

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

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

T E S I S

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

P O R

JOSE GERARDO MENDEZ GARCIA

En el Acto de su Investidura como
INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de:
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, 1986.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(865)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. 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:	Ing. Agr. César Castañeda S.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Jorge Carranza
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Edgar Franco
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Marco T. Aceituno
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez P.

Guatemala, Octubre de 1986

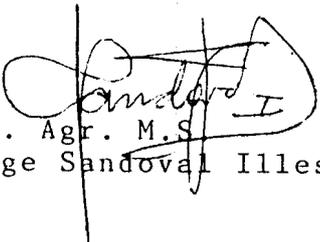
Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano de la Facultad
de Agronomía
Universidad de San Carlos
de Guatemala.

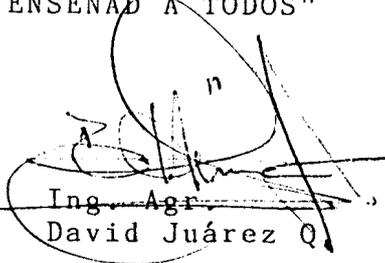
Señor Decano:

Por este medio nos permitimos manifestar a usted que hemos asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y LA EVAPOTRANSPIRACION EN MELON (Cucumis melo L.) TIPO CANTALOUPE EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA", desarrollado por el estudiante José Gerardo Méndez García.

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 ENSEÑAR A TODOS"


Ing. Agr. M.S.
Jorge Sandoval Illescas


Ing. Agr.
David Juárez Q.

Guatemala, Octubre de 1986

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
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 su consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y LA EVAPOTRANSPIRACION EN MELON (Cucumis melo L.) TIPO CANTALOUPE 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,


José Gerardo Méndez García

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

José Humberto Méndez O.
Josefina García de Méndez

A MIS HERMANOS

A MIS CUÑADOS

A MI FAMILIA EN GENERAL

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION

TESIS QUE DEDICO

A GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION

A MIS AMIGOS EN GENERAL

A TODOS LOS CAMPESINOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTO

Deseo manifestar mi gratitud por la ayuda recibida para la realización de éste trabajo.

Especialmente:

- A Mis padres, sea para ellos una mínima recompensa a sus esfuerzos.
- AL Ing. Agr. M.Sc. Jorge Sandoval e Ing. Agr. David Juárez, por su valiosa asesoría brindada a la presente 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 Todas aquellas personas, que de una u otra manera colaboraron a la realización del presente trabajo.

El presente trabajo de tesis forma parte del programa de Frecuencias de Riego del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la USAC y fue desarrollado mediante el convenio existente - entre la Facultad de Agronomía y el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	ii
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	2
3. OBJETIVOS	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
4.1 Características agronómicas del cultivo de melón	4
4.1.1 Caracteres botánicos	4
4.1.2 Necesidades climáticas y de suelo del cultivo	4
4.2 Necesidades de agua del cultivo de melón	5
4.3 Frecuencia y programación del riego	6
4.4 Constantes de humedad del suelo	7
4.4.1 Capacidad de campo y forma de determinarla	7
4.4.2 Punto de marchitez permanente y forma de determinarlo	8
4.5 Método del plástico para determinar densidad aparente	9
4.6 Evapotranspiración	10
4.7 Métodos para determinar la evapotranspiración	11
4.7.1 Método de parcelas experimentales	13
4.7.2 Método de Blaney-Criddle	13
4.7.3 Método de Hargreaves modificado en 1966	14
4.7.4 Método de evaporación en tanque tipo "A"	16
5. METODOLOGIA	17
5.1 Descripción del área	17
5.2 Aspectos agronómicos	18
5.2.1 Cultivo evaluado	18
5.2.2 Método de riego utilizado	18
5.2.3 Frecuencias de riego evaluadas	18
5.2.4 Manejo del cultivo	19

	Página	
5.3	Análisis y determinaciones previas	19
5.4	Manejo del experimento	20
5.4.1	Equipo utilizado	20
5.4.2	Trazo del experimento	20
5.4.3	Descripción del método utilizado	21
5.4.4	Método y momento de muestreo	21
5.4.5	Cálculo de la lámina de agua a reponer	21
5.4.6	Cálculo de la lámina de agua consumida	22
5.4.7	Diseño estadístico utilizado	22
5.4.8	Parcela experimental	23
5.4.9	Variabes respuesta	23
5.4.10	Metodología para analizar los resultados	24
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	27
6.1	Resultados y discusión de las variables respuesta	27
6.1.1	Rendimiento en cajas exportables por Hectárea	27
6.1.2	Rendimiento en Kilogramos por Hectárea	28
6.1.3	Número de frutos exportables por parcela	28
6.1.4	Número de plantas vivas al final del ciclo	30
6.1.5	Grados Brix del fruto	30
6.2	Uso del agua	30
6.2.1	Láminas de agua consumida	30
6.2.2	Agotamiento de la humedad aprovechable	32
6.3	Comparación de la evapotranspiración medida - con la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificada en 1966 y la evaporación del tanque tipo "A"	33
7.	CONCLUSIONES	36
8.	RECOMENDACIONES	37
9.	APENDICE	38
10.	BIBLIOGRAFIA	63

INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 1	Rendimiento promedio de melón en cajas exportables por Hectárea en dos series de suelos del valle de la Fragua, Zacapa.	7
CUADRO 2	Resultados del análisis químico del suelo.	19
CUADRO 3	Propiedades físicas del suelo.	20
CUADRO 4	Resultados promedio de las variables respuesta evaluadas.	27
CUADRO 5	Número de frutos exportables promedio por tratamiento de acuerdo a su diámetro.	29
CUADRO 6	Láminas de agua consumida y número de riegos por tratamiento durante todo el ciclo del cultivo.	31
CUADRO 7	Relación ET/Ev para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.	35

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

	Página	
CUADRO 1	Resultados organizados de rendimiento en cajas exportables por Hectárea.	39
CUADRO 2	Análisis de varianza para el rendimiento en cajas exportables por Hectárea.	39
CUADRO 3	Prueba de Tukey para el rendimiento en cajas exportables por Hectárea.	39
CUADRO 4	Resultados organizados de rendimiento en Kilogramos por Hectárea.	40
CUADRO 5	Análisis de varianza para el rendimiento en Kilogramos por Hectárea.	40
CUADRO 6	Prueba de Tukey para el rendimiento en Kilogramos por Hectárea.	40
CUADRO 7	Resultados organizados de número de frutos exportables por parcela.	41
CUADRO 8	Análisis de varianza para el número de frutos exportables por parcela.	41
CUADRO 9	Resultados organizados del número de plantas vivas al final del ciclo.	41
CUADRO 10	Análisis de varianza para el número de plantas vivas al final del ciclo.	42
CUADRO 11	Resultados organizados de grados Brix del fruto.	42
CUADRO 12	Análisis de varianza para grados Brix del fruto.	42
CUADRO 13	Prueba de Tukey para grados Brix del fruto.	42
CUADRO 14	Cálculo de lámina de agua consumida en el período de establecimiento.	43
CUADRO 15	Cálculo de lámina de agua consumida en el tratamiento F-8.	43
CUADRO 16	Cálculo de lámina de agua consumida en el tratamiento F-12.	44

		Página
CUADRO 17	Cálculo de lámina de agua consumida en el tratamiento F-16.	44
CUADRO 18	Cálculo de lámina de agua consumida en el tratamiento F-20.	45
CUADRO 19	Cálculo de lámina de agua consumida en el tratamiento F-24.	45
CUADRO 20	Cálculo de evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Blaney-Criddle.	51
CUADRO 21	Cálculo de evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Hargreaves modificada en 1966.	52
CUADRO 22	Evapotranspiración semanal y total de los cinco tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y evaporación del tanque tipo "A".	53
CUADRO 23	Resultados de la comparación de la evapotranspiración medida en el campo y la calculada con las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificada en 1966 y la evaporación en tanque tipo "A".	60
CUADRO 24	Relación de evapotranspiración/evaporación durante el ciclo del cultivo de los cinco tratamientos.	61

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

		Página
FIGURA 1	Porcentaje de humedad aprovechable, tratamiento F-8.	46
FIGURA 2	Porcentaje de humedad aprovechable, tratamiento F-12.	47
FIGURA 3	Porcentaje de humedad aprovechable, tratamiento F-16.	48
FIGURA 4	Porcentaje de humedad aprovechable, tratamiento F-20.	49
FIGURA 5	Porcentaje de humedad aprovechable, tratamiento F-24.	50
FIGURA 6	Tasa de evapotranspiración del tratamiento F-8, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación en tanque tipo "A".	54
FIGURA 7	Tasa de evapotranspiración del tratamiento F-12, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación en tanque tipo "A".	55
FIGURA 8	Tasa de evapotranspiración del tratamiento F-16, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación en tanque tipo "A".	56
FIGURA 9	Tasa de evapotranspiración del tratamiento F-20, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación en tanque tipo "A".	57
FIGURA 10	Tasa de evapotranspiración del tratamiento F-24, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación en tanque tipo "A".	58
FIGURA 11	Evapotranspiración acumulada de los 5 tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves y evaporación en tanque tipo "A".	59
FIGURA 12	Distribución de parcelas en el campo y sus dimensiones.	62

RESUMEN

El presente experimento se realizó en la unidad de riego Llano de Piedras, en el valle de La Fragua, Zacapa. El mismo consistió en determinar el efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en el cultivo de melón (Cucumis melo L.), con el objeto de encontrar la frecuencia de riego más recomendable y verificar la adaptabilidad de las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación en tanque Tipo "A" en la estimación de la evapotranspiración para ésta etapa de siembra y condiciones del área.

