA EN Kgs/Ha
F - 8	21,450.61
F - 12	19,309.41
F - 16	18,484.76
F - 24	10,657.79
F - 28	10,392.55
F - 20	9,833.14

CUADRO 9. RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO EN NUMERO DE CAJAS COMERCIALES POR HECTAREA

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	37.36	31.85	30.75	28.95	128.91	32.23
F - 12	27.93	32.85	33.10	28.66	122.54	30.63
F - 16	35.81	30.52	28.94	23.73	119.00	29.75
F - 20	19.66	27.14	19.18	20.78	86.76	21.69
F - 24	23.27	20.74	27.88	18.32	90.21	22.55
F - 28	22.86	24.49	22.50	20.09	89.94	22.48
TOTAL	166.89	167.59	162.35	140.53	637.36	

NOTA: A los resultados originales de rendimiento en número de cajas comerciales por hectárea, se les sacó raíz cuadrada para convertirlos de variables discretas a continuas.

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN NUMERO DE CAJAS COMERCIALES POR HECTAREA.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	461.14	92.23	8.90	2.90*
Bloques	3	81.32	27.11	2.62	3.29NS
Error	15	155.44	10.36		
TOTAL	23	697.90			

Coefficiente de variación 12.12%

CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN NUMERO DE CAJAS COMERCIALES POR HECTAREA.

TRATAMIENTO	MEDIAS
F - 8	32.23
F - 12	30.63
F - 16	29.75
F - 24	22.55
E - 28	22.48
F - 20	21.69

CUADRO 12. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	6.85	7.07	6.78	6.56	27.26	6.81
F - 12	6.93	7.00	6.71	7.07	27.71	6.93
F - 16	7.07	7.07	7.07	7.07	28.28	7.07
F - 20	6.93	6.78	6.93	7.07	27.71	6.93
F - 24	6.78	6.93	7.00	6.71	27.42	6.85
F - 28	6.93	7.07	7.07	7.00	28.07	7.02
TOTAL	41.49	41.92	41.56	41.48	166.45	

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

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

F. V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	0.18	0.04	2.00	2.90 NS
Bloques	3	0.02	0.006	0.30	3.29 NS
Error	15	0.30	0.02		
TOTAL	23	0.50			

Coefficiente de variación 2.0%

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

ESTRATO TO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CON-SU-MO	* AJUS-TE	LAMINA	
	DR.		AR.					PAR-CIAL	TOTAL
	FECHA	%	FECHA	%					
0-30 30-60	01-02-86	27.73 25.39	04-02-86	27.20 22.86	0.53 2.53	0.26 1.19	0.20 0.89	0.46 2.08	2.54
0-30 30-60	07-02-86	29.28 25.46	11-02-86	28.31 23.04	0.97 2.42	0.47 1.14	0.35 0.85	0.82 1.99	2.81
0-30 30-60	14-02-86	30.24 27.85	25-02-86	27.46 23.60	2.78 4.25	1.35 2.00	0.37 0.54	1.72 2.54	4.26

Lámina total . . . 9.61

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

ESTRATO TO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CON-SU-MO	* AJUS-TE	LAMINA
	DR.		AR.					PAR-CIAL
	FECHA	%	FECHA	%				
0-30 30-60	28-02-86	30.26 27.45	05-03-86	29.00 24.86	1.26 2.59	0.61 1.22	0.36 0.73	0.97 1.95
0-30 30-60	08-03-85	29.52 26.21	13-03-86	22.68 22.07	6.84 4.14	3.32 1.95	1.99 1.17	5.31 3.12
0-30 30-60	16-03-86	25.72 25.30	21-03-86	21.71 22.79	4.01 2.51	1.95 1.18	1.17 0.71	3.12 1.89
0-30 30-60	24-03-86	28.32 29.56	29-03-86	22.83 23.93	5.49 5.63	2.67 2.65	1.60 1.59	4.27 4.24
0-30 30-60	01-04-86	23.38 25.71	06-04-86	19.61 22.38	3.77 3.33	1.83 1.57	1.09 0.94	2.92 2.51

Lámina Parcial 30.30

Riegos Generales 9.61

LAMINA TOTAL 39.91

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

ESTRA- TO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CON- SUMO	* AJUS TE	LAMINA PAR- CIAL
	DR.		AR.					
	FECHA	%	FECHA	%				
0-30	28-02-86	29.56	09-03-86	25.20	4.36	2.12	0.70	2.82
30-60		28.02		25.09	2.93	1.38	0.46	1.84
0-30	12-03-86	30.80	21-03-86	20.19	10.61	5.16	1.72	6.88
30-60		29.47		22.48	6.99	3.29	1.10	4.39
0-30	24-03-86	29.62	02-04-86	21.49	8.13	3.95	1.32	5.27
30-60		26.31		23.78	2.53	1.23	0.41	1.64

Lámina parcial . 22.84  
 Riegos Generales 9.61  
 LAMINA TOTAL 32.45

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

ESTRA- TO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CON- SUMO	* AJUS TE	LAMINA PAR- CIAL
	DR.		AR.					
	FECHA	%	FECHA	%				
0-30	28-02-86	29.38	13-03-86	22.36	7.02	3.41	0.79	4.20
30-60		27.70		22.07	5.63	2.65	0.61	3.26
0-30	16-03-86	29.62	29-03-86	23.49	6.13	2.98	0.69	3.67
30-60		28.35		25.52	2.83	1.33	0.31	1.64
0-30	01-04-86	26.95	06-04-86	22.07	4.88	2.37	1.43	3.80
30-60		26.63		23.57	3.06	1.44	0.86	2.30

Lámina Parcial 18.87  
 Riegos Generales 9.61  
 LAMINA TOTAL 28.48

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

ESTRA- TO  cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CON- SUMO	* AJUS- TE	LAMINA PAR- CIAL
	DR.		AR.					
	FECHA	%	FECHA	%				
0-30	28-02-86	29.19	08-03-86	24.33	4.86	2.36	0.88	3.24
30-60		27.69	Interme- dio	24.14	3.55	1.67	0.62	2.29
0-30	08-03-86	24.33	17-03-86	19.37	4.96	2.41	-. -	2.41
30-60		24.14		18.47	5.67	2.67	-. -	2.67
0-30	20-03-86	28.84	28-03-86	23.06	5.78	2.81	1.05	3.86
30-60		27.72	Interme- dio	24.34	3.38	1.59	0.60	2.19
0-30	28-03-86	23.06	06-04-86	20.55	2.51	1.22	-. -	1.22
30-60		24.34		22.41	1.93	0.91	-. -	0.91

Lámina Parcial 18.79  
Riegos Generales 9.61  
LAMINA TOTAL 28.40

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

ESTRA- TO  cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CONSU- MO	* AJUS- TE	LAMI- NA PAR- CIAL
	DR.		AR.					
	FECHA	%	FECHA	%				
0-30	28-02-86	29.85	10-03-86	25.98	3.87	1.88	0.56	2.44
30-60		28.35	Intermedio	26.12	2.23	1.05	0.31	1.36
0-30	10-03-86	25.98	21-03-86	20.05	5.93	2.88	-. -	2.88
30-60		26.12		23.00	3.12	1.47	-. -	1.47
0-30	24-03-86	27.61	06-04-86	22.23	5.38	2.61	0.60	3.21
30-60		26.81	Intermedio	22.93	3.88	1.83	0.42	2.25

Lámina Parcial 13.61  
Riegos Generales 9.61  
LAMINA TOTAL 23.22

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

ESTRATO  cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIF.	CONSUMO	* AJUSTE	LÁMINA PARC.
	DR.		AR.					
	FECHA	%	FECHA	%				
0-30	28-02-86	29.38	12-03-86 Intermedio	22.86	6.52	3.17	0.79	3.96
30-60		27.93		23.64	4.29	2.02	0.50	2.52
0-30	12-03-86	22.86	25-03-86	20.52	2.34	1.14	-.-	1.14
30-60		23.64		23.15	0.49	0.23	-.-	0.23
0-30	28-03-86	29.32	06-04-86 Intermedio	24.46	4.86	2.36	0.79	3.15
30-60		25.78		21.55	4.23	1.99	0.66	2.65

Lámina Parcial	13.65
Riegos Generales	9.61
LAMINA TOTAL	23.26

\* Ajuste proporcional que corresponde a tres días en los cuales no se conoce el consumo, este período es el comprendido entre muestreos antes y después de riego.

CUADRO 21. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE BLANEY - CRIDDLE.

