

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL  
RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DE MELON  
(Cucumis melo L.) TIPO HONEY-DEW, VARIEDAD  
MAYAN SWEET EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA"



INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Abril de 1987.

DL  
01  
T(980)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO: Ing. Agr. César A. Castañeda S.  
VOCAL I: Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.  
VOCAL II: Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas  
VOCAL III: Ing. Agr. Mario Melgar M.  
VOCAL IV: Br. Luis Molina M.  
VOCAL V: T.U. Carlos Méndez  
SECRETARIO: Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda A.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Agr. César A. Castañeda S.  
EXAMINADOR: Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas  
EXAMINADOR: Ing. Agr. César Astorga García  
EXAMINADOR: Ing. Agr. Adalberto Rodríguez  
SECRETARIO: Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda A.

Guatemala,  
Abril de 1987.

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

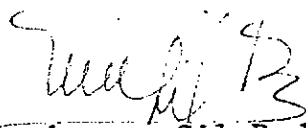
Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DE MELON (Cucumis melo L.) TIPO HONEYDEW, VARIEDAD MAYAN SWEET, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA".

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

Atentamente,

  
Mardoqueo Gil Rodríguez



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

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Guatemala,  
Abril de 1987.

Ingeniero Agrónomo  
César Augusto Castañeda Salguero  
Decano  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ingeniero Castañeda Salguero:

Por este medio me permito manifestar a usted que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DE MELON (*Cucumis melo* L.) TIPO HONEY-DEW, VARIEDAD MAYAN -- SWEET, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA", desarrollado por el estudiante Mardoqueo Gil Rodríguez.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M. Sc. Jorge Sandoval Illescas  
ASESOR

JSI/oe.  
c.c. Archivo.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS.

A MI PADRINO: Mons. Santiago Gil Blanco

A MIS PADRES: Mardoqueo Gil Pinzón  
María Rodríguez de Gil

A MI ESPOSA: Dora S. de Gil

A MI HERMANO: José R. Gil Rodríguez

A MI FAMILIA EN GENERAL.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION.

## TESIS QUE DEDICO

A: Guatemala.

A: La Universidad de San Carlos de Guatemala

A: La Facultad de Agronomía.

A: Mi Inolvidable Jalapa.

A: El Campesino Guatemalteco.

## AGRADECIMIENTO

- AL: Ing. Agr. M.S. Jorge Sandoval Illescas, por la asesoría y valiosa colaboración en la elaboración del presente trabajo.
- AL: Ing. Agr. David Juárez, por la asesoría brindada a la presente tesis.
- AL: Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía.
- AL: Personal técnico-administrativo y de campo del Centro de Producción Agrícola "El Oasis" del ICTA, Zacapa.
- A: Carlos Eduardo Robles Z., por su desinteresada y muy fina colaboración.
- A: Maco A. Batten, por su interés, orientación y apoyo en la realización de mi tesis.

## INDICE GENERAL

	<u>PAGINA</u>
INDICE DE CUADROS.	
INDICE DE FIGURAS.	
RESUMEN.	i
I. INTRODUCCION.	1
II. HIPOTESIS.	3
III. OBJETIVOS.	4
1. OBJETIVO GENERAL.	4
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	4
IV. REVISION DE LITERATURA.	5
1. Características y necesidades edafoclimáticas del cultivo.	5
2. Efecto de la humedad en el cultivo.	6
3. Frecuencia y programación del riego.	6
4. Constantes de humedad en el suelo.	8
4.1. Humedad a capacidad de campo.	8
4.2. Punto de marchitez permanente.	10
5. Densidad aparente.	10
6. Evapotranspiración.	11
7. Métodos para determinar la evapotranspiración.	12
7.1. Método de parcelas de campo.	12
7.2. Método de Blaney-Criddle.	13
7.3. Método de Hargreaves modificado en 1966.	14
7.4. Método de evaporación del tanque tipo "A".	16
V. METODOLOGIA.	18
1. Descripción y localización del sitio experimental.	18
	19



	<u>PAGINA</u>
2. Análisis y determinaciones previas.	19
3. Manejo del cultivo.	20
4. Manejo del experimento.	20
4.1. Trazo del experimento.	20
4.2. Método de riego.	20
4.3. Lámina de agua a reponer en cada riego.	21
4.4. Lámina de agua consumida.	21
4.5. Riegos generales.	22
4.6. Método y momento de muestreo.	22
4.7. Diseño estadístico.	22
4.8. Parcela experimental.	23
4.9. Variables respuesta.	24
4.10. Metodología para análisis de resultados.	24
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.	28
1. Variables respuesta.	28
1.1. Rendimiento.	29
1.2. Número de frutos exportables por parcela.	30
1.3. Contenido de azúcar en grados Brix.	30
1.4. Número de plantas vivas al final del ciclo.	31
2. Uso del agua.	31
2.1. Lámina de agua consumida.	31
2.2. Agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.	32
3. Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación del tanque tipo "A".	34
VII. CONCLUSIONES.	37
VIII. RECOMENDACIONES.	38
IX. APENDICE.	39
X. BIBLIOGRAFIA.	57

## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
1.	Resultados promedio de las variables respuesta evaluadas.	29
2.	Láminas (cms) consumidas en cada riego y totales para cada uno de los tratamientos.	31
3.	Relación Et/Ev para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.	36
4.	Resultados del análisis químico del suelo.	40
5.	Propiedades físicas del suelo.	40
6.	Raíz cuadrada del rendimiento en número de cajas exportables por hectárea.	40
7.	Andeva para el rendimiento en número de cajas exportables por hectárea.	40
8.	Rendimiento del fruto exportable en Kilogramos por hectárea.	41
9.	Andeva para el rendimiento del fruto exportable en kilogramos por hectárea.	41
10.	Raíz cuadrada del número de frutos exportables recolectados por parcela.	41
11.	Andeva para el número de frutos exportables por parcela.	42
12.	Contenido de azúcar en grados Brix.	42
13.	Andeva para el contenido de azúcar en grados Brix.	42
14.	Prueba de Tukey para el contenido de azúcar en grados Brix.	42
15.	Raíz cuadrada del número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo.	43
16.	Andeva para el número de plantas vivas al final del ciclo.	43

## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
17.	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para todos los tratamientos durante los riegos generales.	43
18.	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-8.	44
19.	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-12.	44
20.	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-16.	45
21.	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-20.	45
22.	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-24.	46
23.	Cálculo de la evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Blaney-Criddle.	46
24.	Cálculo de evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Hargreaves modificado en 1966.	47
25.	Evapotranspiración semanal y total (cms) de los diferentes tratamientos, de los modelos Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	47
26.	Valores de Evapotranspiración acumulada (cms) de los diferentes tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	48

## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
27.	Coeficientes de determinación " $r^2$ " de la evapotranspiración semanal de los tratamientos Vrs. Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	48
28.	Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y la evaporación -- semanal del tanque tipo "A".	49

## INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA No.</u>		<u>PAGINA</u>
1.	Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-8.	50
2.	Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-12.	51
3.	Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-16.	52
4.	Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-20.	53
5.	Porcentaje de humedad aprovechable tratamiento F-24.	54
6.	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-8, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	55
7.	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-12, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	56
8.	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-16, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	57
9.	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-20, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	58
10.	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-24, Blaney-Criddle, Evaporación del tanque tipo "A".	59
11.	Evapotranspiración semanal acumulada de los diferentes tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A".	60
12.	Plano general del experimento.	61

## 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 cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del melón (Cucumis melo L.), Tipo Honey-Dew, Variedad Mayan Sweet. Las frecuencias utilizadas fueron 8, 12, 16, 20 y 24 días arregladas en un diseño experimental de bloques al azar con 5 repeticiones, teniendo un total de 25 parcelas en las cuales se midió el consumo de agua en forma directa y se comparó con el consumo estimado por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y 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 en número de cajas exportables por hectárea, rendimiento del fruto exportable en kilogramos por hectárea, número de frutos exportables recolectados por parcela, contenido de azúcar en grados Brix y número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo.

Al evaluar los diferentes tratamientos se encontró que entre las frecuencias de 8, 12, 16, 20 y 24 días no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto a rendimiento, número de frutos de exportación y número de plantas vivas al final del ciclo, siendo considerados como iguales. En cuanto a contenido de azúcar en grados Brix, se encontró que las frecuencias más largas como lo son 20 y 24 días concentraron en mayor grado el contenido de la misma.

Al medir la evapotranspiración en los diferentes tratamientos puede notarse que la cantidad de agua consumida tiende a disminuir conforme se alarga el intervalo, alcanzando valores desde 37.49 centímetros para la F-8, hasta 28.57 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 las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los métodos para estimar la evapotranspiración en la región.

Finalmente, por considerar que los experimentos en melón desarrollados en ésta zona han dado resultados uniformes y confiables, se recomienda no continuar éste tipo de investigación en ésta área y cultivo, no así para otras regiones de similar importancia.

## I. INTRODUCCION.

Guatemala es un país que tiene un incremento demográfico alto, dependiente económicamente de la agricultura, por lo que el uso de los recursos con que cuenta debe hacerse eficiente. Uno de estos recursos es el agua, la cual constituye un factor indispensable para la producción en área secas. En algunos lugares se observa poca eficiencia en el uso de este recurso; por ejemplo, algunos distritos de riego del país no están siendo manejados eficientemente, tanto en la conducción como en la distribución del agua, lo cual provoca desperdicios de dicho recurso, aumento de los costos, bajos rendimientos y disminución del área potencialmente regable.

En Guatemala, las investigaciones sobre el uso del agua son bastante recientes, es hasta 1983 cuando el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía impulsa este tipo de estudios, con el objeto de dar un mejor manejo al recurso agua en los distritos de riego, mejorando la eficiencia de los mismos y aumentando así el número de agricultores que viven dentro del área diseñada que reciben sus beneficios.

Actualmente, se cuenta con estudios en los cultivos de Melón, Tomate, Chile Pimiento y Tabaco sobre frecuencias y láminas de riego, los cuales por sí mismos no pueden ser conclusiones determinantes; de ahí la necesidad de repetir las investigaciones con los mismos cultivos y localidades para verificar y dar consistencia a los resultados y conclusiones ya obtenidos.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Riego Llano de Piedra, la cual corresponde al distrito de riego No. 7,



localizado en el Valle de la Fragua, Zacapa. Se trabajó con Melón (Cucumis melo L.), tipo Honey-Dew, variedad Mayan Sweet, sobre las variables; frecuencias y láminas de riego.

Las frecuencias que se trabajaron en el presente experimento fueron: 8, 12, 16, 20 y 24 días, de las cuales la frecuencia de 8 días se constituyó testigo, dado que es la utilizada por los agricultores de la región; las otras frecuencias nos permitieron ver la amplitud aceptable en el intervalo de riego.

Las láminas de riego o evapotranspiración se midieron directamente en el campo por el método de parcelas experimentales, cuyos resultados se compararon con las mediciones indirectas efectuadas a través de las fórmulas experimentales de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y el tanque evaporímetro tipo "A".

## II. HIPOTESIS.

1. Los rendimientos obtenidos en el cultivo de melón, serán diferentes con la aplicación de las frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20 y 24 días.
2. El valor de la evapotranspiración o consumo de agua por el cultivo será diferente en los tratamientos regados con distinto intervalo de riego.
3. La evapotranspiración medida en el campo durante todo el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente del valor de la evapotranspiración estimada con las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y evaporación en tanque tipo "A".

### III. OBJETIVOS.

1. OBJETIVO GENERAL:

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

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Determinar la frecuencias de riego más recomendable para el cultivo y condiciones del área.
2. Determinar la evapotranspiración total en el ciclo de cultivo para los diferentes tratamientos.
3. Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
4. Verificar la adaptabilidad de las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y evaporación en tanque tipo "A" para el área en la estimación de la evapotranspiración.
5. Establecer la relación evapotranspiración/evaporación para las diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con mayores rendimientos.

#### IV. REVISION DE LITERATURA.

##### 1. Características y necesidades edafoclimáticas del cultivo.

El melón es un cultivo originario de las regiones tropicales y subtropicales de Africa. La planta es herbácea anual con tallo rastrero ramificado de varios metros de longitud; las hojas son alternas reniformes o codiformes, anchas y provistas de un largo peciolo. La raíz puede penetrar hasta 1.80 m de profundidad, aunque la mayor parte de su sistema radicular se mantiene en los primeros 60 cm. Las flores son unisexuales situadas en la axila de las hojas; primero aparecen las de sexo masculino y después de unos 10 días, las de sexo femenino, alternándose de la misma forma a medida que crece la planta. El color de su cáscara es muy variado, siendo en algunos casos verde, blanco o amarillo; a su vez, la superficie de ésta cáscara puede ser lisa, reticulada, surcada o rugosa. Su forma puede ser redonda, oval o aplanada en los polos; la pulpa puede ser blanca, verde y comúnmente amarillo-anaranjado. El melón es azucarado, perfumado y típico, según sean las variedades, las condiciones edafoclimáticas y el grado de maduración. (11,15,17).

La planta de melón es muy exigente, es indispensable cultivarla en condiciones de clima cálido, temperaturas de 10° a 12°C le son nocivas; por este motivo en aquellas regiones en que se dejan sentir fríos tardíos no son indicadas para melón.

La temperatura óptima de desarrollo es de 18° a 23°C. la germinación es excelente a 35°C y la temperatura mínima alrededor de 15°C. (11).

En cuanto al suelo, es mejor dedicarle terrenos más bien sueltos de buena fertilidad, frescos y en condiciones hídricas perfectas, pues le daña mucho el encharcamiento del agua. La reacción del suelo debe ser neutra o subácida (pH 6 - 6.7), ya que en condiciones de excesiva acidéz o alcalinidad se notan desequilibrios en el crecimiento. (11).

## 2. Efecto de la humedad en el cultivo.

Grassi (8), establece en forma general que durante el período de crecimiento, los cultivos requieren buenas condiciones de humedad en el suelo, dado las crecientes necesidades del proceso evapotranspiratorio. El período de floración generalmente es crítico para todas las especies vegetales y en consecuencia se requiere un buen abastecimiento de agua. Durante el período de fructificación, el crecimiento aéreo y de raíces se ha completado y la velocidad de evapotranspiración comienza a disminuir.