Las frecuencias de riego que se tomaron como tratamientos tuvieron un intervalo de 8, 12, 16, 20 y 24 días. Estas se escogieron partiendo de la frecuencia de 8 días, la cual es la recomendada en dos trabajos realizados anteriormente en la misma unidad de riego y además es la utilizada por los agricultores de la región.

El diseño estadístico utilizado fué el de bloques al azar, con los cinco tratamientos mencionados y cinco repeticiones.

El efecto de las diferentes frecuencias se midió a través de las siguientes variables de respuesta; rendimiento en cajas exportables por Hectárea, rendimiento en Kilogramos por Hectárea, número de frutos exportables por parcela, número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo y Grados Brix del fruto.

Para determinar la evapotranspiración real se usó el método de parcelas experimentales, determinando la humedad del suelo mediante el método gravimétrico. Se tomaron muestras de suelo en los estratos de 0-30 y de 30-60 cm. de profundidad con un barreno helicoidal, con el objeto de determinar el contenido de humedad del suelo antes y después de riego y así poder calcular la cantidad de agua a reponer en cada riego y el agua consumida por el cultivo en cada intervalo.

Los resultados obtenidos manifiestan que la aplicación de diferentes frecuencias de riego si tienen efecto sobre las variables

rendimiento en cajas exportables por Hectárea, rendimiento en Kilogramos por Hectárea y Grados Brix del fruto, obteniéndose los mayores rendimientos con las frecuencias de riego de 8 y 16 días y el valor más alto de Grados Brix del fruto con la frecuencia de 24 días; en lo referente al número de frutos exportables por parcela y número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo no hubo diferencia entre los tratamientos.

Se constató que la evapotranspiración fué mayor en los tratamientos más húmedos que en los más secos y varió desde 38.11 cm. en el tratamiento de 8 días hasta 26.19 en el de 24 días.

En el presente ensayo se determinó además, que a partir del inicio de la fructificación se da un incremento en el consumo de agua, por lo que se puede considerar a ésta, como la etapa en la cual el cultivo presenta el mayor requerimiento de riego.

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, Hargreaves modificada en 1966 y la Evaporación del tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los métodos para estimar la evapotranspiración en la región.

La relación media de evapotranspiración/evaporación es de -- 0.435 para la etapa de desarrollo vegetativo, 0.63 para la floración y 0.84 para la etapa de fructificación. Se obtuvieron valores adicionales de esta relación durante el ciclo del cultivo y pueden utilizarse como datos preliminares para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación.

Finalmente se recomienda continuar con este tipo de experimentos, tanto en el mismo cultivo y región como en otras regiones y cultivos, con el objeto de afinar los resultados obtenidos hasta el momento y poder dar en el futuro recomendaciones consistentes tendientes al mejor aprovechamiento del agua en la producción agrícola.

1. INTRODUCCION

El agua ha pasado a ser el recurso natural más valioso, en las regiones donde se dispone de ella en cantidades limitadas, tal es el caso de la región nor-oriental del país, por lo que se hace necesario la utilización de una tecnología adecuada, en la cual se utilice racionalmente el área de riego, haciendo un manejo adecuado de los cultivos y una aplicación oportuna del agua de riego.

Atendiendo a la necesidad de una aplicación oportuna y cantidades adecuadas de agua de riego para diferentes cultivos, el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, inició en 1983 trabajos experimentales tendientes a generar información sobre éste aspecto.

Aunque ya se tiene información, aún no se cuenta con resultados definitivos, por lo que, con el presente trabajo se pretende llegar a generar más información para poder indicar cuál o cuales son las mejores frecuencias de riego.

El experimento se realizó en la Finca el "Oasis" propiedad del ICTA, ubicada en la unidad de riego Llano de Piedras, La Fragua, Zacapa. El cultivo con el cual se trabajó es el melón (Cucumis melo L.) variedad dulce, tipo Cantaloupe, dado que éste cultivo es uno de los ocho principales de la zona, mayormente para la exportación y en la actualidad se está impulsando cada vez más. Se tomó como variable de estudio la frecuencia de riego con tratamientos cada 8, 12, 16, 20 y 24 días.

Además de medir la evapotranspiración directamente, por medio del método de parcelas experimentales, ésta se comparó con los resultados que se obtuvieron de métodos indirectos. Los métodos indirectos para el cálculo de evapotranspiración que se utilizaron son: Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y evaporación en tanque tipo "A".

2. HIPOTESIS

- 2.1 La producción del cultivo del melón será afectada por la aplicación de las frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20 y 24 días.
- 2.2 El valor de la evapotranspiración o consumo de agua por el cultivo será diferente en los tratamientos regados con distinto intervalo de riego.
- 2.3 La evapotranspiración medida en el campo durante todo el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente del valor de la evapotranspiración estimada con las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificada en 1966 y evaporación en tanque tipo "A".