S E M A N A	1 FRACCION SEMANTAL	TEMP. °C	2 P %	3 $\frac{T+17.8}{21.8}$	f 1x2x3	Kt	Kc	Et fxKtxKc	Et' cms.
29 enero - 4 febrero	1	24.1	1.77	1.92	3.40	0.99	0.47	1.58	1.29
5 febrero-11 febrero	1	26.9	1.84	2.05	3.77	1.08	0.53	2.16	1.77
12 febrero-18 febrero	1	25.5	1.84	1.99	3.66	1.03	0.60	2.26	1.85
19 febrero-25 febrero	1	26.7	1.84	2.04	3.75	1.07	0.71	2.85	2.34
26 febrero-04 marzo	1	24.6	1.87	1.94	3.63	1.01	0.80	2.93	2.40
05 marzo - 11 marzo	1	26.7	1.90	2.04	3.88	1.07	0.83	3.44	2.82
12 marzo - 18 marzo	1	28.4	1.90	2.12	4.03	1.12	0.80	3.61	2.96
19 marzo - 25 marzo	1	24.6	1.90	1.94	3.69	1.01	0.76	2.83	2.32
26 marzo - 01 abril	1	25.4	1.91	1.98	3.78	1.03	0.71	2.76	2.26
02 abril - 06 abril	0.71	27.7	1.41	2.09	2.09	1.10	0.67	1.54	1.26
F = 35.68								25.96	21.27

$$Et' = K_g \times F$$

$$0.6 \times 35.68 = 21.41 \text{ cms.}$$

$$K_t = (0.031144 \times t) + 0.2396$$

Factor de Ajuste:

$$K' = \frac{Et}{F} = \frac{25.96}{35.68} = 0.73$$

$$FA = \frac{K_g}{K'} = 0.82$$

$$Et' = Et \times 0.82$$

CUADRO 22. VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN cms. DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".

FRACCION SEMANAL	TRATAMIENTOS						BLANEY CRIDDLE	EVAPORACION DEL TANQUE
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28		
1	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	1.29	5.25
1	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	1.77	5.58
1	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	1.85	5.34
1	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.34	5.46
1	2.55	2.72	3.26	3.52	2.05	2.09	2.40	7.29
1	6.69	3.82	3.27	3.70	2.14	2.09	2.82	6.48
1	5.24	6.57	2.59	3.94	2.77	1.85	2.96	7.14
1	6.13	4.55	2.32	3.85	2.55	1.82	2.32	6.99
1	6.30	3.02	3.62	2.60	2.39	3.38	2.26	5.17
0.71	3.39	2.16	3.81	1.18	1.71	2.42	1.26	5.41
TOTAL	39.91	32.45	28.48	28.40	23.22	23.26	21.27	60.11

CUADRO 23. VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".

FRACCION SEMANAL	TRATAMIENTOS						BLANEY CRIDDLE	EVAPORACION DEL TANQUE
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28		
1	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	1.29	5.25
1	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	3.06	10.83
1	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	4.91	16.17
1	9.61	9.61	9.61	9.61	9.61	9.61	7.25	21.63
1	12.16	12.33	12.87	13.13	11.66	11.70	9.65	28.92
1	18.85	16.15	16.14	16.83	13.80	13.79	12.47	35.40
1	24.09	22.72	18.73	20.77	16.57	15.64	15.43	42.54
1	30.22	27.27	21.05	24.62	19.12	17.46	17.75	49.53
1	36.52	30.29	24.67	27.22	21.51	20.84	20.01	54.70
0.71	39.91	32.45	28.48	28.40	23.22	23.26	21.27	60.11

CUADRO 24. COEFICIENTES DE DETERMINACION "r<sup>2</sup>" DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Vrs. BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".

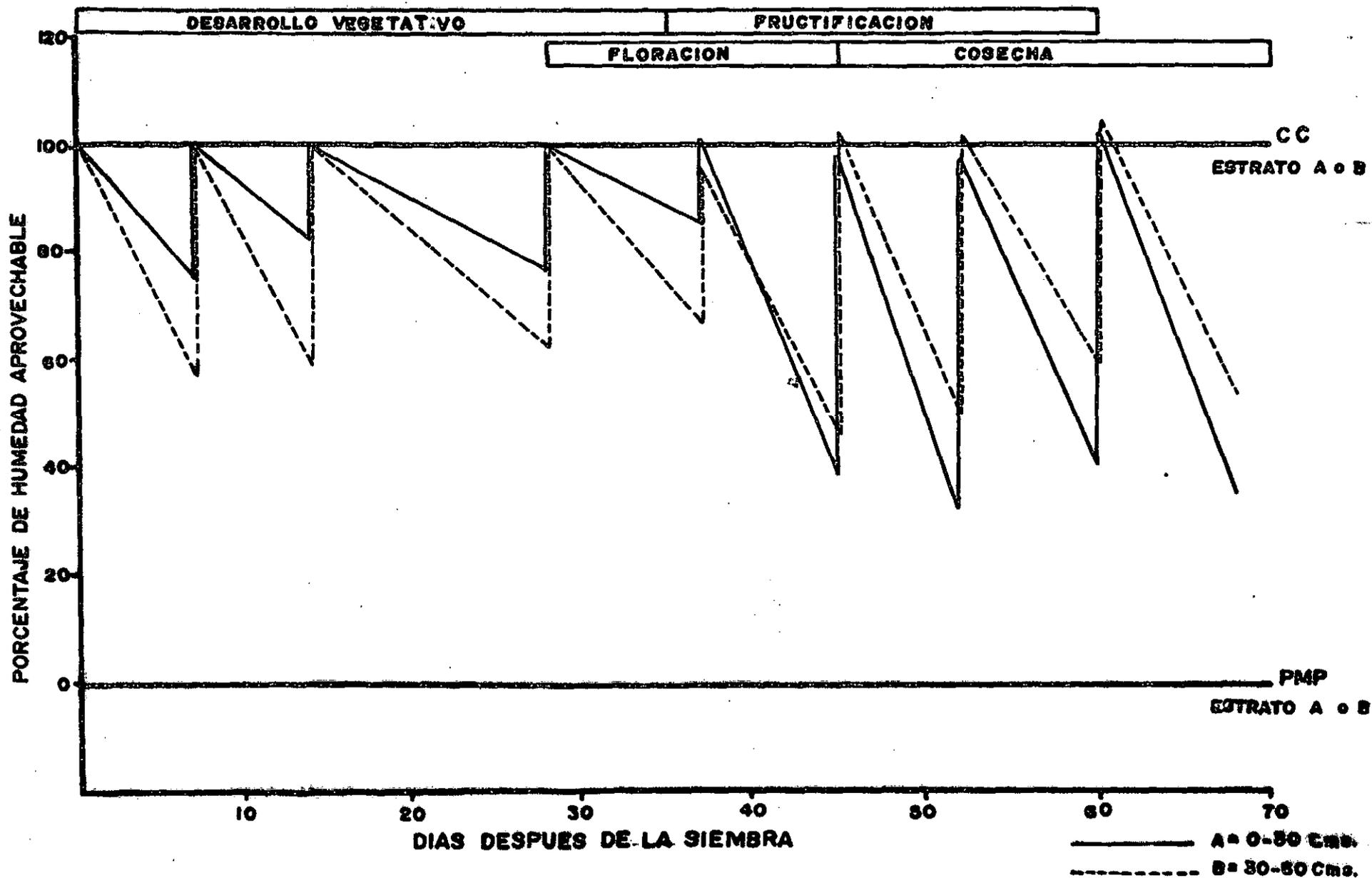
TRATAMIENTOS		rc <sup>2</sup>	rt <sup>2</sup>
F - 8	Blaney-Criddle	0.23	0.84
	Evap. del tanque	0.02	0.84
F - 12	Blaney-Criddle	0.53	0.84
	Evap. del tanque	0.32	0.84
F - 16	Blaney-Criddle	0.34	0.84
	Evap. del tanque	0.58	0.84
F - 20	Blaney-Criddle	0.84	0.84
	Evap. del tanque	0.67	0.84
F - 24	Blaney-Criddle	0.52	0.84
	Evap. del tanque	0.18	0.84
F - 28	Blaney-Criddle	0.12	0.84
	Evap. del tanque	0.72	0.84

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

FRAC- CION SEMA- NAL	EVAPORA- CION cms .	TRATAMIENTOS					
		F-8 Et/Ev	F-12 Et/Ev	F-16 Et/Ev	F-20 Et/Ev	F-24 Et/Ev	F-28 Et/Ev
1	5.25	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
1	5.58	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
1	5.34	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
1	5.46	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
1	7.29	0.35	0.37	0.45	0.48	0.28	0.29
1	6.48	1.03	0.59	0.50	0.57	0.33	0.32
1	7.14	0.73	0.92	0.36	0.55	0.39	0.26
1	6.99	0.88	0.65	0.33	0.55	0.36	0.26
1	5.17	1.22	0.58	0.70	0.50	0.46	0.65
0.71	5.41	0.63	0.40	0.70	0.22	0.32	0.45