Las plantas de melón no toleran exceso de agua y no deben sembrarse en lugares en donde ésta se encharque después de haber llovido, o en lugares donde la tierra es fácilmente arrastrada. El melón es poco resistente a frecuentes lluvias, pues éstas favorecen los ataques de enfermedades de la raíz, follaje y fruta, reduciendo mucho la calidad de ésta última. (20).

## 3. Frecuencia y programación del riego.

De acuerdo con Israelsen-Hansen (14), los factores que influyen sobre el momento más oportuno de regar son: Factores edáficos, climáticos, disponibilidad de agua y capacidad de la zona radicular para almacenar la misma.

Los cultivos de zona radicular superficial requieren riegos más frecuentes que aquellos de sistema radicular más profundo. El melón tiene un sistema radicular que puede llegar hasta 1.80 m pero en condiciones de riego las raíces se concentran principalmente en la capa superior del suelo a 0.6 m de profundidad (11).

Según Withers y Stanley (25), la mayoría de los cultivos producen máximos rendimientos si son regados cuando aproximadamente el 50% del depósito del suelo está agotado. Los cultivos de hortalizas, tienen sistemas radiculares poco profundos, y frecuentemente rinden mejor si son regados al 30% de agotamiento del agua total disponible en el suelo.

Doorembos y Kassan (15), indican para el melón una profundidad efectiva de la raíz de 60 a 75 cms y la cantidad recomendada de agotamiento de humedad disponible antes de que el riego sea iniciado es de 30%.

Información sobre riego en el cultivo de melón dada en el curso de Administración, operación y mantenimiento de unidades de riego (9), indica que los coeficientes de riego adoptados por la Comisión Nacional de Irrigación para Melón son: 3 a 4 riegos por ciclo ó 4500 a 6000 m<sup>3</sup>/ha/ciclo. La intensidad de riego es en base a 1500 m<sup>3</sup>/ha que es la lámina de agua que se necesita para regar la unidad de superficie en un sólo riego. En el mismo curso se informa que las frecuencias de riego por cultivo en nuestro país, debido a falta de investigación en cuanto a lámina de agua y frecuencias de riego, se han tomado en forma empírica las siguientes: Hortalizas cada 3 días; maíz, pastos cada 10 días; arroz cada 8 días y árboles frutales cada 10 días.

Russell (20), indica que en el área de Teculután, El Rancho y La Fragua, las plantaciones de Melón normalmente deben irrigarse

cada semana desde la siembra hasta la recolección del producto. Lo anterior coincide con las recomendaciones del ICTA (10), en donde además se recomienda efectuar los riegos utilizando sifones, para lograr uniformidad en la distribución del agua.

Según Leñano (15), hay que asegurar la necesaria cantidad de agua, por medio de los riegos oportunos, pero sin excederse en ello, ya que los encharcamientos de agua son muy perjudiciales al melón. Al acercarse la maduración del fruto, conviene tener el mayor cuidado en la distribución del agua para no provocar paros en la misma. Se ha de regar de modo que el agua no bañe a las plantas ni encharque el terreno donde se apoyan los frutos.

En trabajos de tesis efectuados con anterioridad sobre evapo transpiración y frecuencias de riego, Soberaniz (23) y Tello (24) concluyeron que para tomate y chile pimiento respectivamente, la aplicación de distintas frecuencias de riego no mostraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a rendimiento. Sin embargo, Andrino (2), Méndez (16), Corado (4), Ruano (19), Sánchez (21) y Zea Morales (27) indican que la aplicación de diferentes frecuencias de riego si produjeron diferencia estadística significativa en los rendimientos de los cultivos estudiados; Tomate, Melón Tam-Dew, Melón Mayan Sweet, Tabaco, Cebolla respectivamente.

#### 4. Constantes de humedad del suelo.

##### 4.1. Humedad a capacidad de campo.

Israelsen y Hansen (14), la definen como el contenido de humedad que existe en el suelo después de la eliminación del agua gravitacional.

Withers y Vipond (26), definen el método gravimétrico para determinar la capacidad de campo de la siguiente forma:

Delimitar un área de muestreo de un metro cuadrado con dos bordos de 20 cms de altura, luego humedecer el suelo hasta saturarlo, tanto en la zona de muestreo como entre bordos. Debe localizarse en un lugar representativo del terreno a trabajar. El tiempo que transcurre entre la aplicación de agua y el momento en que se alcanza el valor de capacidad de campo varía con la textura de los suelos, lo cual ocurre entre 1 y 3 días después.

Para efectuar los muestreos, si el suelo es arcilloso, se puede empezar entre 24 y 48 horas después; si es arenoso debe empezarse de 12 a 18 horas después. Es necesario cubrir el área preparada, incluyendo el bordo exterior con algún material impermeable que evite la evaporación.

Según Israelsen y Hansen (14), los muestreos se efectúan con intervalos de 2 a 6 horas para suelos arenosos, y de 12 a 18 horas en suelos arcillosos, deben tomarse dos o tres muestras por estrato a estudiar, cada vez que se muestree. El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, secándolas en horno a 110°C por 24 horas y pesándolas ya secas. Posteriormente se grafican los resultados, colocando el contenido de humedad en las ordenadas y el tiempo en las abscisas; con lo cual 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 se estabiliza la curva.

El contenido de humedad se determina a partir de la ecuación:

$$P_s = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 10$$



En donde:

Ps = Porcentaje de humedad.

Psh = Peso de suelo húmedo.

Pss = Peso de suelo seco.

#### 4.2. Punto de marchitez permanente.

Representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas (7). Se considera que una planta llega a marchitez permanente cuando no se recupera después de haber sido colocada en una atmósfera saturada, en la que no se produce consumo aparente alguno (14). Su valor se puede calcular aproximadamente dividiendo el valor de capacidad de campo por un factor cuyo valor oscila entre 2.0 y 2.4 el cual está en función de la proporción de limo en el suelo; si ésta es alta se usa 2.4 (18).

#### 5. Densidad aparente.

La determinación de la densidad aparente se puede efectuar en el campo por el método del plástico, el cual consiste en hacer una calicata en la que se hacen gradas en cada estrato de 30 cms; en cada grada se hace un agujero en forma de cubo de 15x15x15 cms, se saca la tierra de su interior y es colocada dentro de una bolsa plástica que se amarra con el objeto de que no se escape humedad del interior, posteriormente se coloca un plástico dentro del cubo al que se le agrega agua hasta llegar al nivel del suelo, la cantidad de agua agregada corresponde al volumen del suelo extraído, posteriormente, se determina el peso total del suelo extraído del cubo y se calcula la densidad aparente con la fórmula siguiente:

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

En donde:

- Da = densidad aparente en  $\text{g/cm}^3$
- Psh = peso de suelo húmedo en Kg
- Vt = volumen total en litros
- Ps = porcentaje de humedad del suelo

## 6. Evapotranspiración.

Según Israelsen-Hansen (14), la evapotranspiración es la suma de la evaporación y transpiración.

La evapotranspiración (ET) puede ser Potencial (ETp) o Real (ETr). Penman, citado por Grassi (8), define a la ETp como el consumo de agua por un cultivo en activo crecimiento, que cubre totalmente la superficie del suelo sin ninguna deficiencia de humedad durante su desarrollo.

Israelsen-Hansen (14), señalan que el volumen de agua evapotranspirado por las plantas depende del agua que tiene a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa, del estado del desarrollo de la planta, de su follaje y de la naturaleza de sus hojas.

De acuerdo a Grassi (8), los dos tipos de ET mencionados pueden relacionarse de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{ETr} = K \times \text{ETp}$$

En donde:

- ETr = evapotranspiración real o actual
- ETp = evapotranspiración potencial
- K = coeficiente que representa el efecto de las relaciones agua-suelo-planta.

Resultados obtenidos por Zea Morales (27), Soberaniz (23), Ruano (19), Andrino (2), Méndez (16) y Corado (4), indican que la evapotranspiración se ve afectada por distintas frecuencias de riego de la manera siguiente: Cuando la humedad presente en el suelo es mayor, la ET también es mayor, y cuando el intervalo de riego es más largo, la lámina evapotranspirada es menor.

## 7. Métodos para determinar la evapotranspiración.

Existen varios métodos para determinar la ET, los cuales únicamente vamos a hacer mención, procediendo posteriormente a describir los métodos a utilizar en la presente investigación.

Para determinar la evapotranspiración existen métodos directos e indirectos.

Métodos directos: Lisímetros, Evapotranspirómetros, atmómetro y el de parcelas de campo.

Métodos indirectos: Blaney-Criddle, Penman, Jensen, Haise Tanque Evaporímetro, Grassi-Christian-sen, Hargreaves, Thornthwaite, Lowry-Johnson y otros.

### 7.1. Método de parcelas de campo.

Consiste en determinar las variaciones de humedad en cada una de las capas que conforman el perfil de un suelo, deben tomarse muestras representativas con un barreno, de los diferentes espesores, considerando estratos de 0.3 m hasta la zona de exploración radicular del cultivo; las muestras así obtenidas se colocan en un bote con tapa hermética y de peso conocido, luego se pesan y las muestras de suelo húmedo

se colocan en un horno a una temperatura de 105° a 110°C - durante 24 horas; pudiéndose calcular el porcentaje de humedad en base a la fórmula descrita en el inciso 4.1.

## 7.2. Método de Blaney-Criddle.

El método fue desarrollado para las condiciones del oeste de los Estados Unidos en 1950, relacionando valores reales de evapotranspiración con la temperatura media mensual (t) y el porcentaje mensual de horas de brillo solar, con respecto al total anual (p) para temperatura en °C (8).

Gavande (6), reporta que la fórmula da una estimación de la ETr más que la potencial, ya que se basa en correlación de prácticas de riego existentes. Debido a su simplicidad y a la gran cantidad de datos básicos que aporta, este método se utiliza extensamente para estimar las necesidades de riego. La fórmula que permite determinar la ETr del mes es:

$$ETr = Kg \times F$$

En donde:

ETr = evapotranspiración real en mm/mes

Kg = coeficiente global de ajuste que depende del cultivo

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

f = factor de uso consuntivo mensual

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

t = temperatura media mensual en °C

P = porcentaje de horas luz del mes, con respecto al total anual

n = número de meses del ciclo

El servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos, reportó un informe discutido por Castilla Pérez (3), en el cual se introduce un factor de corrección "K" en función de la temperatura media del mes (Kt) y del estado de desarrollo del cultivo (Kc) por lo que:

$$K = Kt \cdot Kc$$

En donde:

$$Kt = 0.24 + 0.0312 t$$

t = temperatura media mensual en °C

Kc = factor del cultivo que varía a lo largo del ciclo vegetativo

En investigaciones recientes, la fórmula de Blaney-Criddle reporta los siguientes resultados para Guatemala: Soberaniz (23) y Andrino (2), indican que esta fórmula se adapta para condiciones de moderada humedad y no para los extremos que serían mucha y muy escasa humedad. Por otro lado Méndez (16), indica que la fórmula se adapta mejor en frecuencias cortas, además, Ruano Rossil (19), agrega que ninguna fórmula estima adecuadamente la evapotranspiración.

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

La fórmula de Hargreaves desarrollada en 1956, permite calcular el uso consuntivo mensual en función de la temperatura media, la humedad relativa media al medio día y la duración del día dependiente de la latitud. Posteriormente en 1966, su autor introdujo factores adicionales de corrección, y una tabla que incluye coeficientes para tener en cuenta el efecto del cultivo (8).

De acuerdo con Hargreaves (12), en unidades métricas y con temperaturas en °C la fórmula se expresa como sigue:

$$Et = 17.37 Kdt (1.0 - 0.01 Hn)$$

En donde:

- K = coeficiente empírico del cultivo.
- d = coeficiente mensual de duración del día.
- t = temperatura media mensual en °C.
- Hn = Humedad relativa media, al medio día, en %.
- Et = evapotranspiración real en mm/mes.

El coeficiente d está relacionado con el p de Blaney-Criddle, de modo que  $d = 0.12 P$ .

Dado que los valores de humedad relativa que generalmente se publican en las estadísticas meteorológicas, corresponden a la media diaria, Al Barrak (1), ha obtenido una relación entre dicho valor y la humedad relativa al medio día.

Los valores de K se consignan en función del porcentaje de la época de crecimiento.

Hargreaves en 1966, citado por Grassi (8), determinó que dado que la fórmula ha sido desarrollada para condiciones meteorológicas medias, los resultados mejoran al ser afectados por los siguientes factores de corrección:

- a. Efecto de la velocidad del viento: Los resultados deben aumentarse o disminuirse en 9% por cada 50 Km/día de aumento o disminución con respecto a 100 Km/día que corresponda a las condiciones de obtención de la fórmula.
- b. Duración del resplandor solar: La fórmula se obtuvo con una insolación del 90%. Para situaciones diferentes corresponde aplicar las siguientes correcciones:

INSOLACION:	%	30	40	50	60	70	80	90
CORRECCION:	%	-34	-28	-24	-20	-16	-9	0

c. Latitud: Los resultados deben aumentarse en 1% por cada 100 m de elevación a partir de los 150 m sobre el nivel del mar que corresponden a las condiciones de obtención de la fórmula.

Los resultados que reporta la fórmula de Hargreaves para Guatemala son los siguientes: Sánchez (21) y Andrino (2), reportan que ésta fórmula se adecúa mejor para condiciones de humedad relativamente altas; mientras tanto Méndez (16), indica que se adapta mejor para cálculo de ET en períodos largos y no en cortos.

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

Gavande (6), sugiere que se mida la evaporación en tanques abiertos, de modo que la evaporación así obtenida integre en una sola determinación todos los factores meteorológicos que afectan la pérdida de agua en un suelo cultivado, y aplicando factores empíricos de corrección se puede obtener la ETr. Así mismo Grassi (8), indica que la evaporación en tanque es un proceso similar a la ET; ya que integra la mayor parte de los factores que intervienen en el mismo, por lo que de acuerdo a este autor, la evaporación en tanques parece ser hasta el presente, el procedimiento más confiable. Así también refiere que en estudios de correlación en diferentes cultivos y períodos del ciclo vegetativo, permiten obtener coeficientes para estimar la ET en función de la evaporación de una superficie libre de agua, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ET = Ev \cdot c.$$

En donde:

ET = evapotranspiración

Ev = evaporación en tanque

c = coeficiente de ajuste adimensional



## V. METODOLOGIA.

### 1. Descripción y localización del sitio experimental.

El presente estudio se realizó en el Centro de Producción Agrícola "El Oasis" del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), en el Valle de La Fragua, Estanzuela, Zacapa.