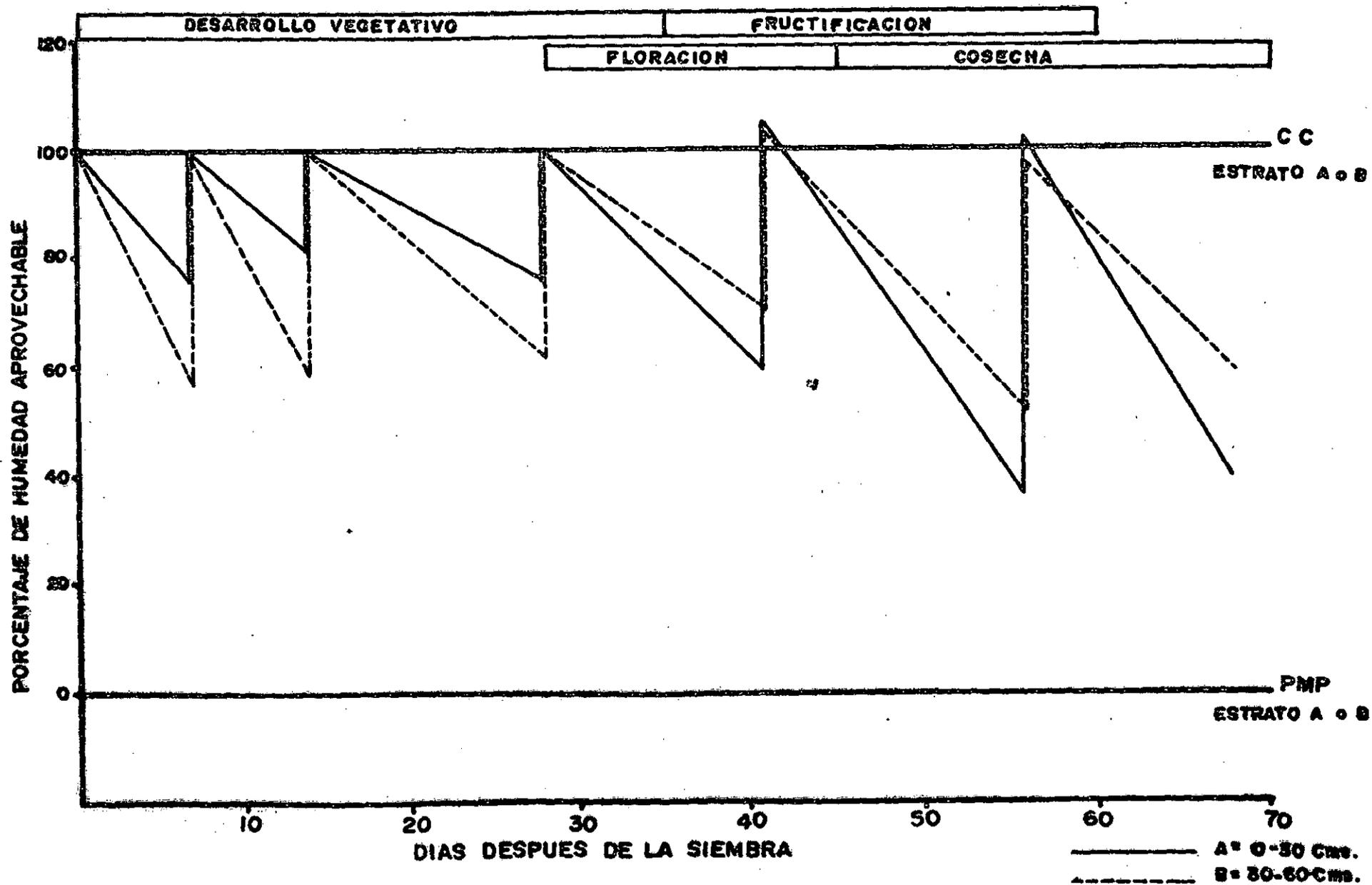
**FIGURA I**

**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE  
TRATAMIENTO F-8**



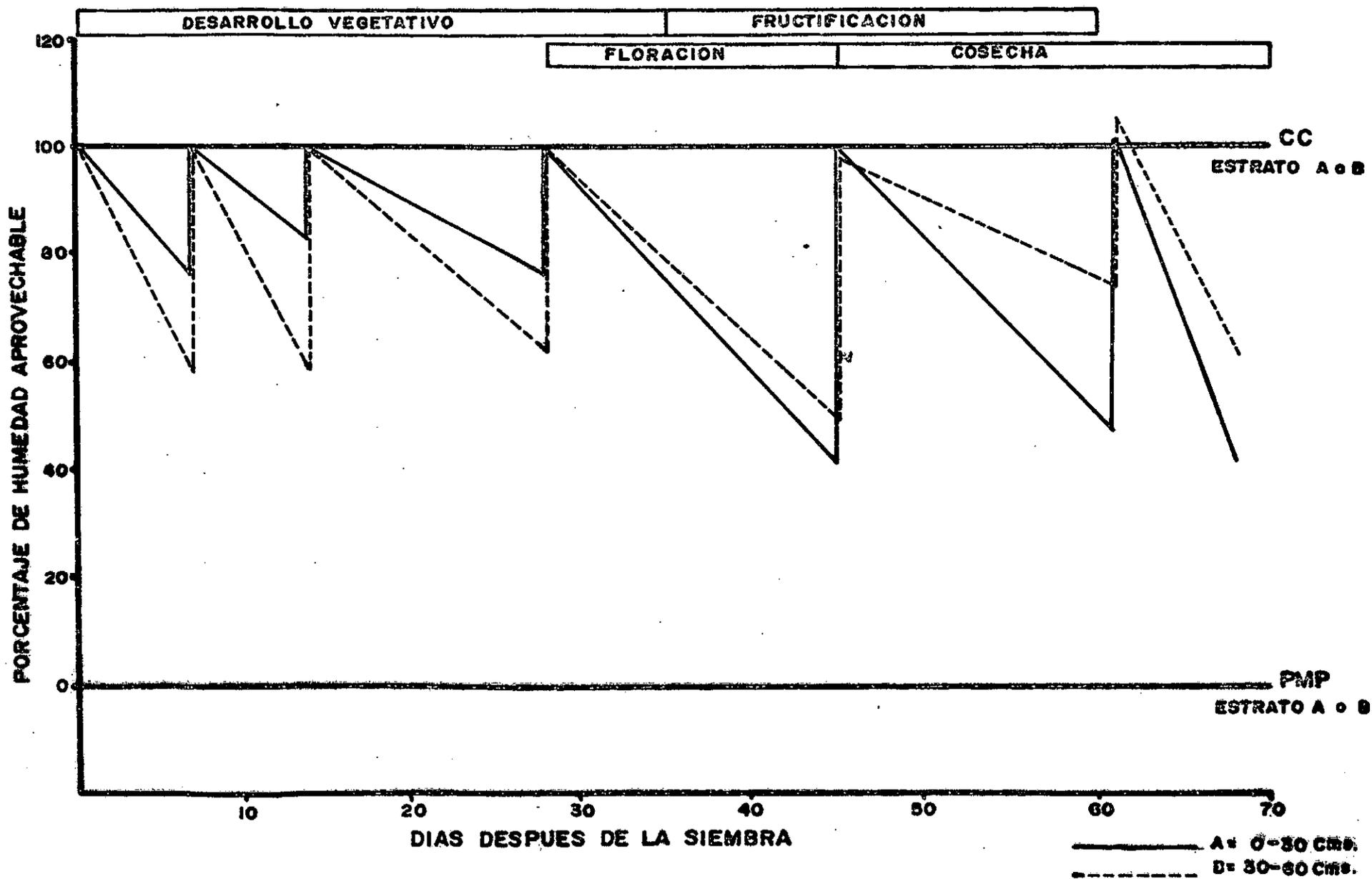
**FIGURA 2**

**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE  
TRATAMIENTO F-12**



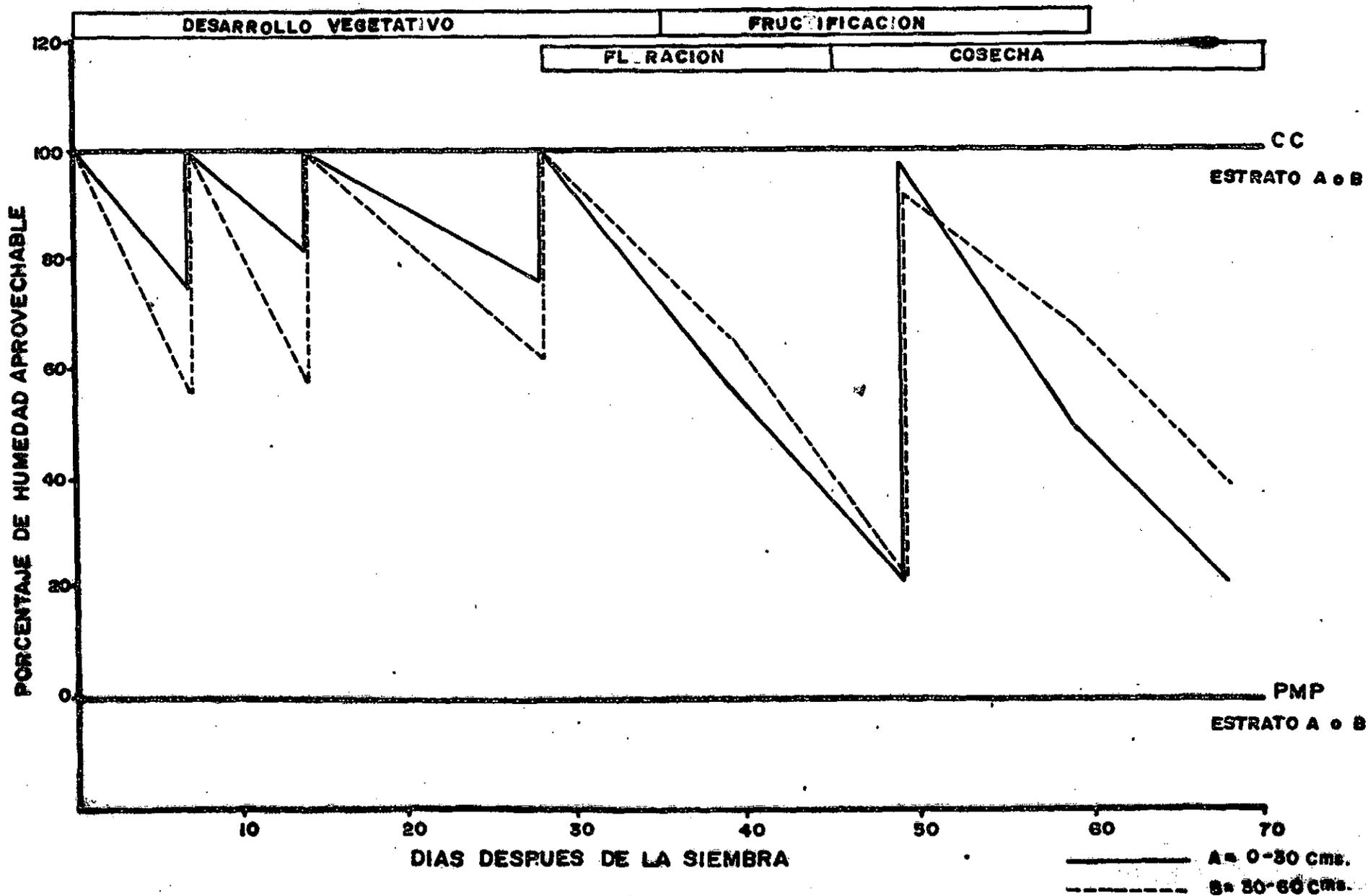
**FIGURA 3**

**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE  
TRATAMIENTO F-16**



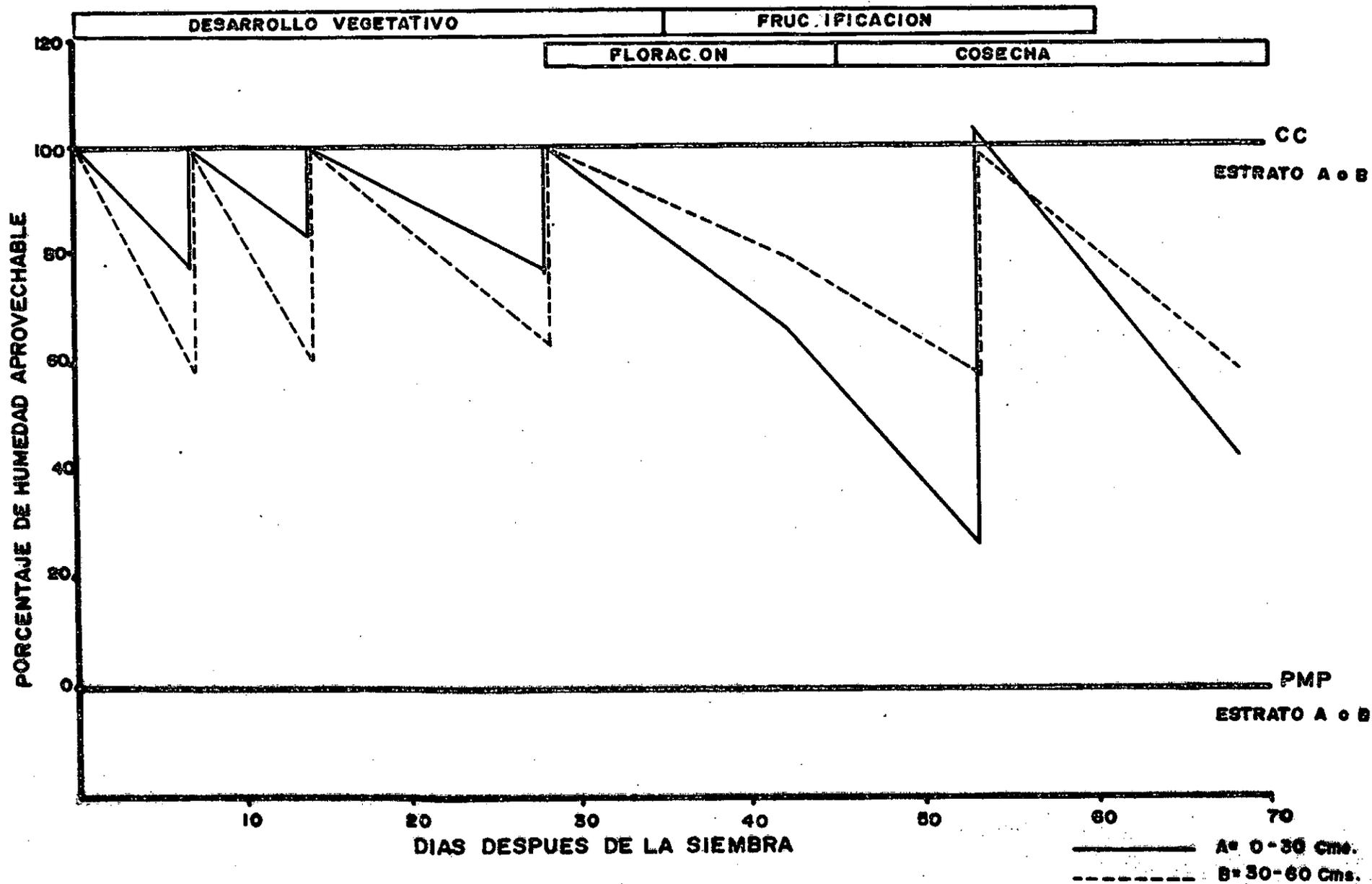
**FIGURA 4**

**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE  
TRATAMIENTO F-20**



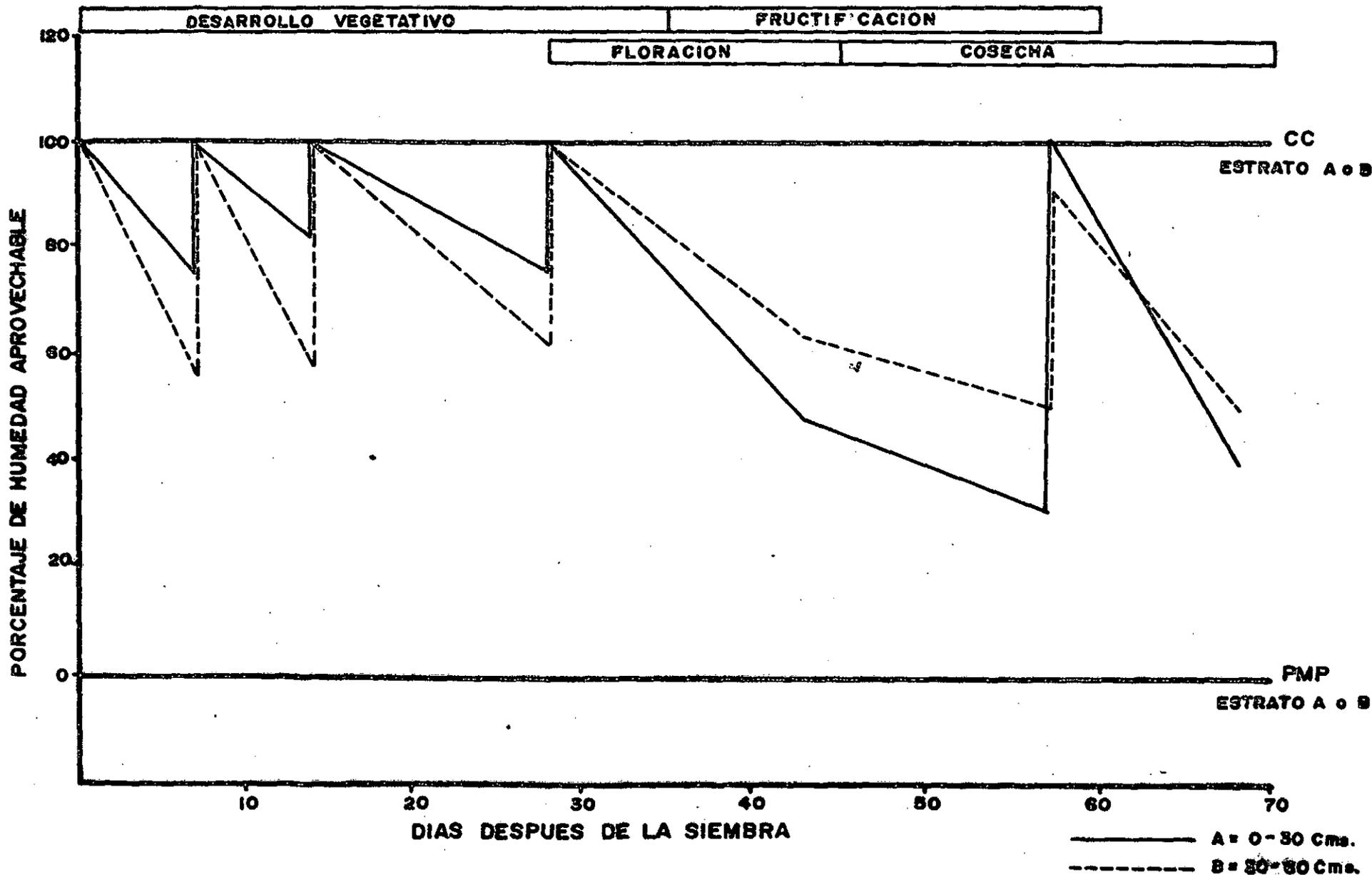
**FIGURA 5**

**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE  
TRATAMIENTO F-24**

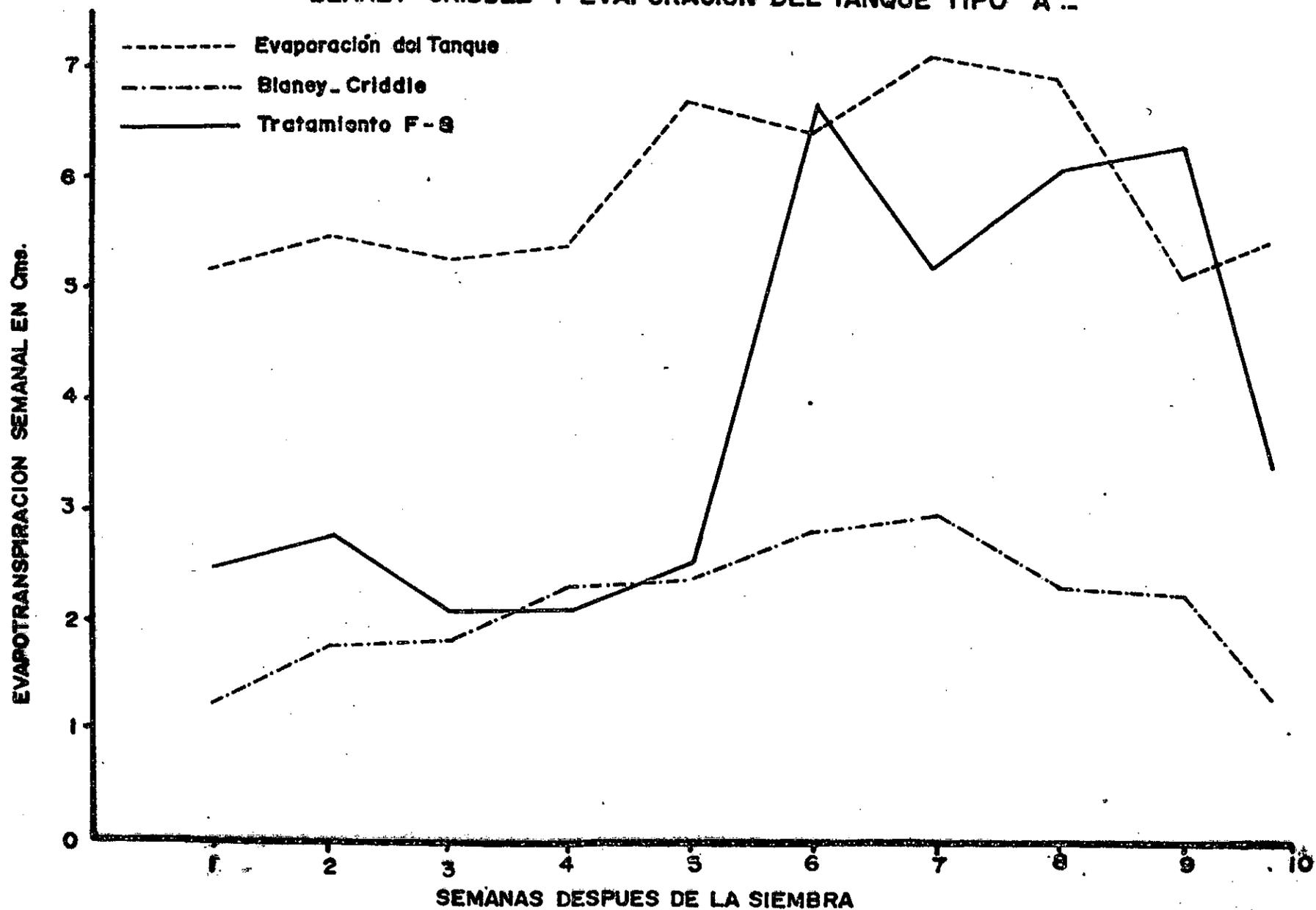