El Valle está localizado en la zona nororiental de la República, en las coordenadas  $14^{\circ} 57' 05''$  latitud norte y  $89^{\circ} 32' 05''$  longitud oeste. El Valle queda a 140 Km de la ciudad capital de Guatemala por la ruta C. A.- 9.

En esta región ocurre la menor precipitación de la República, llegando a un promedio de 500 mm anuales y una ETP de 1400 a 1600 mm anuales, así mismo, el clima se define como cálido con invierno benigno seco y otoño seco.

La fluctuación de la temperatura es de  $15.4^{\circ}\text{C}$  a  $42.4^{\circ}\text{C}$  siendo su media anual de  $28.9^{\circ}\text{C}$ . El Valle se encuentra a una altura promedio de 230 msnm y está rodeado casi en su totalidad por montañas, lo que ocasiona que vientos provenientes del mar Caribe y el Océano Pacífico se lleven las nubes saturadas de vapor de agua y las hagan precipitar en las partes montañosas sin alcanzar el Valle.

Holdridge (13), clasifica la zona de vida como monte espino-so subtropical. La vegetación natural está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas. Asimismo, indica que la ETP puede estimarse en promedio de 130% mayor que la cantidad de lluvia total anual, lo que nos indica que es indispensable el uso de la irrigación.

Simmons (22), indica que los suelos de la Fragua edafológicamente son relativamente jóvenes y las diferencias existentes se basan principalmente en el material de origen y el drenaje. Las series predominantes en la región son Chiquimula, Teculután, Chicaj, Chirrum, Cortí, Sinaneque y Tempisque.

## 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 de la capa superficial del suelo, para luego formar una muestra compuesta del área experimental que se envió al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, para luego contar con las recomendaciones más adecuadas en cuanto a fertilización. Los resultados obtenidos se pueden observar en el Cuadro 4 del apéndice.

Para el análisis físico en la determinación de textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente, se tomaron también varias submuestras 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). En cuanto a capacidad de campo y densidad aparente se efectuaron determinaciones a nivel de campo, utilizando el método propuesto por Withers y Vipond (26) descrito en el numeral 4.1. del capítulo de revisión de literatura y el método descrito en el numeral 5 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 a los fines del experimento. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 5 del apéndice.

### 3. Manejo del cultivo.

El cultivo se manejó de acuerdo a las recomendaciones del - ICTA (11), en cuanto a preparación del suelo, fertilización, distancia y forma de siembra, control de plagas, enfermedades, malezas y cosecha.

El cultivo sembrado fue el melón, variedad Mayan Sweet, tipo Honey Dew el cual constituye la variedad más aceptada para la exportación; no así en el consumo local.

### 4. Manejo del experimento.

#### 4.1. Trazo del experimento.

Después de surquear el terreno, se procedió al trazo - del experimento construyendo 6 tomas, 5 de ellas se utilizaron para regar las repeticiones y una para desagüe, 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 x 7.20 m, dejando 3.60 m entre parcelas, además se dejaron 8.0 m entre bloques construyendo la toma respectiva a 4.0 m antes del - bloque y a 3.0 m después del bloque con un ancho de 1 m aproximadamente. Todo esto puede observarse en la Figura 12 del apéndice correspondiente a la distribución de parcelas en el campo con sus respectivas dimensiones a escala 1:500.

#### 4.2. Método de riego.

Se usó el sistema de riego por gravedad, utilizando el método de distribución por 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, además se trató de que no existiera escurrimiento al final de cada surco.

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

Para calcular la lámina de agua a reponer, es necesario contar con los datos siguientes:

- Porcentaje de humedad antes de riego (%HAR)
- Porcentaje de humedad a capacidad de campo (%HCC)
- Densidad aparente (Da)
- Profundidad del estrato en centímetros (Pe)

Y substituirlos en la fórmula siguiente:

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

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

#### 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:

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

En donde:

- Lc = Lámina consumida en centímetros
- %HDR = Porcentaje de humedad después de 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.

#### 4.5. Riegos generales.

Durante las 3 primeras semanas del cultivo fue necesario regar uniformemente todo el ensayo, para que al iniciar los tratamientos la plantación se encontrara completamente establecida. Durante este período también se registraron datos del contenido de humedad del suelo.

#### 4.6. Método y momento de muestreo.

Para el muestreo se empleó un barreno helicoidal, sacando 6 muestras por parcela, tres para cada uno de los estratos de 0 a 30 y de 30 a 60 cms, tomando la muestra del tercio medio de cada estrato. Los puntos de muestreo se tomaron al azar tratando 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 mojada.

#### 4.7. Diseño estadístico.

El diseño experimental que se usó fue Bloques al Azar,

con el cual se evaluaron 5 tratamientos que fueron las frecuencias de 8, 12, 16, 20 y 24 días con 5 repeticiones.

El modelo estadístico correspondiente es:

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

En 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.

#### 4.8. Parcela experimental.

- Area neta del ensayo	1296.00 m <sup>2</sup>
- Area útil del ensayo	648.00 m <sup>2</sup>
- Area de parcela neta	51.84 m <sup>2</sup>
- Area de parcela útil	25.92 m <sup>2</sup>
- Dimensiones de parcela neta	7.2 m x 7.2 m
- Número de parcelas	25
- Distancia entre parcelas	3.60 m
- Distancia entre bloques	8.00 m
- Número de surcos por parcela neta	4
- Número de surcos por parcela útil	2
- Densidad de siembra por parcela útil	50 plantas.

#### 4.9. Variables respuesta.

- Rendimiento en número de cajas exportables/ha.
- Rendimiento del fruto exportable en Kg/ha.
- Número de frutos exportables recolectados por parcela.
- Contenido de azúcar en grados Brix.
- Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo.

#### 4.10. Metodología para análisis de resultados.

Los resultados de las variables respuesta se interpretaron 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 las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación 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 en base a las fórmulas experimentales y tanque evaporímetro) es explicado por el modelo de regresión lineal simple, ( $Y=b_0+b_1X$ ) 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 las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves 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, las que determinarían si la pendiente de la recta es igual a uno y si el intercepto de la recta es igual a cero. De ser así esto indicaría que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes a los medidos directamente, por lo que las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 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.  $H_0: B_1 = 1$

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

En donde:

- $t_c$  = "t" calculada
- $b_1$  = Pendiente obtenida de la regresión
- $B_1$  = Valor de la pendiente de la hipótesis considerada
- $Sb_1$  = Error estandar de la pendiente



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

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

En donde:

$Sb_1^2$  = Varianza del coeficiente de regresión

$S^2$  = Cuadrado medio del error

$n$  = Número de datos considerados

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

$$S^2 = \frac{Syy - b_1 \cdot Sxy}{n-2}$$

En 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 " $b_1$ " se usa la fórmula siguiente:

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

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

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

En 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

$Sb_0$  = Error estandar del intercepto

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

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

Además de este análisis estadístico, también se realizó una comparación gráfica ploteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración acumulada, de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 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.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

Para la presentación y discusión de los resultados del presente experimento, se ha dividido éste capítulo en tres partes: Variables respuesta, la cual comprende los resultados y análisis realizados a las mismas para evaluar el efecto de los tratamientos; Uso de Agua por las Plantas, y Comparaciones entre Evapotranspiración medida y evapotranspiración calculada por medio de fórmulas y tanque evaporímetro tipo "A".

### 1. Variables respuesta.

Las variables respuesta evaluadas en el presente experimento son: Rendimiento en número de cajas exportables por hectárea, Rendimiento del peso de fruto exportable en kilogramos por hectárea, Número de frutos exportables recolectados por parcela, Contenido de azúcar en grados Brix y Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela.

En el Cuadro 1, se resumen los resultados promedio obtenidos de cada una de las variables respuesta para los diferentes tratamientos, los cuales se discutirán posteriormente.

Para efectuar los análisis de varianza de las variables respuesta: Número de cajas exportables por hectárea, Número de frutos exportables por parcela y Número de plantas vivas al final del ciclo, se trabajó con la raíz cuadrada de los datos por ser variables de tipo discreto.

Cuadro 1. Resultados promedio de las variables respuesta evaluadas.

Trata- miento	Rendimiento		Número frutos Exporta- bles por parcela	Grados Brix	Número de plantas vivas al final del ciclo.
	Número cajas Exporta- bles por Hectárea	frutos Exporta- bles en Kilogra- mos por hectárea			
F - 8	1064.6	13248.37	26.0	9.24	45.6
F - 12	1061.6	12361.03	24.4	9.84	45.4
F - 16	1048.0	12276.16	25.8	10.28	46.4
F - 20	1396.4	16828.60	31.2	11.36	46.0
F - 24	1216.6	14320.90	27.8	11.76	45.8

### 1.1. Rendimiento.

Los promedios de rendimiento en kilogramos por hectárea y en número de cajas exportables por hectárea se presentan en el Cuadro 1; puede observarse que tanto para cajas exportables, como para fruto exportable en Kg/ha ninguno de los tratamientos muestra diferencia claramente observable.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza se presentan en los Cuadros 6 al 16 del apéndice. El análisis de varianza tanto para número de cajas exportables por hectárea como para rendimiento del peso de frutos exportables en Kg/ha (Cuadros 7 y 9 del apéndice) indica que no hay diferencia estadística significativa para ninguno de los tratamientos; por lo que se concluye que para la variable rendimiento, en el presente experimento, es indiferente regar cada 8, 12, 16, 20 ó 24 días.

Discutiendo los resultados obtenidos en investigaciones anteriores en comparación con la presente, Corado (4), indica que para el análisis de varianza de la variable rendimiento en Kg/ha no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos. Méndez (16), si obtuvo diferencia estadística significativa y al hacer la prueba de Tukey para la variable en cuestión, los mejores resultados fueron para los tratamientos F-8, F-12, F-16 y F-24. Lo anterior nos indica que el cultivo de Melón podría regarse con una frecuencia hasta de 24 días sin que estadísticamente el rendimiento en Kg/ha se vea afectado.

#### 1.2. Número de frutos exportables por parcela.

Tal como se observa en el Cuadro 11 del apéndice, el análisis de varianza para la variable número de frutos exportables por parcela muestra que no hay diferencia estadística significativa para ninguno de los tratamientos.

#### 1.3. Contenido de azúcar en grados Brix.

El contenido de azúcares es un factor limitante en la aceptabilidad del fruto para exportación, tomando las compañías exportadoras como valor mínimo 9.0 grados Brix.

En el Cuadro 13 del apéndice, el análisis de varianza para grados Brix nos muestra que hay diferencia estadística y significativa para los tratamientos evaluados. En el Cuadro 14, la prueba de Tukey nos indica que los tratamientos F-24 y F-20 son estadísticamente iguales y los más altos en contenido de azúcar, luego están los tratamientos F-16 y F-12 con menor contenido, y por último el tratamiento F-8 que fue el que acumuló el menor contenido de azúcares.

1.4. Número de plantas vivas al final del ciclo.

En el Cuadro 1, puede observarse el número promedio de plantas vivas al final del ciclo, notándose que el número de plantas es similar para todos los tratamientos. El análisis de varianza en el Cuadro 16 del apéndice para esta variable nos muestra que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos.

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.

2.1. Lámina de agua consumida.

En el Cuadro 2, pueden observar las láminas parciales y totales de agua consumida o evapotranspirada para cada uno de los tratamientos.

Cuadro No. 2. Láminas (cms) consumidas en cada riego y totales para cada uno de los tratamientos.

Número de Riego	TRATAMIENTOS				
	F - 8	F - 12	F - 16	F - 20	F - 24
1	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55
2	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
3	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07
4	0.64	3.75	8.46	8.89	9.68
5	5.82	7.81	8.94	10.43*	7.35*
6	6.98	7.57	3.38*		
7	6.63				
8	5.88*				
Lámina Total	37.49	30.67	32.32	30.86	28.57

\* = 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, efectuándose un ajuste proporcional para tres días, que es el período comprendido entre muestreos de los cuales no se conoce consumo; esto puede observarse en los Cuadros del 17 al 22 del apéndice. El Cuadro 17 corresponde al cálculo de consumo de agua durante los riegos generales el que uniforme para todos los tratamientos; en los cinco Cuadros restantes se observa el cálculo de consumo en forma individual.

De manera general puede observarse en el Cuadro 2, que el consumo de agua es inverso al 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 37.49 centímetros para el tratamiento F-8, hasta 28.57 centímetros para el tratamiento F-24.

## 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 (0-30 cms) y B (30-60 cms), el cual se presenta en las figuras de la 1 a la 5 del apéndice. En las mismas 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 27% 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 el contenido de humedad del suelo llegó el porcentaje equivalente al punto de marchitez permanente, a pesar de que algunos de ellos

fueron sometidos a altas tensiones correspondientes a las frecuencias F-20 y F-24. 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 los tratamientos.

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 48% para el estrato A y del 40% para el estrato B.

En la Figura 2, del tratamiento F-12, puede observarse que el agotamiento de la humedad aprovechable fue similar al agotamiento del tratamiento anterior, alcanzando valores medios, en este caso del 48% para el estrato A y del 39% para el estrato B.

La Figura 3, corresponde al tratamiento F-16 en la cual se observa que el agotamiento de la humedad aprovechable alcanza valores del 72% para el estrato A y del 51% para el estrato B.

La Figura 4, presenta el comportamiento de la humedad aprovechable correspondiente al tratamiento F-20, en la cual puede observarse que los niveles promedio de agotamiento de la humedad aprovechable son del orden del 78% para el estrato A y del 59% para el estrato B.

En la Figura 5, se observa que el agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento más largo, F-24 llegó a valores del 68% para el estrato A y del 53% para el estrato B.



3. Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación del tanque tipo "A".