**FIGURA 6**

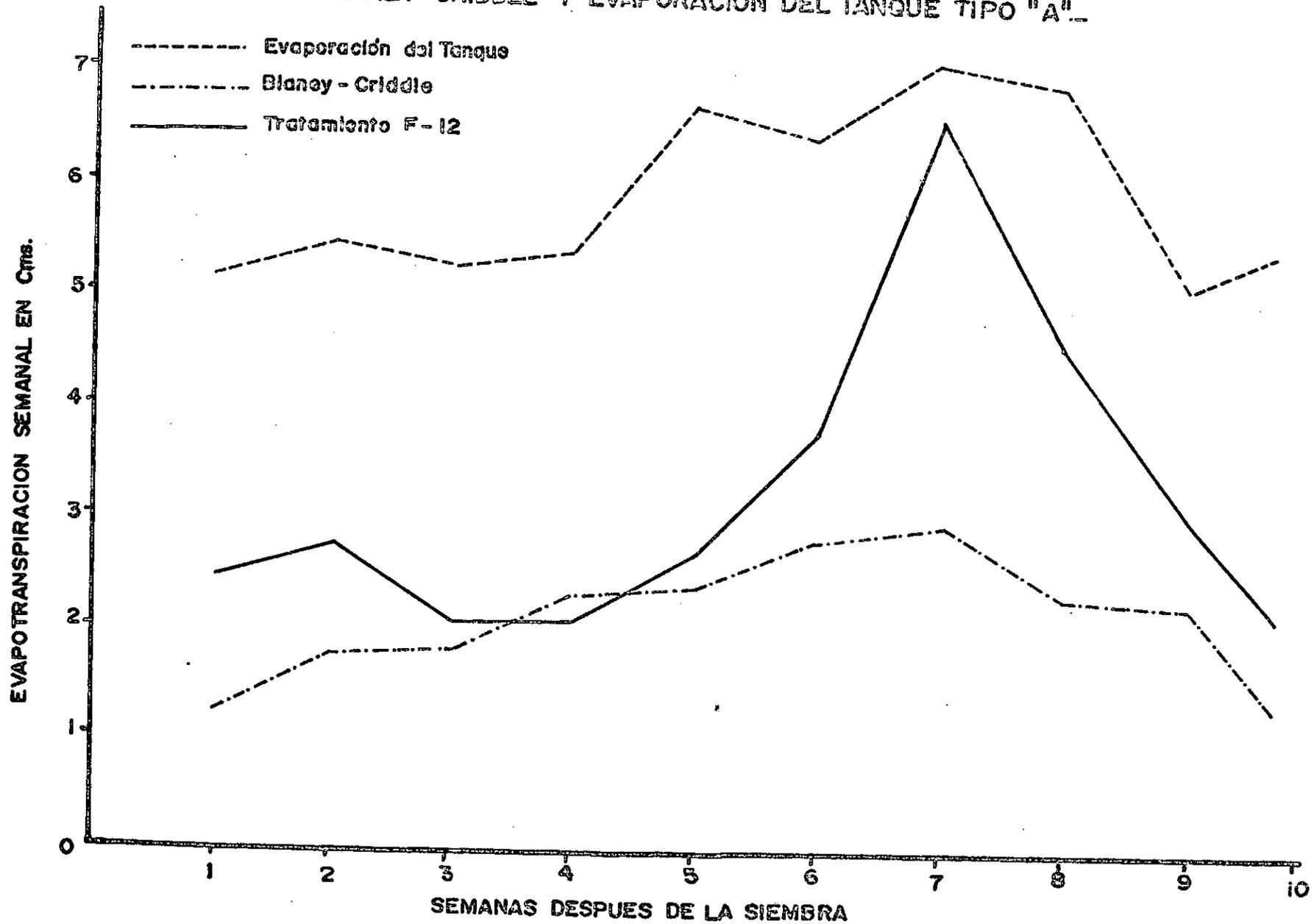
**PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE  
TRATAMIENTO F-28**



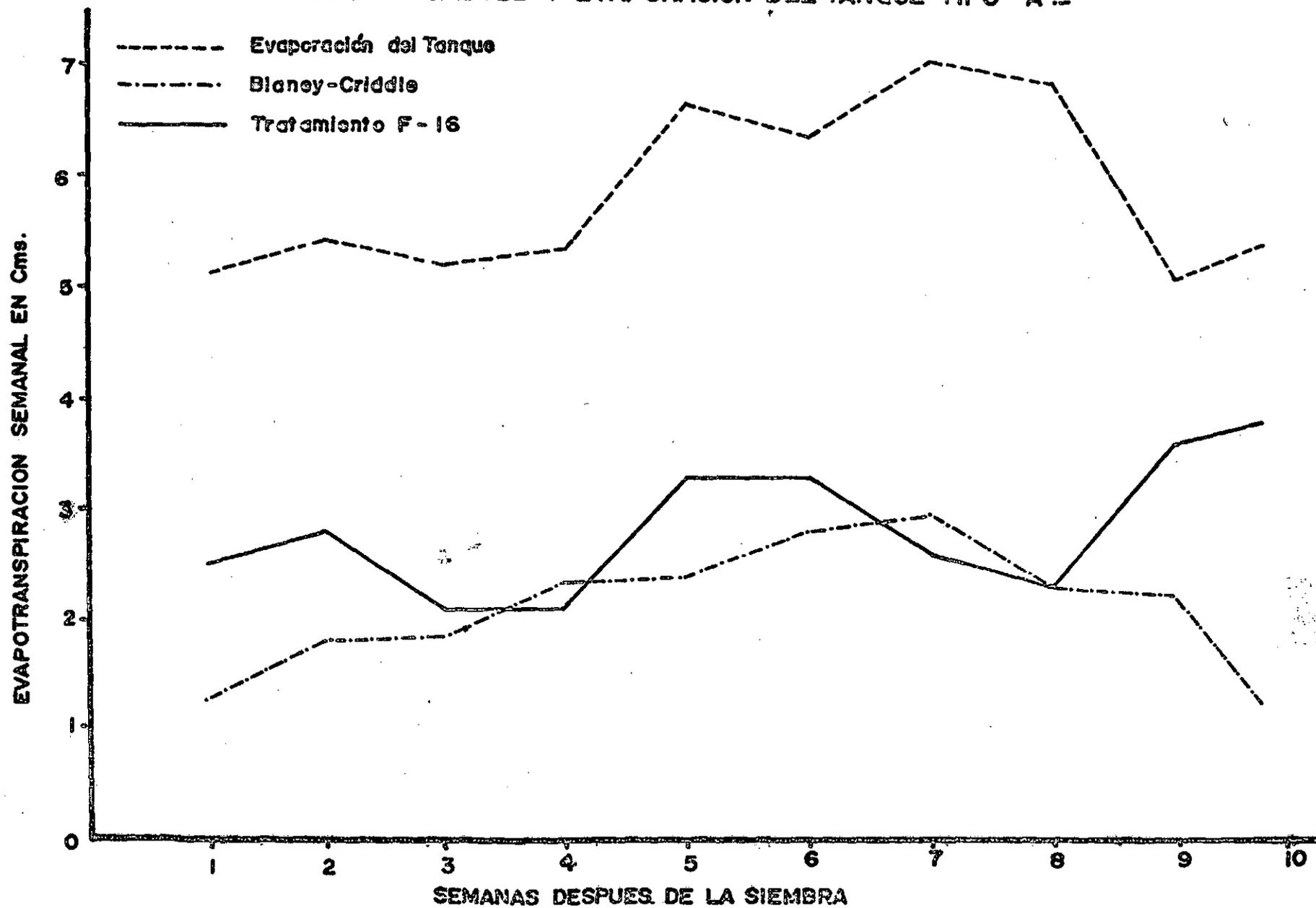
**FIGURA 7 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-8,  
BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A"..**



**FIGURA 8 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-12,  
BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".**



**FIGURA 9 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-16,  
BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".**



**FIGURA 10 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-20,  
BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".**