En los Cuadros 23 y 24 del apéndice puede observarse el cálculo de la evapotranspiración semanal por las fórmulas de Blaney-Criddle y Hargreaves modificado en 1966 respectivamente; y en el Cuadro 25 la tasa de evapotranspiración semanal para cada uno de los tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves y la evaporación del tanque tipo "A".

Para verificar la adaptabilidad de las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación del tanque tipo "A" en la estimación de la evapotranspiración, se efectuó un análisis de correlación, para determinar qué porcentaje de la variable independiente (valores de evapotranspiración calculados en base a fórmulas experimentales) es explicado por el modelo de regresión lineal simple; encontrándose que todos los coeficientes de determinación " $r^2$ " son menores al tabulado para el nivel de significancia de 1% y  $n-2$  grados de libertad, lo cual puede observarse en el Cuadro 27 del apéndice. De lo anterior puede inferirse que estadísticamente no existe relación alguna entre los datos medidos en el campo y los calculados por los métodos indirectos; es decir, que los modelos estudiados y el tanque evaporímetro no determinan adecuadamente la evapotranspiración del cultivo en la zona de estudio.

En la comparación gráfica encontramos que la Figura 6 del apéndice, la cual corresponde a la tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-8, la curva del tanque evaporímetro, Hargreaves modificado en 1966 y Blaney-Criddle; no manifiestan ninguna similitud con el comportamiento de la curva del tratamiento.

En las Figuras 7 y 8 del apéndice, las cuales corresponden a la tasa de Evapotranspiración semanal de los tratamientos F-12 y F-16 respectivamente, se observa cierta similitud entre los tratamientos en cuestión y las curvas de Blaney-Criddle y Hargreaves; mientras que el tanque evaporímetro muestra un comportamiento diferente.

En la Figura 9 del apéndice, el comportamiento o tendencia de la curva del tratamiento F-20 es semejante a la curva del tanque evaporímetro aunque con valores distintos.

En la Figura 10 del apéndice, correspondiente a la tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-24, no es observable alguna similitud entre las curvas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y tanque evaporímetro, y la curva del tratamiento.

En la Figura 11 del apéndice, correspondiente a la evapotranspiración semanal acumulada puede observarse que ninguna de las curvas de los tratamientos estudiados tiende a acercarse a las curvas de Hargreaves modificado en 1966, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque tipo "A".

Gráficamente existe en algunos casos similitud en la tendencia de la evapotranspiración medida y la calculada; pero el análisis estadístico efectuado reportó que son estadísticamente diferentes.

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 medidos en parcelas experimentales (ET), pudiéndose ajustar dichos

valores por medio de un factor proveniente de la relación ET/EV. 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 si es necesario ajustar los datos de evaporación para obtener la evapotranspiración del cultivo. En el Cuadro 28 del apéndice se observa la evaporación semanal y el factor semanal de ajuste durante todo el ciclo de cultivo. En el Cuadro 3 se presenta el factor de ajuste para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Cuadro 3. Relación ET/EV para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Etapa Fenológica	Duración	Relación ET/EV
Desarrollo vegetativo	30-01-86 al 05-03-86	0.45
Floración	25-02-86 al 12-03-86	0.48
Fructificación	06-03-86 al 02-04-86	0.64

## VII. CONCLUSIONES.

1. Las diferentes frecuencias de riego utilizadas no tuvieron influencia sobre las variables número de frutos exportables por parcela, número de plantas vivas al final del ciclo, rendimiento en número de cajas exportables por hectárea y rendimiento en kilogramos del fruto exportable, por lo que se concluye que es indiferente regar cada 8, 12, 16, 20 y 24 días.
2. La variable respuesta contenido de azúcar del fruto expresada en grados Brix, fue afectada por las diferentes frecuencias de riego, obteniéndose los valores más altos en los tratamientos regados cada 20 y 24 días.
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 estimados por medio de las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y tanque evaporímetro, no adaptándose ninguno de los métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración del cultivo en la región.
6. Los coeficientes obtenidos de la relación evapotranspiración/Evaporación pueden ser utilizados para calcular la evapotranspiración a partir de datos de evaporación de tanque.

### VIII. RECOMENDACIONES.

1. Por considerar que los experimentos en Melón desarrollados en esta zona, han dado resultados uniformes y confiables, se recomienda no continuar este tipo de investigación en esta área y cultivo.
2. En base a los resultados obtenidos en esta línea de investigación, se recomienda regar el cultivo del Melón en La Fragua cada 16 días.
3. Debido a que ninguna de las fórmulas evaluadas en este experimento calcula correctamente la evapotranspiración en esta región y cultivo, no se recomienda utilizarlas en la determinación del uso de agua.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento se recomienda utilizar los coeficientes de la relación  $ET/EV$  - para el cálculo de la evapotranspiración a partir de datos de evaporación de tanque.

IX. APENDICE.

Cuadro No. 4. Resultados del análisis químico del suelo.

pH	microgramos/ml.		meq/100 ml de suelo	
	P	K	Ca	Mg
7.3	51.28	206	19.87	3.14

Cuadro No. 5. 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%

Cuadro No. 6. Raíz cuadrada del rendimiento en número de cajas exportables por hectárea.

Tratamiento	R E P E T, I C I O N E S					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
F - 8	40.6448	28.5832	24.3516	30.5450	36.4417	160.5663	32.1133
F - 12	36.9730	30.9192	30.5450	31.7017	32.3574	162.4963	32.4993
F - 16	22.1811	37.9605	36.5103	29.0172	33.6452	159.3143	31.8629
F - 20	35.3836	40.2741	38.6005	38.4968	33.7046	186.4596	37.2919
F - 24	38.2099	37.9605	28.3019	31.9844	36.8511	173.3078	34.6616
Total.	173.3924	175.6975	158.3093	161.7451	173.0000	842.1442	

Cuadro No. 7. Anéva para el rendimiento en número de cajas exportables por hectárea.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Bloques	4	49.0886	12.2722	0.4756	3.01 NS
Tratamientos	4	105.8004	26.4501	1.0251	3.01 NS
Error	16	412.8236	25.8015		
Total	24	567.7126			

Coefficiente de variación 15.07%.

Cuadro No. 8. Rendimiento del fruto exportable en kilogramos por hectárea.

Tratamiento	R E F E T I C I O N E S					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
F - 8	20370.24	9374.94	7368.78	12564.24	16473.66	66241.86	13248.37
F - 12	16396.50	10609.50	10262.28	12384.18	12152.70	61805.16	12361.03
F - 16	5979.90	18132.60	13541.58	10185.12	13541.58	61380.78	12276.16
F - 20	15200.52	19019.94	18209.76	18749.88	12962.88	84142.98	16828.60
F - 24	16975.20	16396.50	9143.46	11921.22	17168.10	71604.48	14320.90
Total	74922.36	73533.48	58525.86	65894.64	72298.92	345175.26	

Cuadro No. 9. Andeva para el rendimiento del fruto exportable en kilogramos por hectárea.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Bloques	4	37170878	9292719.5	0.5736	3.01 NS
Tratamientos	4	70702518	17675629.5	1.0910	3.01 NS
Error	16	259215693	16200980.8		
Total	24	367089089			

Coefficiente de Variación 29.15%

Cuadro No. 10. Raíz cuadrada del número de frutos exportables recolectados por parcela.

Tratamiento	R E F E T I C I O N E S					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
F - 8	6.1644	4.3589	4.4721	5.0990	5.1962	25.2906	5.0581
F - 12	5.4772	4.6904	4.7958	4.7958	4.8990	24.6582	4.9316
F - 16	4.1231	6.0000	5.2915	4.5826	5.1962	25.1934	5.0387
F - 20	5.5678	5.9161	5.4772	6.0828	4.7958	27.8397	5.5679
F - 24	5.9161	5.4772	4.4721	5.0000	5.3852	26.2506	5.2501
Total	27.2486	26.4426	24.5987	25.5602	25.4724	129.2325	



Cuadro No. 11. Andeva para el número de frutos exportables recolectados por parcela.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Fc 5%
Bloques	4	0.8665	0.2166	0.5939	3.01 NS
Tratamientos	4	1.2567	0.3142	0.8615	3.01 NS
Error	16	5.8353	0.3647	0.3647	
Total	24	7.9585			

Cuadro No. 12. Contenido de azúcar en grados Brix.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
F - 8	8.8	9.8	9.8	9.4	8.4	46.2	9.24
F - 12	10.2	9.8	9.6	10.4	9.2	49.2	9.84
F - 16	10.2	9.6	10.4	10.8	10.4	51.4	10.28
F - 20	10.8	11.2	11.2	12.0	11.6	56.8	11.36
F - 24	11.4	11.2	12.4	12.0	11.8	58.8	11.76
Total	51.4	51.6	53.4	54.6	51.4	262.4	

Cuadro No. 13. Andeva para el contenido de azúcar en grados Brix.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Fc 5%
Bloques	4	1.6896	0.4224	2.056	3.01 NS
Tratamientos	4	21.9936	5.4984	26.769	3.01 *
Error	16	3.2864	0.2054		
Total	24	26.9696			

Coefficiente de Variación 4.32%

Cuadro No. 14. Prueba de Tukey para el contenido de azúcar en grados Brix.

Tratamiento	Medias
F - 8	9.24
F - 12	9.84
F - 16	10.28
F - 20	11.36
F - 24	11.76

Cuadro No. 15. Raíz cuadrada del número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo.

Tratamiento	R E P E T I C I O N E S					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
F - 8	6.7823	6.6332	6.7082	6.7823	6.8557	33.7617	6.7523
F - 12	6.8557	6.5574	6.5574	6.7823	6.9282	33.6810	6.7362
F - 16	6.9282	7.0711	6.7082	6.7082	6.6332	34.0489	6.8098
F - 20	6.7823	6.7823	6.5574	6.8557	6.9282	33.9059	6.7812
F - 24	6.9282	6.7082	6.7082	6.5574	6.9282	33.8302	6.7660
Total	34.2767	33.7522	33.2394	33.6859	34.2735	169.2277	

Cuadro No. 16. Andeva para el número de plantas vivas al final del ciclo.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Bloque	4	0.1541	0.0850	4.4503	3.01 *
Tratamiento	4	0.0158	0.0040	0.2094	3.01 NS
Error	16	0.3059	0.0191		
Total	24	0.4758			

Coefficiente de Variación 2.04%

Cuadro No. 17. Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para todos los tratamientos durante los riegos generales.

Estrato cms	Porcentaje de Humedad				Diferencia %	Consumo cms	* Ajuste cms	Lámina parcial cms
	DR.		AR.					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	31-01-86	29.20	04-02-86	28.05	1.15	0.55	0.41	0.96
30 - 60		27.17		24.02	3.15	1.48	1.11	2.59
0 - 30	07-02-86	29.20	11-02-86	27.46	1.74	0.84	0.63	1.47
30 - 60		27.17		24.18	2.99	1.40	1.05	2.45
0 - 30	14-02-86	29.20	24-02-86	26.21	2.99	1.45	0.44	1.89
30 - 60		27.17		23.60	3.57	1.68	0.50	2.18
Lámina Total:								11.54

Cuadro No. 18. Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 8

Estrato cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Con- sumo cms	* Ajuste cms	Lámina parcial cms
	DR.		AR.					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	27-02-86	29.20	04-03-86	28.59	0.61	0.29	0.17	0.46
30 - 60		27.17		26.93	0.24	0.11	0.07	0.18
0 - 30	07-03-86	29.58	12-03-86	26.20	3.38	1.64	0.98	2.62
30 - 60		27.48		23.22	4.26	2.00	1.20	3.20
0 - 30	15-03-86	28.68	20-03-86	23.01	5.67	2.75	1.65	4.40
30 - 60		27.67		24.24	3.43	1.61	0.97	2.58
0 - 30	23-03-86	29.42	28-03-86	24.41	5.01	2.43	1.46	3.89
30 - 60		27.77		24.15	3.62	1.71	1.03	2.74
0 - 30	31-03-86	29.14	04-04-86	25.36	3.78	1.84	1.10	2.94
30 - 60		27.80		25.23	2.57	1.21	0.73	2.94
Lámina Parcial:								25.95
Riegos Generales:								11.54
LAMINA TOTAL:								37.49

Cuadro No. 19. Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 12.

Estrato cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Con- sumo cms	* Ajuste cms	Lámina parcial cms
	DR.		AR.					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	27-02-86	29.20	08-03-86	25.65	3.55	1.73	0.58	2.31
30 - 60		27.17		24.88	2.29	1.08	0.36	1.44
0 - 30	11-03-86	29.33	20-03-86	22.45	6.88	3.34	1.11	4.45
30 - 60		27.84		22.48	5.36	2.52	0.84	3.36
0 - 30	23-03-86	29.72	04-04-86	22.17	7.55	3.67	0.61	4.28
30 - 60		27.99		22.01	5.98	2.82	0.47	3.29
Lámina parcial:								19.13
Riegos generales:								11.54
LAMINA TOTAL:								30.67

Cuadro No. 20. Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 16.

Estrato cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Con- sumo cms	* Ajuste cms	Lámina parcial cms
	DR.		AR.					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	27-02-86	29.20	12-03-86	20.22	8.98	4.36	1.00	5.36
30 - 60		27.17		21.82	5.35	2.52	0.58	3.10
0 - 30	15-03-86	29.57	28-03-86	20.35	9.22	4.48	1.03	5.51
30 - 60		28.09		22.17	5.92	2.79	0.64	3.43
0 - 30	31-03-86	29.61	04-04-86	26.79	2.82	1.37	0.69	2.06
30 - 60		28.18		26.31	1.87	0.88	0.44	1.32
Lámina parcial:								20.78
Riegos generales:								11.54
LAMINA TOTAL:								32.32

Cuadro No. 21. Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 20.