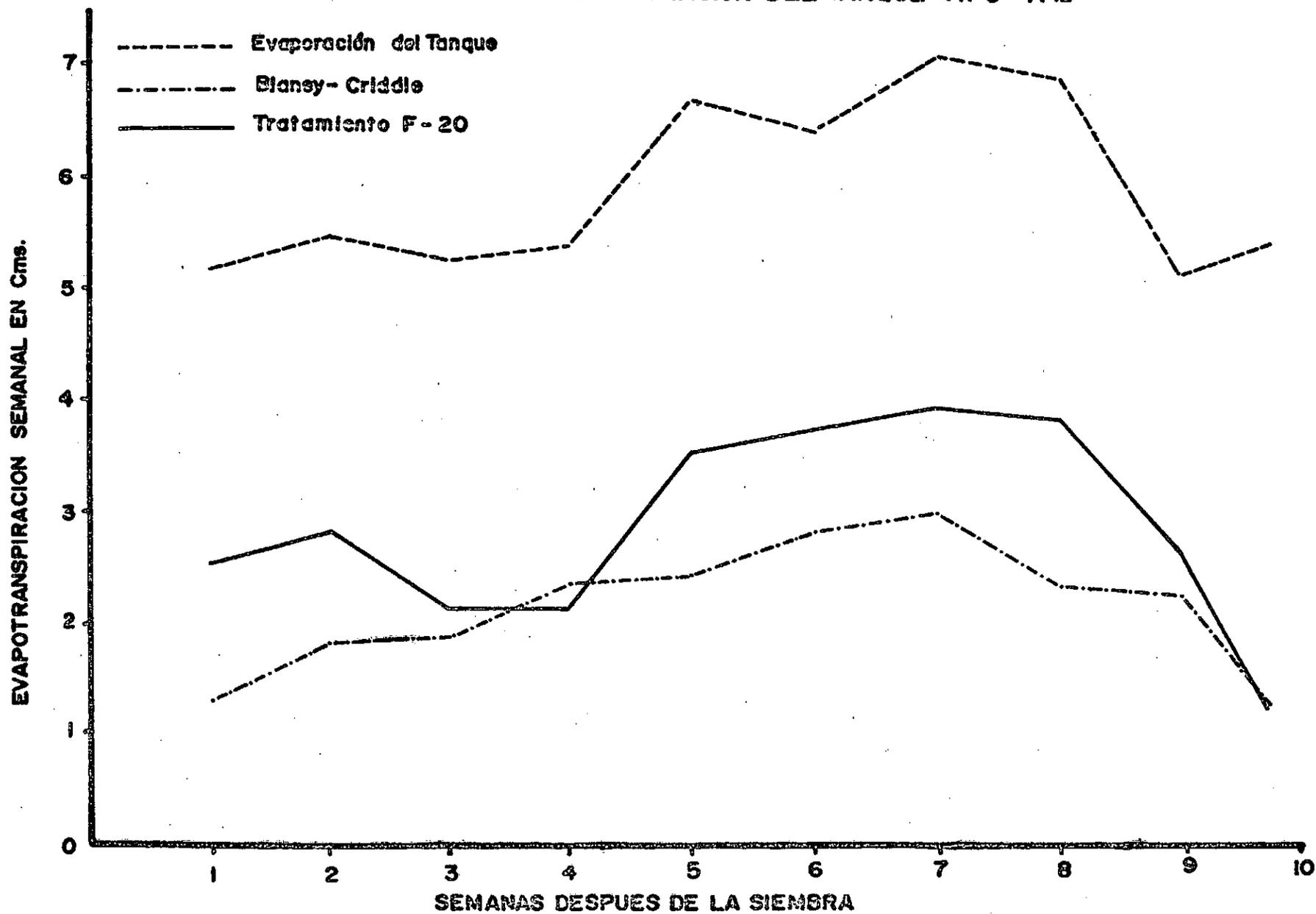
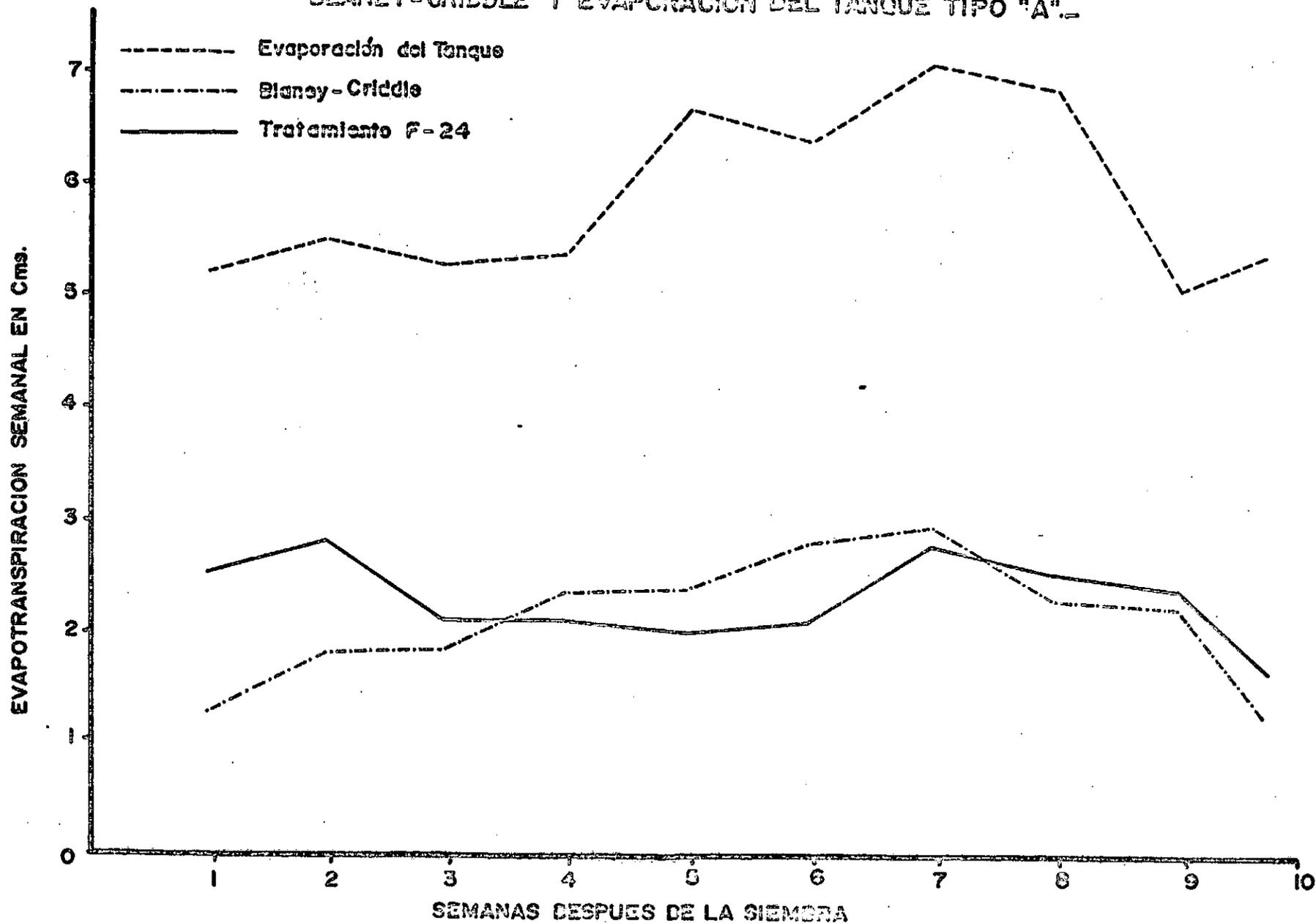
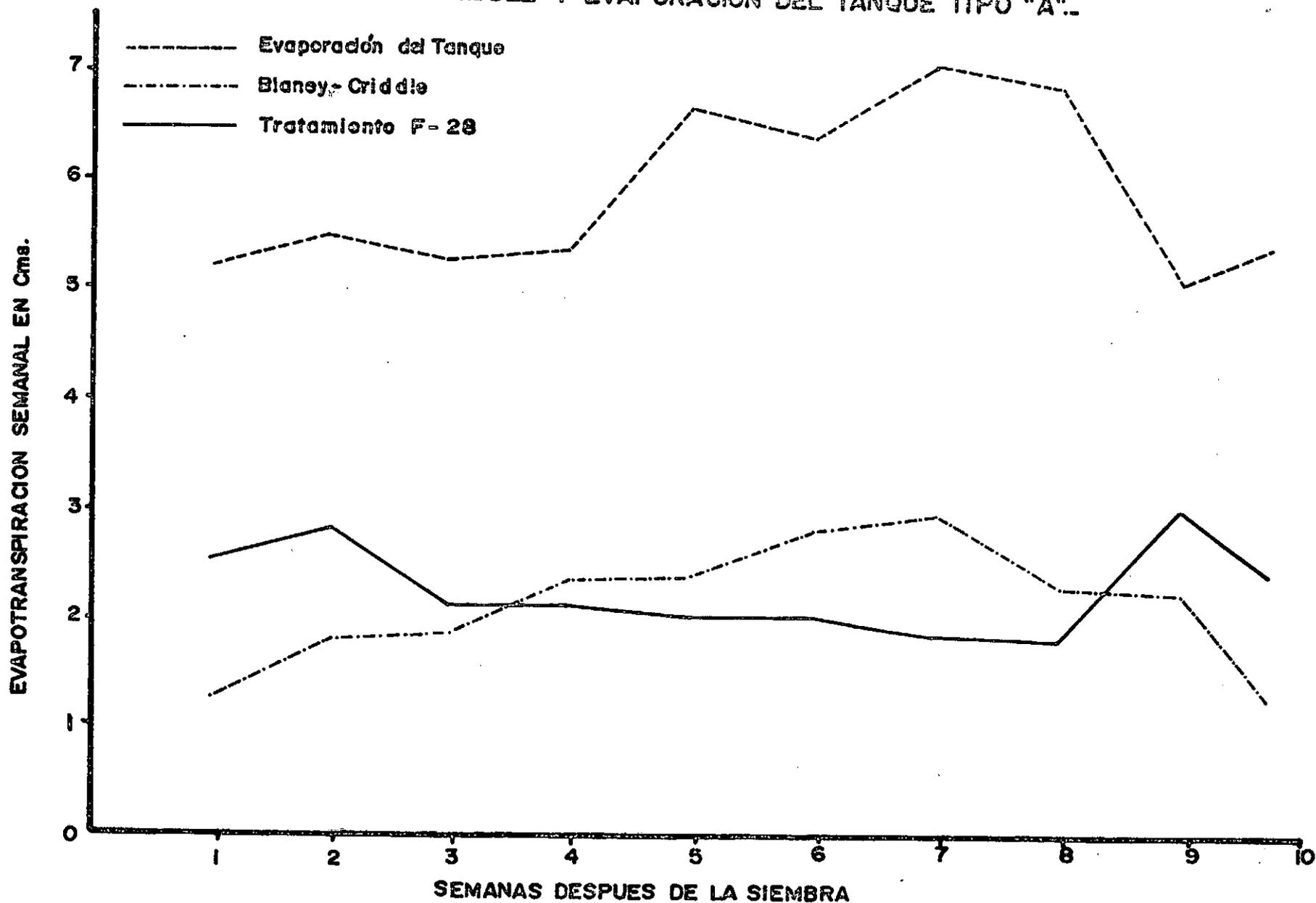