Estrato cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Con- sumo cms	* Ajuste cms	Lámina parcial cms
	DR.		AR.					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	27-02-86	29.20	07-03-86	23.01	6.19	3.01	0.75	3.76
30 - 60		27.17		23.13	4.04	1.90	0.48	2.38
0 - 30	07-03-86	23.01	16-03-86	19.91	3.10	1.51	0.17	1.68
30 - 60		23.13		21.10	2.03	0.96	0.11	1.07
0 - 30	19-03-86	29.00	27-03-86	21.53	7.47	3.63	0.91	4.54
30 - 60		27.54		21.91	5.63	2.65	0.66	3.31
0 - 30	27-03-86	21.53	04-04-86	18.28	3.25	1.58	----	1.58
30 - 60		21.91		19.79	2.12	1.00	----	1.00
Lámina parcial:								19.32
Riegos generales:								11.54
LAMINA TOTAL:								30.86

Cuadro No. 22. Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F = 24.

Estrato cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia % *	Con- sumo cms	* Ajuste cms	Lámina parcial cms
	DR.		AR.					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	27-02-86	29.20	09-03-86	21.86	7.34	3.57	0.71	4.28
30 - 60		27.17		22.02	5.15	2.43	0.48	2.91
0 - 30	09-03-86	21.86	20-03-86	19.11	2.75	1.34	0.12	1.46
30 - 60		22.02		20.01	2.01	0.95	0.08	1.03
0 - 30	23-03-86	29.69	04-04-86	22.19	7.50	3.65	0.61	4.26
30 - 60		28.11		22.48	5.63	2.65	0.44	3.09
* = 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.						Lámina parcial:	17.03	
						Riegos generales:	11.54	
						LAMINA TOTAL:	28.57	

Cuadro No. 23. Cálculo de Evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Blaney-Criddle.

Semana	1 Fracción Semanal	Tempe- ratura °C	2 P %	3 T+17.8 -21.8	f 1x2x3	Kt	Kc	Et fxKtxKc	Et' cms
30 Enero-05 Febrero	1	25.0	1.79	1.96	3.51	1.02	0.47	1.68	1.39
06 Febrero- 12 Enero	1	26.8	1.84	2.04	3.75	1.07	0.53	2.13	1.77
13 Febrero- 19 Feb.	1	25.6	1.84	1.99	3.66	1.04	0.62	2.36	1.96
20 Febrero- 26 Feb.	1	26.3	1.84	2.02	3.72	1.06	0.73	2.88	2.39
27 Febrero- 05 Marzo	1	24.5	1.87	1.94	3.63	1.00	0.81	2.94	2.44
06 Marzo- 12 Marzo	1	27.2	1.90	2.06	3.91	1.09	0.80	3.41	2.83
13 Marzo- 19 Marzo	1	28.7	1.90	2.13	4.04	1.13	0.77	3.52	2.92
20 Marzo- 26 Marzo	1	23.7	1.90	1.90	3.61	0.98	0.71	2.51	2.08
27 Marzo- 02 Abril	1	25.6	1.92	1.99	3.82	1.04	0.68	2.70	2.24
03 Abril- 04 Abril	0.28	27.7	0.56	2.08	1.16	1.10	0.66	0.84	0.69
F = 34.81								24.97	20.71

Et' = Kg x F

K t = (0.031144 x t) + 0.2396

0.6 x 34.81 = 20.88 cms.

Factor Ajuste

K' =  $\frac{Et}{F} = \frac{24.97}{34.81} = 0.72$

F.A. =  $\frac{Kg}{K'} = \frac{0.6}{0.72} = 0.83$

Et' = Et x 0.83

Cuadro No. 24. Cálculo de Evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Hargreaves Modificado en 1966.

1 Fracción Semanal	2 Tempe- ratura °C	3 d	Hn %	4 *	5 Kc	Et* mm	Correcciones			Et cms Corre- jida
							Viento mm	altitud mm	insolación mm	
1	25.0	0.21	42.72	9.95	0.23	12.01	-0.39	+0.10	-0.86	1.09
1	26.8	0.22	40.28	10.37	0.32	19.57	-1.40	+0.16	-1.16	1.72
1	25.6	0.22	44.30	9.68	0.47	25.62	-1.06	+0.20	-3.95	2.08
1	26.3	0.22	38.15	10.74	0.57	35.42	-1.08	+0.28	-3.36	3.13
1	24.5	0.23	34.62	11.36	0.60	38.41	+0.49	+0.31	-1.19	3.30
1	27.2	0.23	36.06	11.11	0.60	41.70	-1.12	+0.33	-0.38	4.05
1	28.7	0.23	29.97	12.16	0.55	44.15	-2.09	+0.35	-0.68	4.17
1	23.7	0.23	34.62	11.36	0.44	27.25	+1.40	+0.22	-5.43	2.34
1	25.6	0.23	37.28	10.89	0.25	16.03	+0.13	+0.32	-1.84	1.46
0.28	27.7	0.07	36.80	10.98	0.17	1.01	-0.01	+0.01	-0.07	0.94
Et Total = 24.78										

\* = 17.37 (1.0 - 0.01 Hn)

Et\* = 1 x 2 x 3 x 4 x 5

Cuadro No. 25. Evapotranspiración semanal y total (cms) de los diferentes tratamientos de los modelos Blaney-Criddle, Hargreaves Modificado en 1966 y Evapotranspiración del Tanque Tipo "A".

Fracción Semanal	Tratamientos					Blaney- Criddle	Hargrea- ves	Fvap. Tanque
	F - 8	F - 12	F - 16	F - 20	F - 24			
1	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	1.39	1.09	4.89
1	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	1.77	1.72	5.99
1	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	1.96	2.08	5.24
1	1.96	2.19	2.41	2.49	2.48	2.39	3.13	5.82
1	0.56	2.19	3.70	4.30	4.19	2.44	3.80	6.98
1	5.09	3.20	3.70	2.61	3.02	2.83	4.05	6.48
1	5.97	4.56	3.88	2.94	1.45	2.92	4.17	7.30
1	5.88	4.00	3.91	5.50	3.05	2.08	2.34	6.84
1	6.41	3.79	3.93	2.72	3.67	2.24	1.46	5.30
0.28	1.96	1.08	1.13	0.64	1.05	0.69	0.94	2.28
Total:	37.49	30.67	32.32	30.86	28.57	20.71	24.78	57.12

Cuadro No. 26. Valores de Evapotranspiración acumulada (cms) de los diferentes tratamientos. Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del Tanque Tipo "A".

Fracción Semanal	Tratamientos					Blaney-Criddle	Hargreaves	Evap. Tanque
	F - 8	F - 12	F - 16	F - 20	F - 24			
1	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	1.39	1.09	4.89
1	7.47	7.47	7.47	7.47	7.47	3.16	2.81	10.86
1	9.66	9.66	9.66	9.66	9.66	5.12	4.89	16.12
1	11.62	11.85	12.07	12.15	12.14	7.51	8.02	21.94
1	12.18	14.04	15.77	16.45	16.33	9.95	11.82	28.92
1	17.27	17.24	19.47	19.06	19.35	12.78	15.87	35.40
1	23.24	21.80	23.35	22.00	20.80	15.70	20.04	42.70
1	29.12	25.80	27.26	27.50	23.85	17.78	22.38	49.54
1	35.53	29.59	31.19	30.22	27.52	20.02	23.84	54.84
0.26	37.49	30.67	32.32	30.86	28.57	20.71	24.78	57.12

Cuadro No. 27. Coeficientes de determinación " $r^2$ " de la evapotranspiración semanal de los tratamientos Vrs. Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y Evaporación del Tanque Tipo "A".

Tratamientos	Método	$r^2$
F - 8	Blaney-Criddle	0.128
	Hargreaves modificado en 1966.	0.002
	Evaporación del Tanque Tipo "A"	0.092
F - 12	Blaney-Criddle	0.456
	Hargreaves modificado en 1966	0.177
	Evaporación del Tanque Tipo "A"	0.490
F - 16	Blaney-Criddle	0.644
	Hargreaves modificado en 1966	0.361
	Evaporación del Tanque Tipo "A"	0.748
F - 20	Blaney-Criddle	0.216
	Hargreaves modificado en 1966	0.177
	Evaporación del Tanque Tipo "A"	0.597
F - 24	Blaney-Criddle	0.172
	Hargreaves modificado en 1966	0.075
	Evaporación del Tanque Tipo "A"	0.243

$r_c^2 = 0.764$

Cuadro No. 28. Relación entre Evapotranspiración semanal de los tratamientos y la Evaporación semanal del tanque tipo "A".

Fracción Semanal	Evaporación cms	Tratamientos				
		F - 8 Et/Ev	F - 12 Et/Ev	F - 16 Et/Ev	F - 20 Et/Ev	F - 24 Et/Ev
1	4.89	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
1	5.99	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
1	5.24	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
1	5.82	0.33	0.37	0.41	0.43	0.43
1	6.98	0.08	0.31	0.53	0.62	0.60
1	6.48	0.78	0.49	0.57	0.40	0.46
1	7.30	0.82	0.62	0.53	0.40	0.19
1	6.84	0.86	0.58	0.57	0.80	0.44
1	5.30	1.21	0.72	0.74	0.51	0.69
0.28	2.28	0.86	0.47	0.49	0.28	0.46



**FIGURA 1**

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

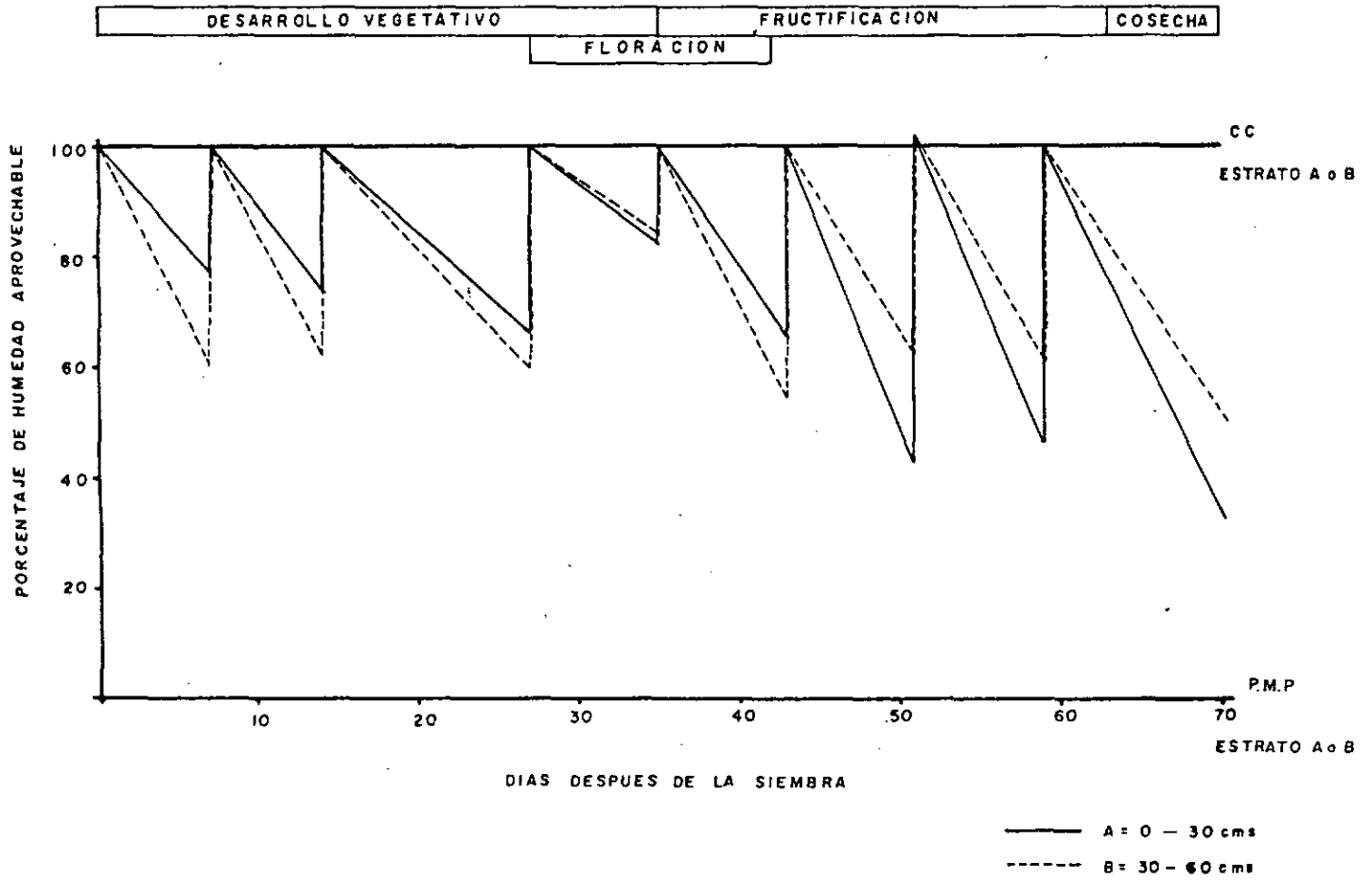
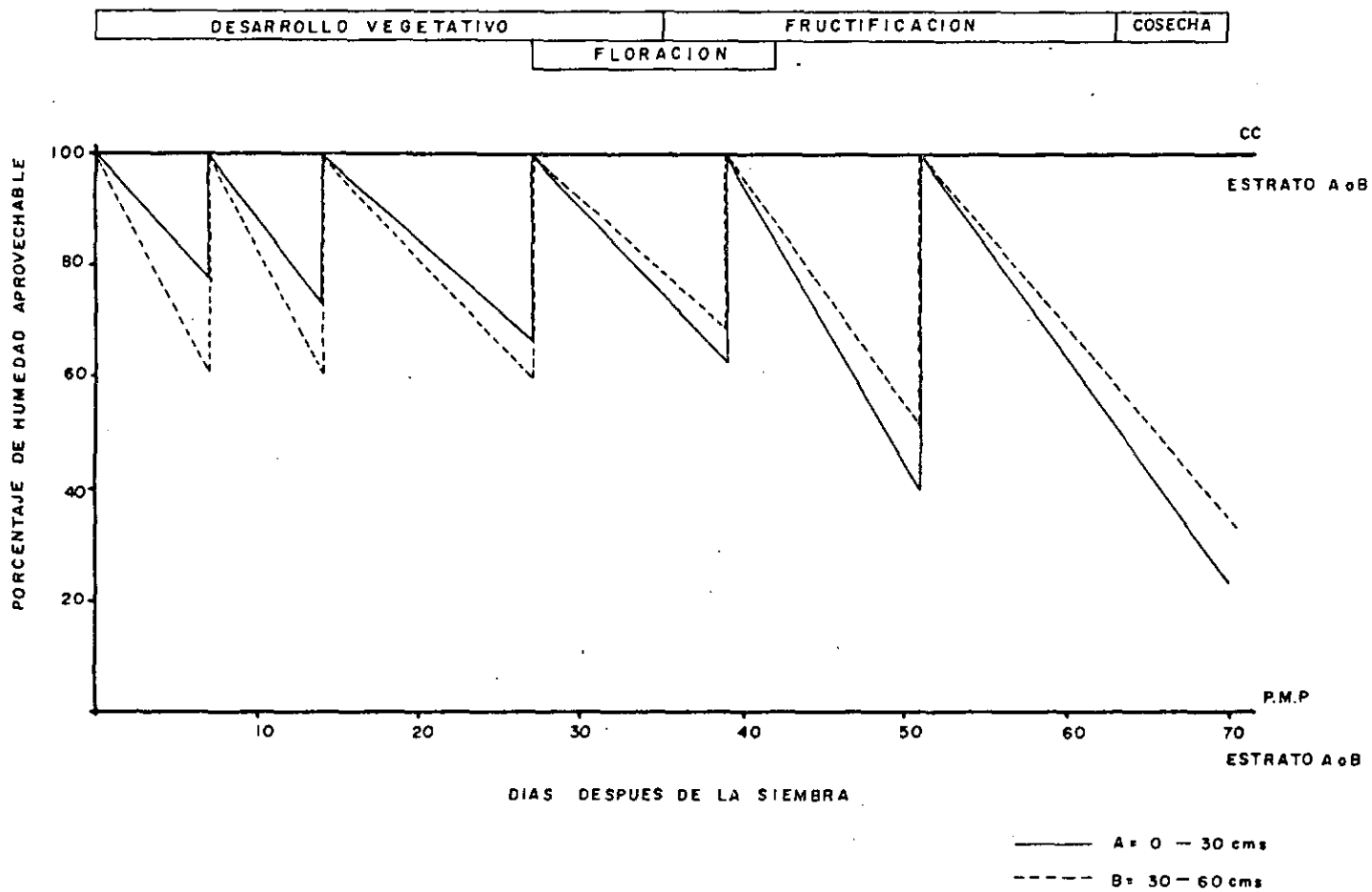


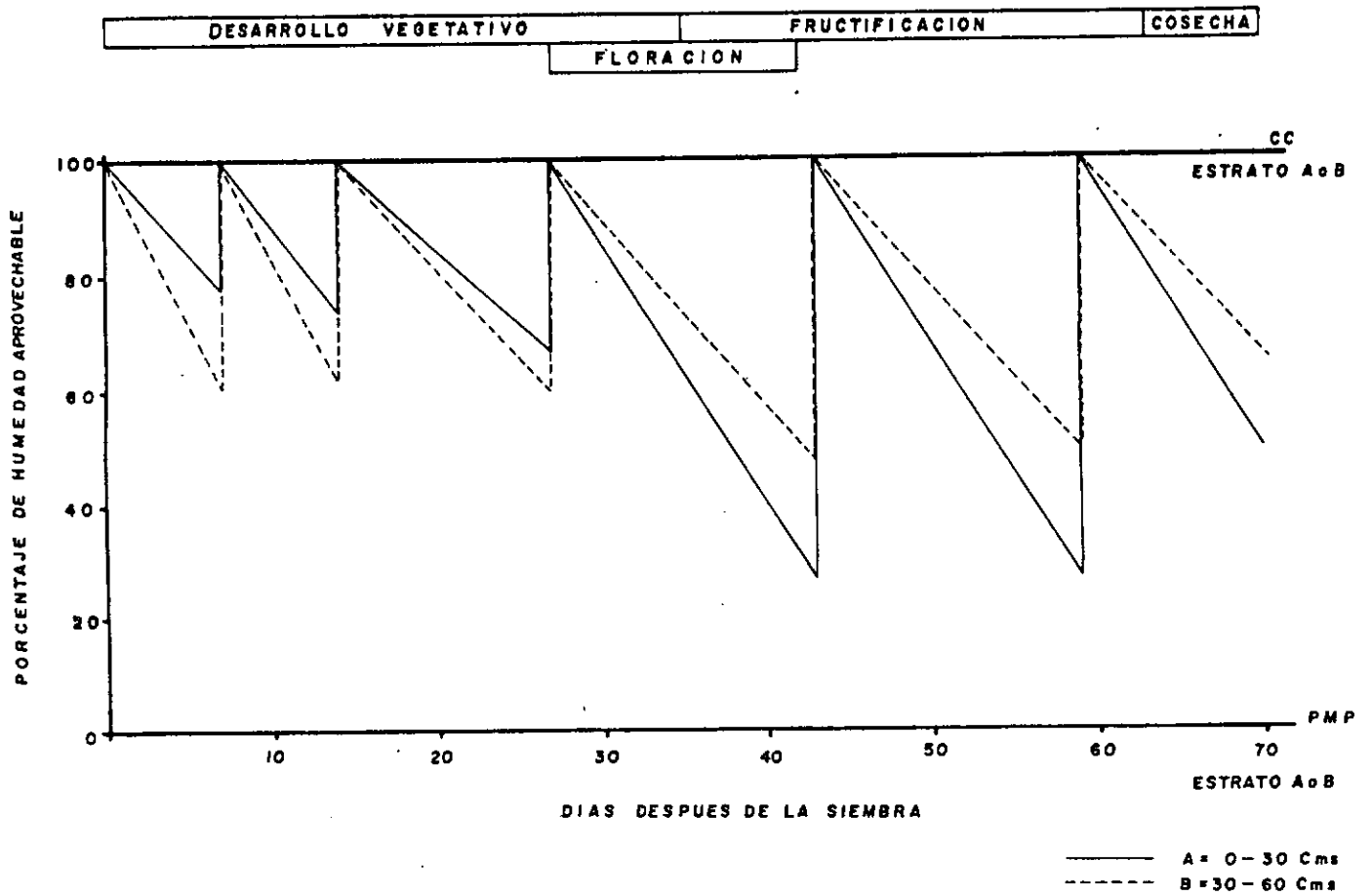
FIGURA 2

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



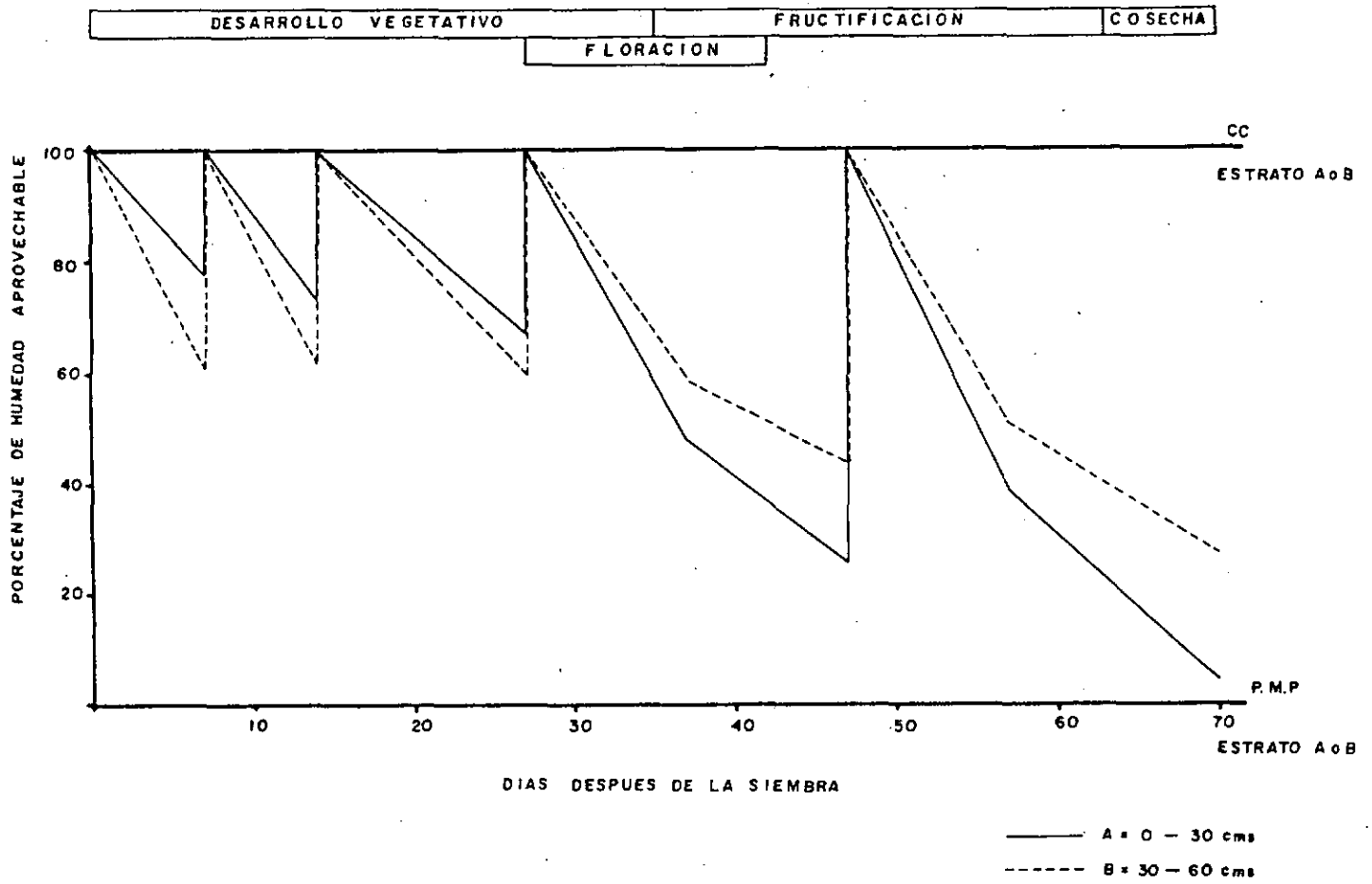
**FIGURA 3**

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



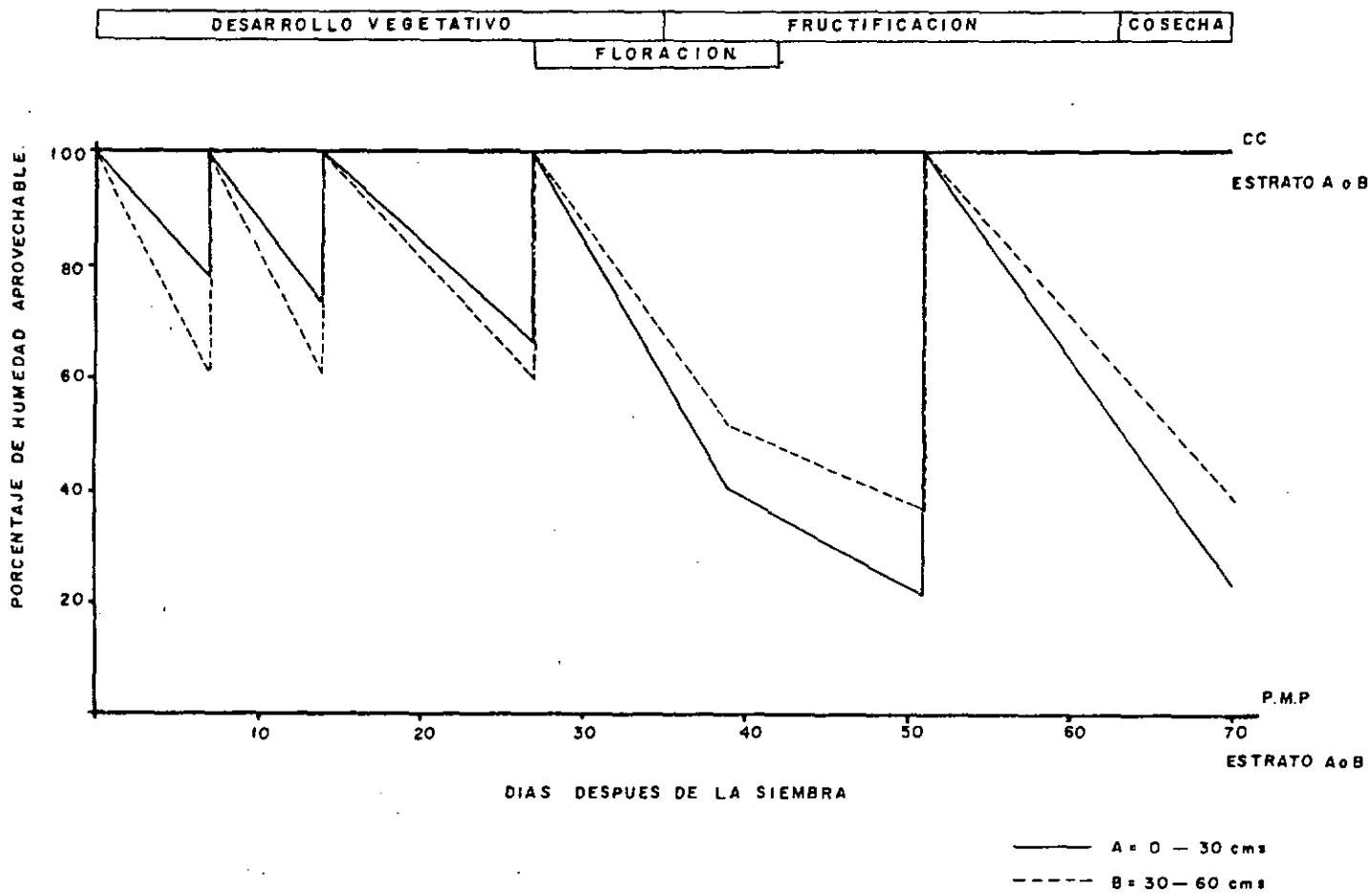
**FIGURA 4**

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



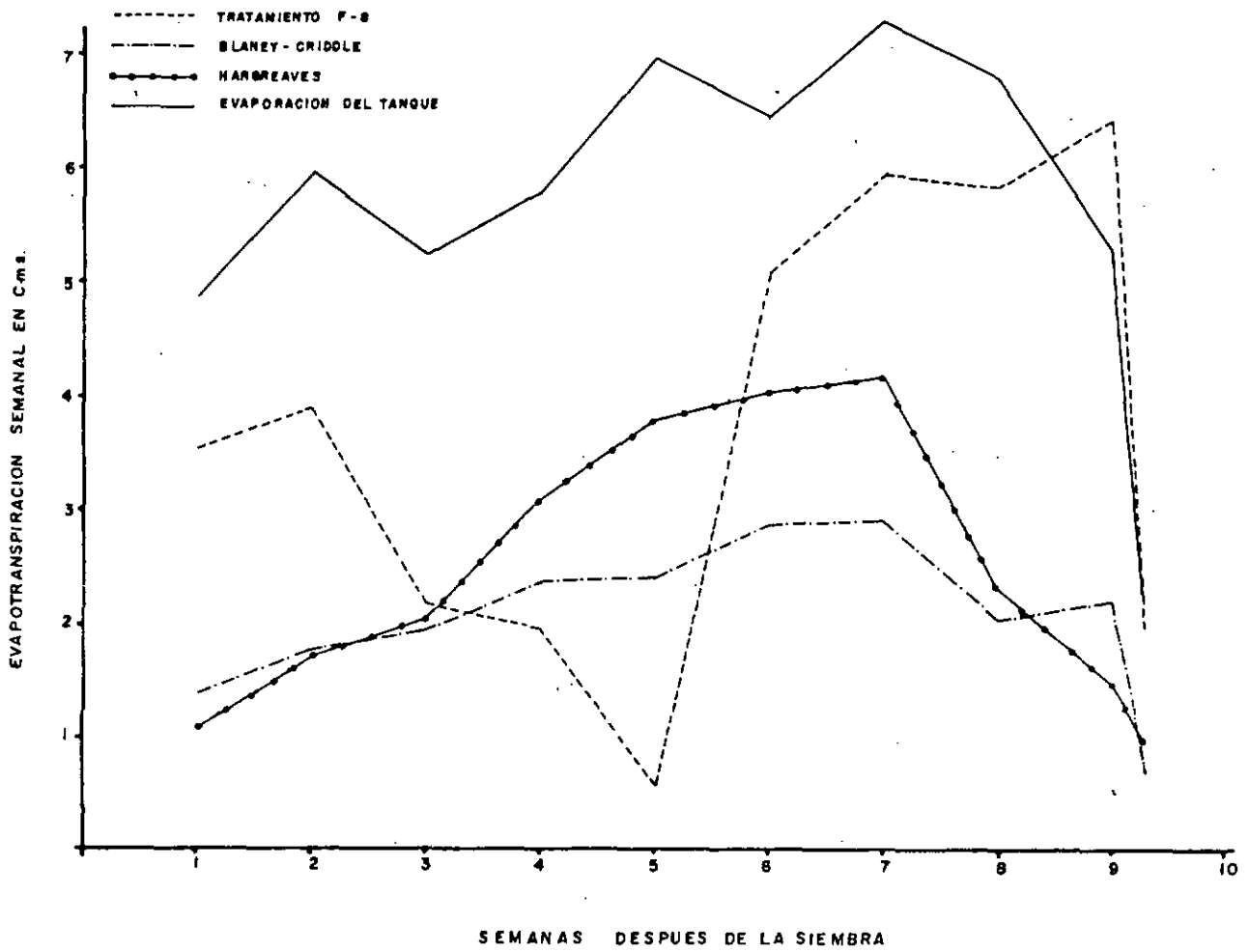
**FIGURA 5**

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



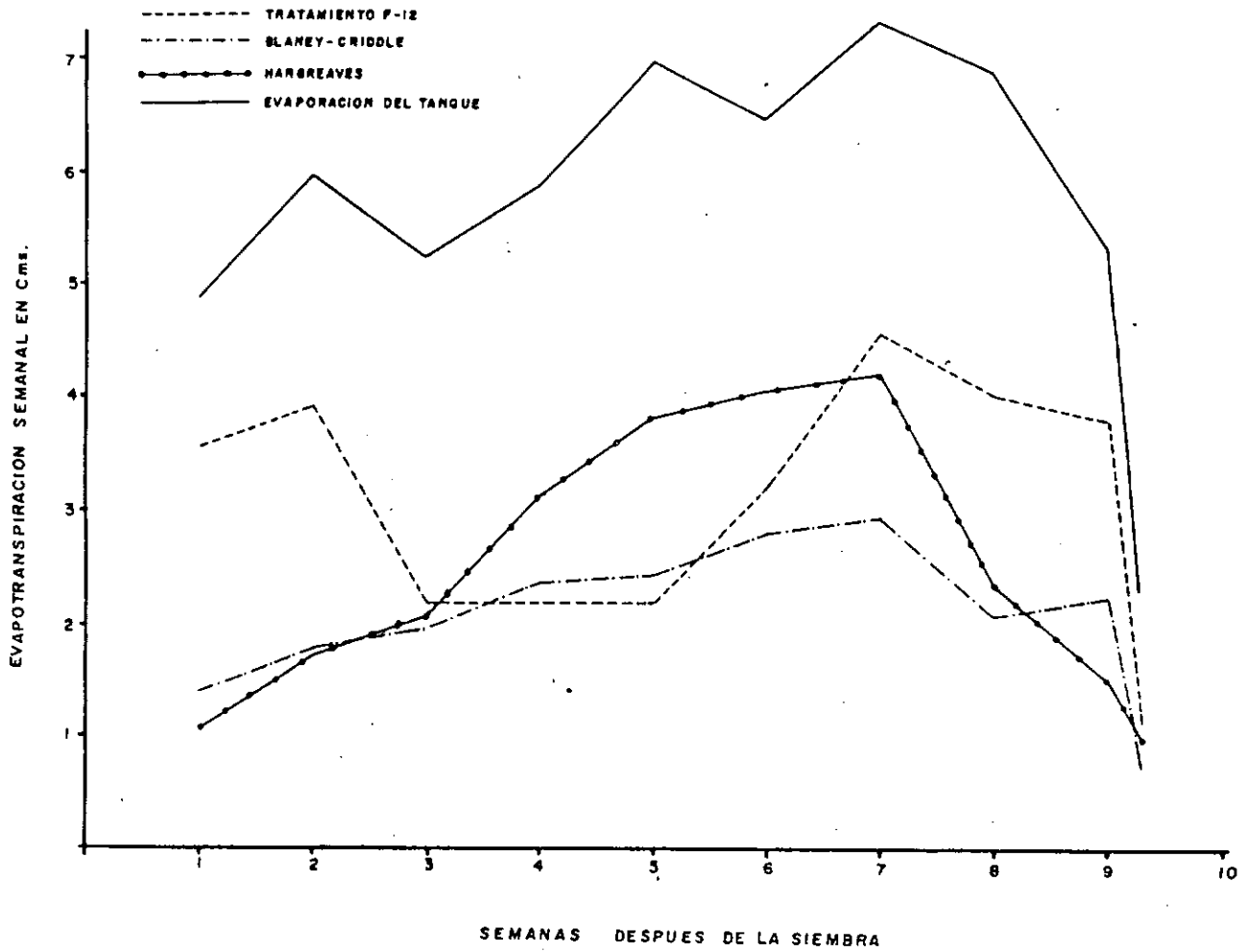