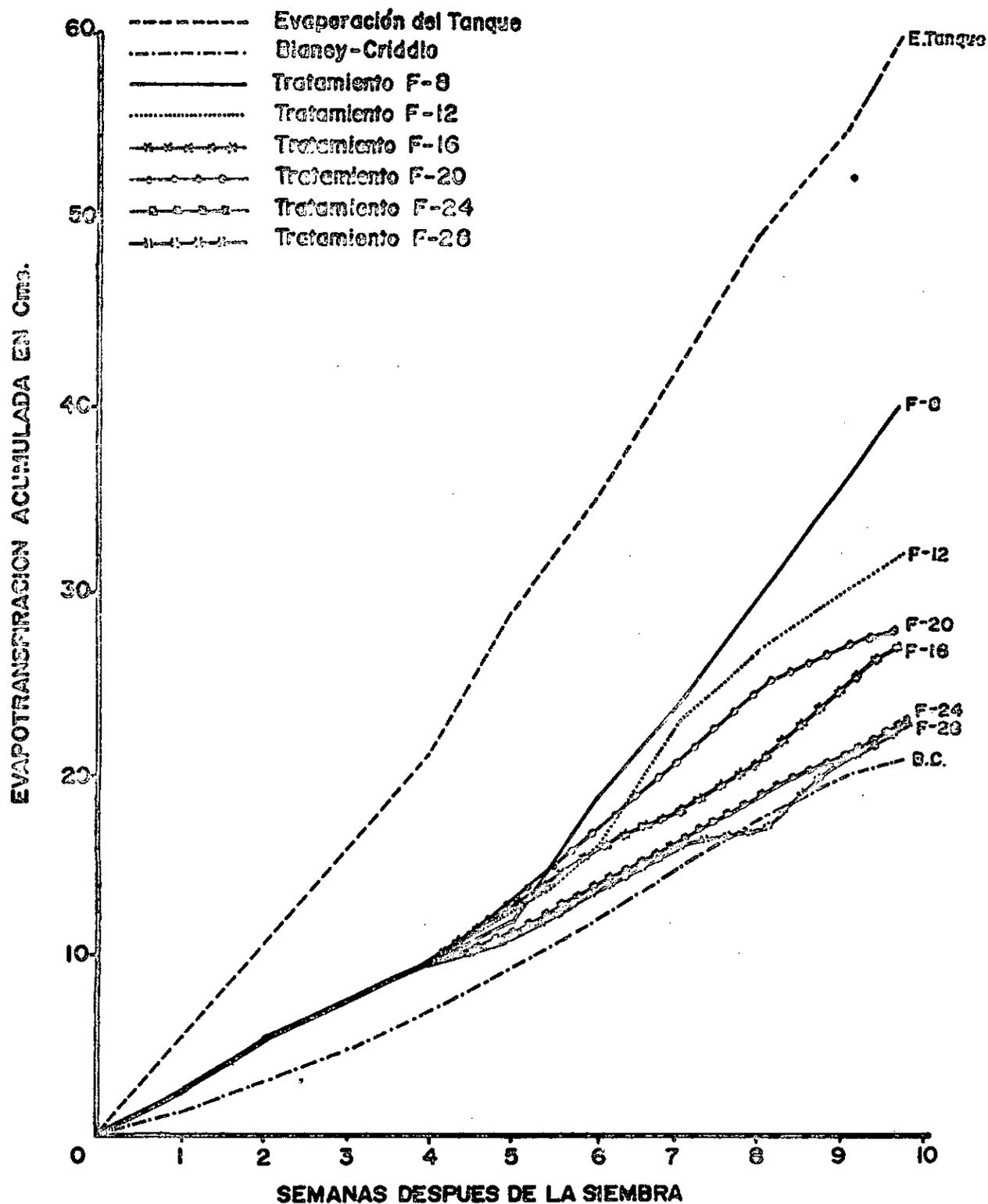
FIGURA II TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-24,  
BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".



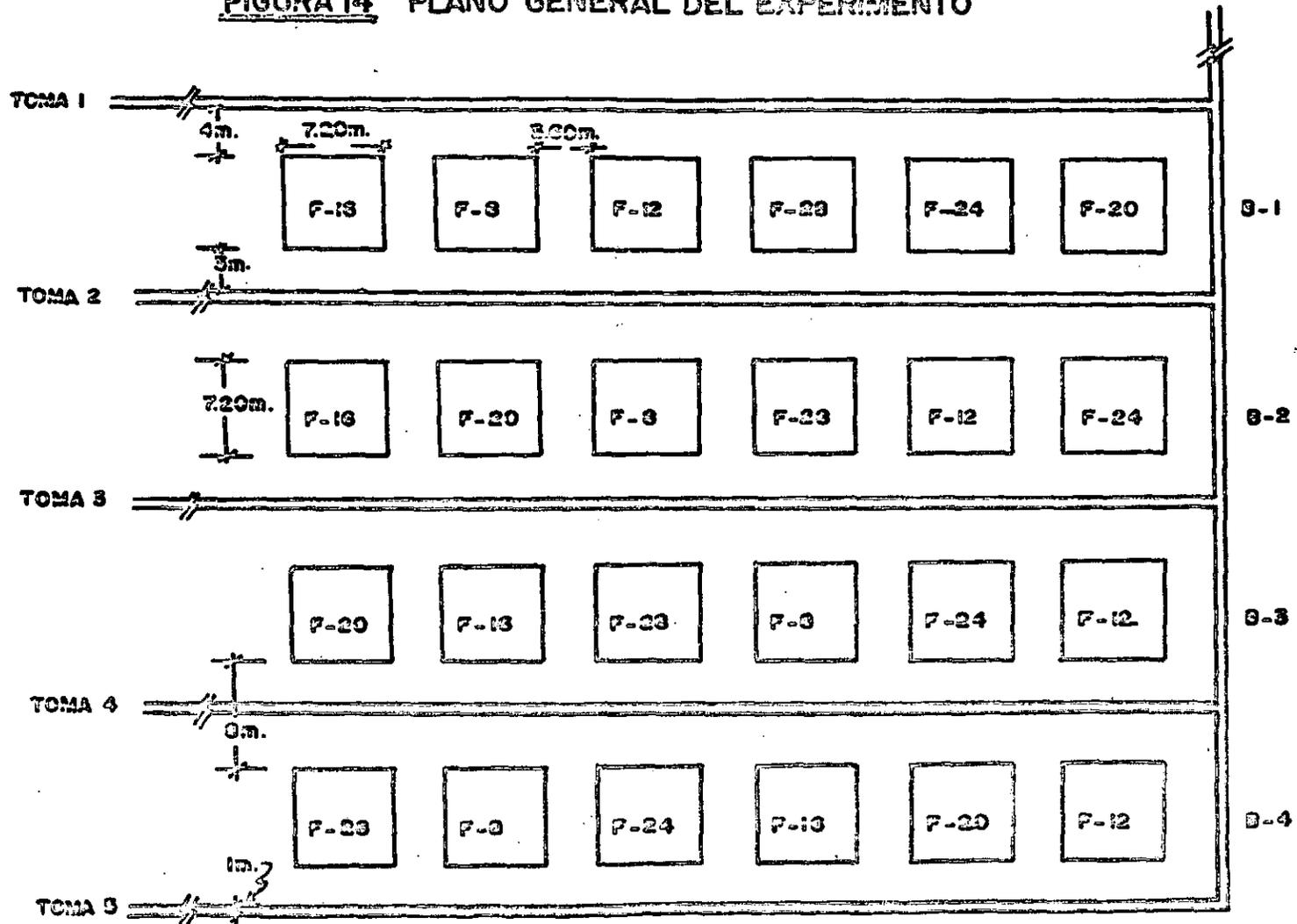
**FIGURA 12 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-28,  
BLANEY-CRIDDLE Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".**



**FIGURA 13** EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL ACUMULADA DE LOS  
DIFERENTES TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE Y  
EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A"



**FIGURA 14 PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO**



ESCALA 1:500





Referencia .....

Asunto .....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"



ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ G.  
DECANO EN FUNCIONES