**FIGURA 6**

**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-8  
BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES MODIFICADO EN 1,966 Y EVAPORACION  
DEL TANQUE TIPO "A"**



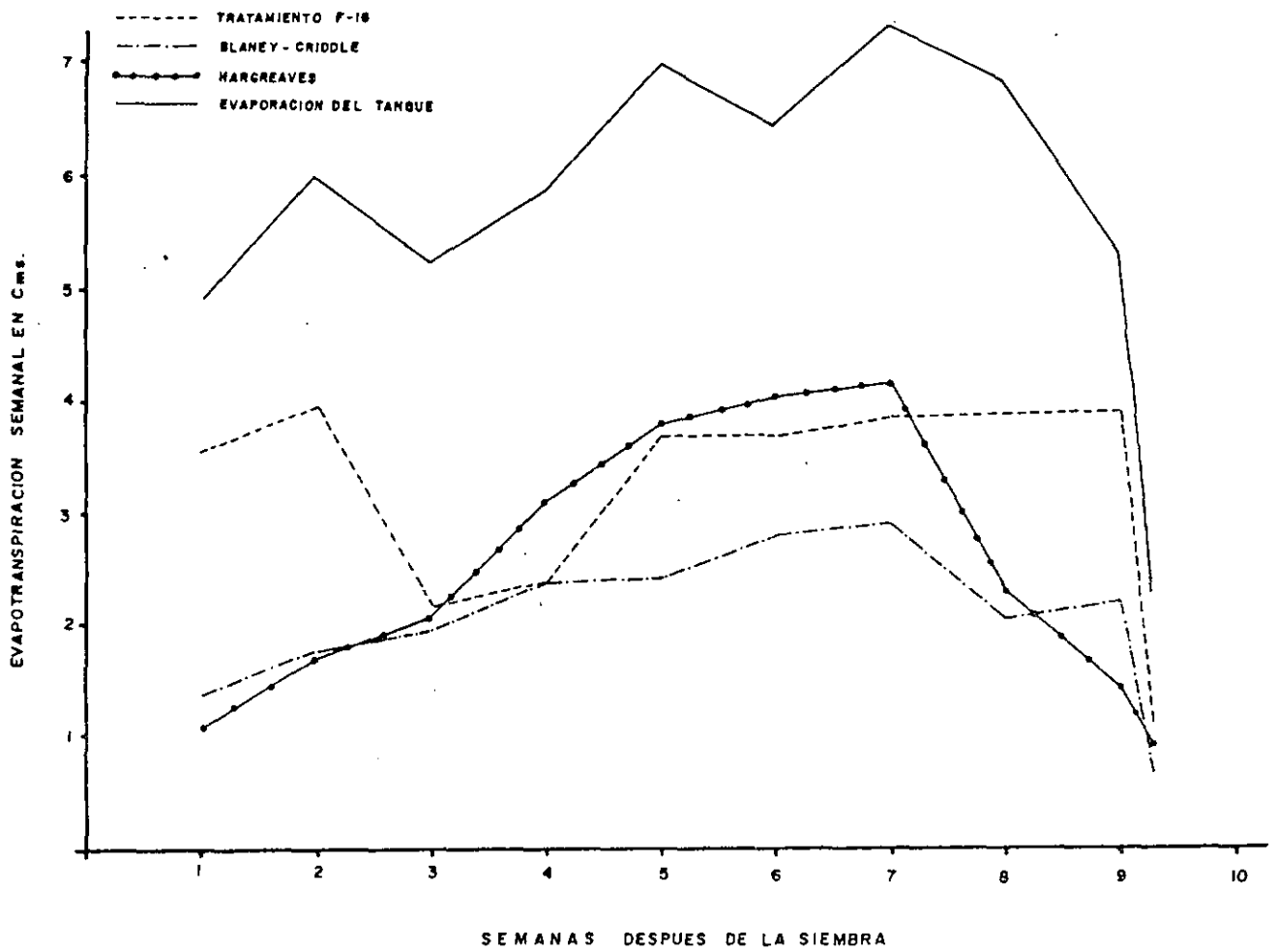
**FIGURA 7**

**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-12  
BLANEY - CRIDDLE, HARGREAVES MODIFICADO EN 1,966 Y EVAPORACION  
DEL TANQUE TIPO "A"**



**FIGURA 8**

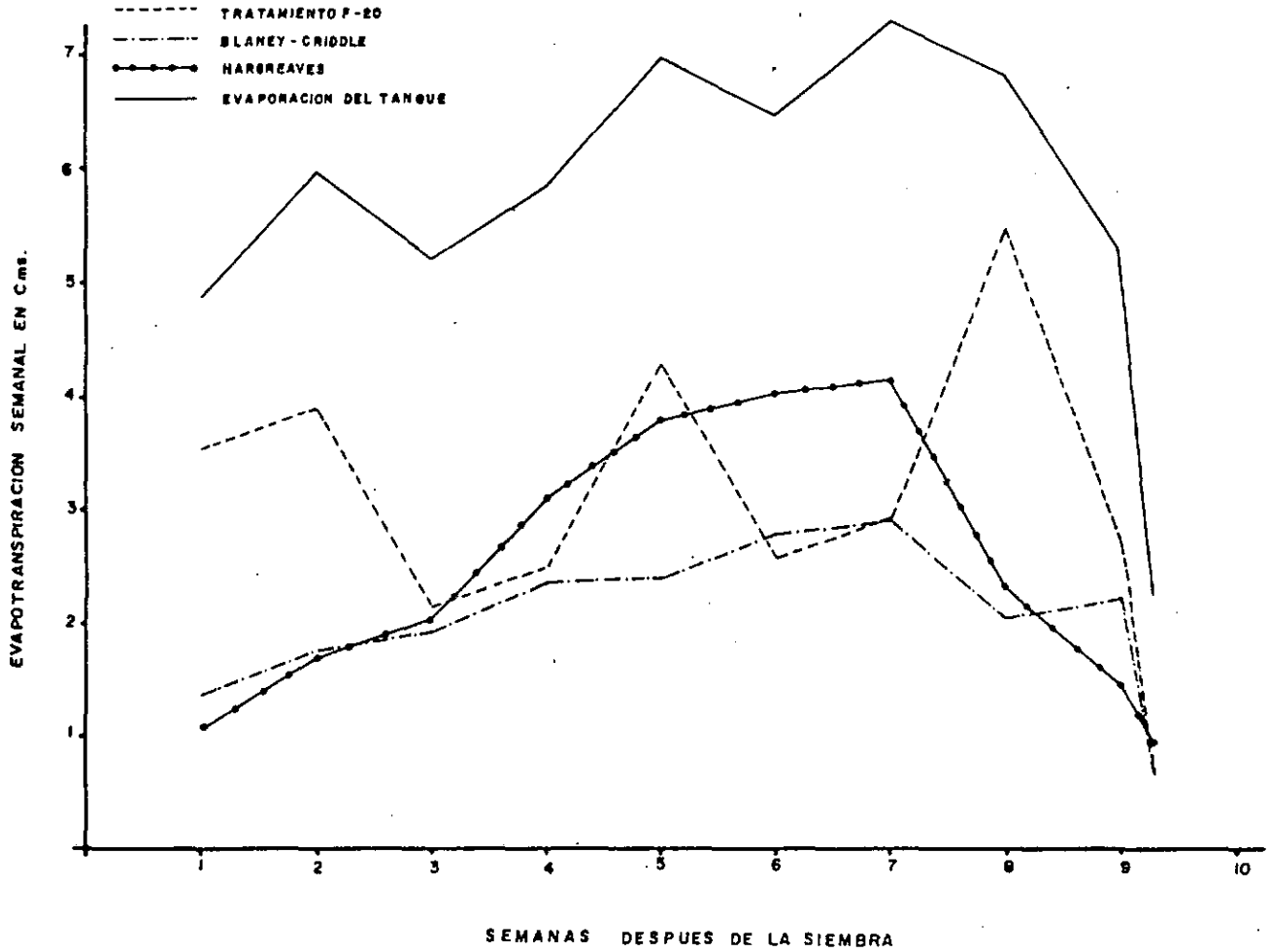
**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-16  
BLANEY - CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A"**





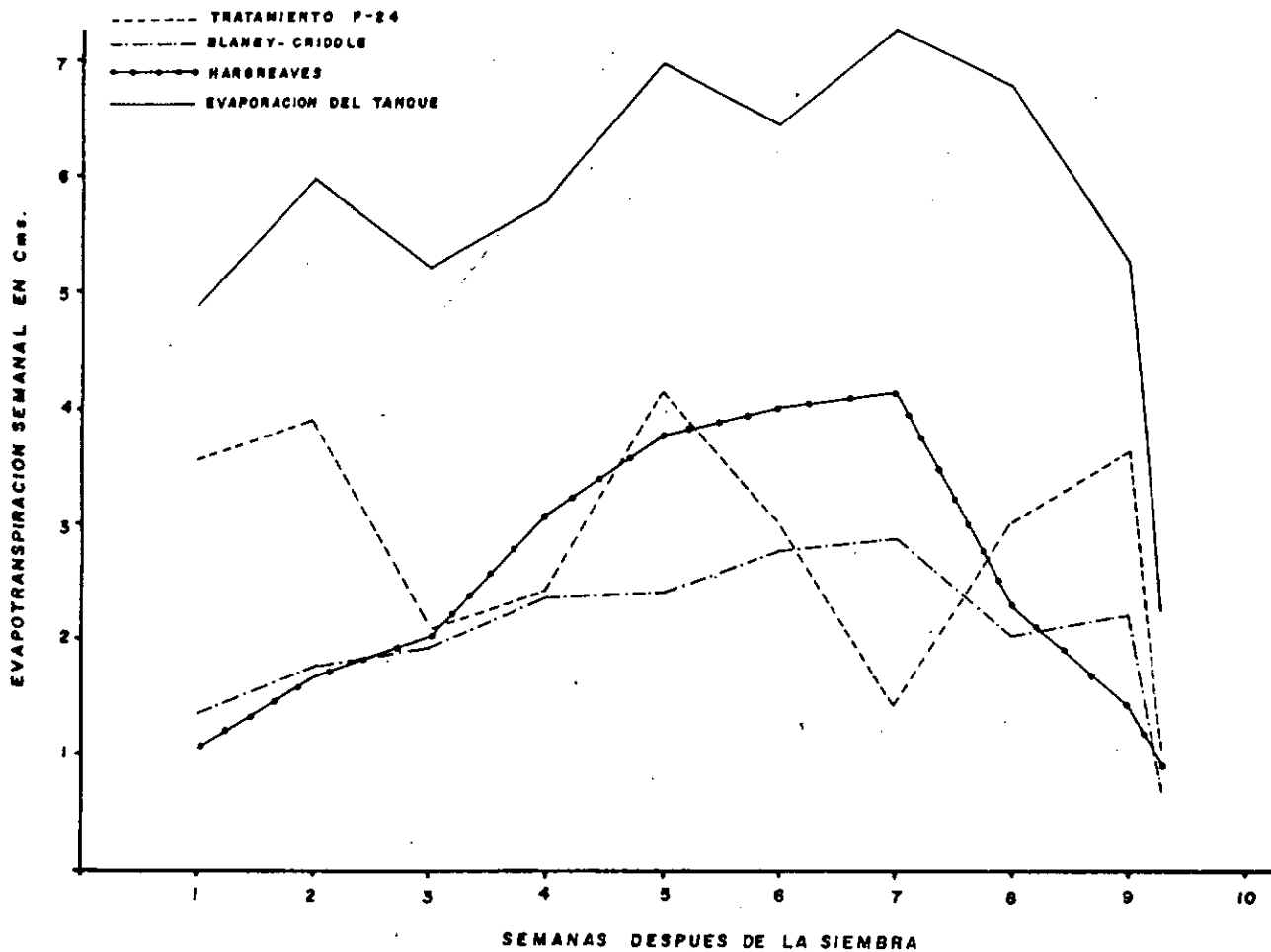
**FIGURA 9**

**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-20  
BLANEY - CRIDDLE, HARGREAVES MODIFICADO EN 1,966 Y EVAPORACION  
DEL TANQUE TIPO "A"**



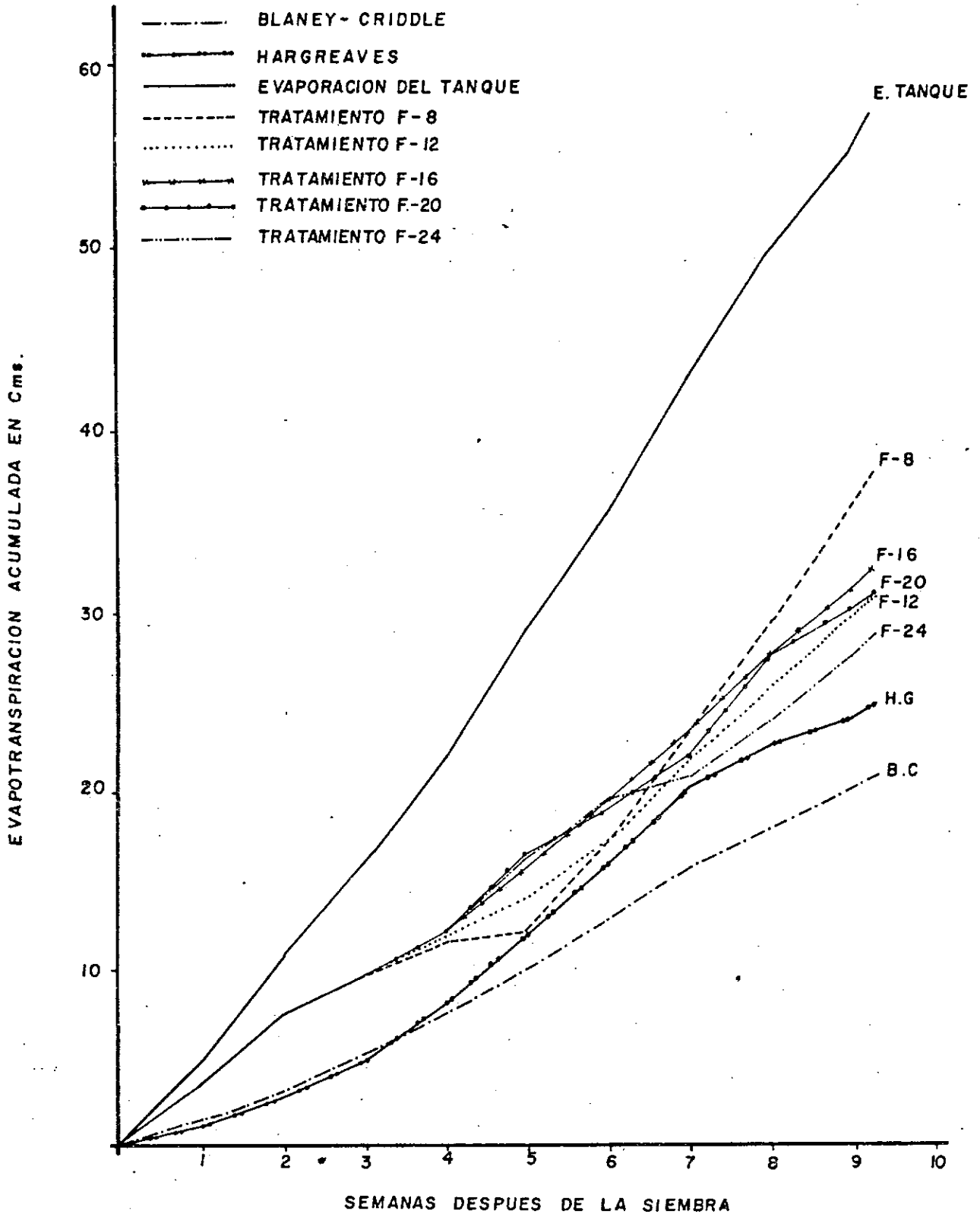
**FIGURA 10**

**TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-24  
BLANEY - CRIDDLE, HARGREAVES MODIFICADO EN 1,966 Y EVAPORACION  
DEL TANQUE TIPO "A "**



**FIGURA II**

**EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL ACUMULADA DE  
LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE,  
HARGREAVES MODIFICADO EN 1,966 Y EVAPO-  
RACION DEL TANQUE TIPO "A"**



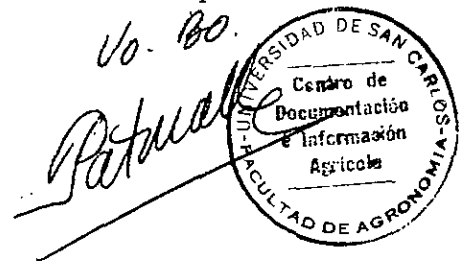


X. BIBLIOGRAFIA.

1. AL BARAK, A.H. 1964. Evaporati6n and potential evapotranspiration. Utah, Utah State University Library. s.p.
2. ANDRINO ALVAREZ, F. 1985. Efecto en los rendimientos de tomate (Lycopersicum esculentum) de cinco frecuencias de riego y verificaci6n de la adaptabilidad de f6rmulas empíricas para estimaci6n de evapotranspiraci6n en el Oasis, La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 99 p.
3. CASTILLA PEREZ, O. 1965. Determinaci6n pr6ctica del uso consuntivo. Ingeniería Hidráulica en México. 19(4):39-62.
4. CORADO, M.R. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiraci6n en mel6n (Cucumis melo L.) en el Valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 63 p.
5. DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO. 212 p.
6. GAVANDE, S.A. 1976. Físca de suelos, principios y aplicaciones. México, Limusa. 352 p.
7. GRASSI, C.J. 1978. Aspectos metodol6gicos para la determinaci6n experimental de la evapotranspiraci6n y la frecuencia de riego. Venezuela, CIDIAT. Serie de Riego y Drenaje, texto no. 26. 110 p.
8. \_\_\_\_\_ . 1975. Estimaci6n de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulaci6n y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Venezuela, CIDIAT. Serie de Riego y Drenaje, Texto no. Rd-8. 87 p.
9. GUATEMALA. DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1982. Curso de administraci6n, operaci6n y mantenimiento de unidades de riego; memoria. Guatemala. 16 p.

10. \_\_\_\_\_ . INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. 1980. Guía para el cultivo del melón Honey-Dew, Mayan Sweet y Tendral Verde. Guatemala. 6 p.
11. \_\_\_\_\_ . 1982. El cultivo del melón. Guatemala. 16 p.
12. HARGREAVES, G. 1977. Requerimientos de riego y déficit de precipitación para Guatemala. Trad. por Percy Aotken. Guatemala, DIRENARE. Memorandum Técnico no. 6. 27 p.
13. HOLDRIDGE, L.R. 1979. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. p. 1-107. (Material Educativo no. 34).
14. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1979. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté. 396 p.
15. LENANO, F. s.f. Como se cultivan las hortalizas de fruto. Barcelona, España, Vecchi. 396 p.
16. MENDEZ, L.F. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en melón (Cucumis melo L.) en el Valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 92 p.
17. PENA, R. 1955. Horticultura y fruticultura. Bilbao, España, Artes Gráficas Grijelmo. p. 204-208.
18. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. 1972. Trad. por Emilio Avila de la Torre. México, Diana. 99 p.
19. RUANO, J.M. 1985. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum L.) en la unidad de riego El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 119 p.
20. RUSSELL, R. 1969. Producción de melones. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. Boletín no. 4. 13 p.
21. SANCHEZ, J.F. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración de cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 94 p.

22. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M. 1954. Reconocimiento de los -  
suelos de los llanos de La Fragua, Zacapa, Guatemala.  
Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 110 p.
23. SOBERANIS, J.L. 1983. Efecto de las frecuencias de riego en  
los rendimientos y medición de la evapotranspiración en  
tomate (Lycopersicum esculentum) en la unidad de riego el  
Rancho Júcaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de  
San Carlos. 70 p.
24. TELLO SAMAYOA, C.A. 1983. Efecto de cinco frecuencias de -  
riego en el rendimiento y evapotranspiración del Chile -  
Pimiento (Capsicum annum L.) en la unidad de riego Rancho-  
Júcaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San -  
Carlos. 70 p.
25. WITHERS, B.; STANLEY, V. 1979. El riego; diseño y práctica.  
Trad. por Agustín Cotín. México, Diana. 350 p.
26. WITHERS, B.; VIPOND, S. 1979. El riego; diseño y práctica.  
México, Diana. p. 15-16, 69, 81-82.
27. ZEA MORALES, J.L. 1984. Efecto de cinco frecuencias de riego  
sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo  
de tomate (Lycopersicum esculentum) en un suelo de la se-  
rie Chicaj del Valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr.  
Guatemala, Universidad de San Carlos. 78 p.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

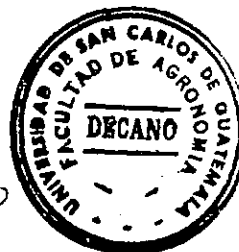
Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto .....

"IMPRIMASE"



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