3. OBJETIVOS

GENERAL

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

ESPECIFICOS

- 3.2 Encontrar la frecuencia de riego más recomendable para el cultivo de melón en esa época y condiciones del área.
- 3.3 Determinar la lámina a aplicar en cada riego y la lámina total en el ciclo del cultivo.
- 3.4 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
- 3.5 Verificar la adaptabilidad de las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificada en 1966 y evaporación en tanque Tipo "A" para el área en la estimación de la evapotranspiración.
- 3.6 Establecer la relación evapotranspiración/evaporación para las diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con mayores rendimientos.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Características agronómicas del cultivo de melón

4.1.1 Caracteres botánicos

El melón (Cucumis melo L.) es una planta herbácea, anual, que pertenece a la familia de las Cucurbitaceae. Posee tallos herbáceos, ramificados, flexibles y rastreros, que alcanzan de 1.5 a 3.5 mts. de longitud, en los que se encuentran flores masculinas y femeninas. La mayor parte de su sistema radical se encuentra en los primeros 60 cm. de profundidad; además los tallos producen raíces adventicias en los nudos (12).

Es una planta provista de zarcillos mediante los cuales puede convertirse en trepadora. Las hojas son alternas, reniformes o cordiformes, anchas y provistas de un largo peciolo; las flores unisexuales y situadas en la axila de la hoja. Primero aparecen las de sexo masculino y, al cabo de unos 10 días las de sexo femenino, y así se van alternando a medida que crece la planta (14).

El fruto es de tipo pepónide, su forma puede ser redonda, oval o aplanada por los polos; la pulpa puede tener varios colores, blanco, verde y con más frecuencia amarillo-anaranjado. La superficie del fruto o cáscara puede ser lisa, reticulada, surcada o rugosa (14).

4.1.2 Necesidades climáticas y de suelo del cultivo

El melón, como es muy común en las Cucurbitaceae, es poco resistente a climas lluviosos. El exceso de lluvias favorece los ataques de enfermedades de la raíz, la planta y la fruta reduce mucho la calidad. Es indispensable cultivarlo en condiciones de clima cálido pues no resiste lo más mínimo al frío (14).

El cultivo del melón necesita una temperatura óptima de 22 a 24°C. y una humedad ambiental semiseca entre 65-75% en ciertos períodos de crecimiento y en otros períodos de 75-85% de humedad ambiental (14).

En cuanto al suelo, es mejor dedicarle terrenos más bien sueltos (arcillo-arenosos), de muy buena fertilidad, frescos y condiciones hídricas perfectas, pues le daña mucho el encharcamiento de agua (14).

De Paz (1982), indica que el melón necesita suelos Franco-arenosos, Franco-limosos, Franco-arcillo-arenosos, con un pH de 6 a 7 (14).

Respecto a la reacción del suelo, éste debe ser preferentemente neutro o subácido, ya que en condiciones de excesiva acidez o alcalinidad se notan desequilibrios en el crecimiento (14).

4.2 Necesidades de agua del cultivo de melón

En formageneral, durante el período de crecimiento de un cultivo, se 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 determinado y la velocidad de evapotranspiración comienza a disminuir (9).

Es muy difícil dar cifras precisas de las cantidades de agua de riego que se necesitan para cultivar diversas legumbres desde la siembra hasta la madurez, porque hay muchos factores que la afectan, aparte de la clase de planta (1).

De acuerdo a Rojas (1977) citado por Tello, en términos generales las hortalizas anuales cultivadas por sus frutos, son sensibles a la dotación de agua cuando los frutos comienzan a desarrollarse (23).

En la etapa de fructificación, para el cultivo de melón se da un incremento en el consumo de agua, manteniéndose en una forma constante durante las demás etapas del ciclo del cultivo. Por lo que se considera ésta, como la etapa en la cual el cultivo presenta mayor requerimiento de riego (5)(15).

Para el cultivo de melón, si los niveles de agotamiento de agua del suelo son de 0.3 a 0.8 atmósferas expresadas en tensiones de agua del suelo, se obtienen rendimientos máximos (6).

Por otro lado, las plantas de melón no toleran excesos de agua y no deben sembrarse en lugares en donde se encharca el agua después de haber llovido, ya que ello favorece los ataques de enfermedades de la raíz, follaje y fruta, reduciendo mucho la cantidad de ésta última (19).

4.3 Frecuencia y programación del riego

La profundidad y la frecuencia del riego deben adaptarse a criterios de reconstitución de la humedad del suelo relativos a cada cultivo, tipo de suelo y clima. Habrá de determinarse cuidadosamente la programación del agua en lo que se refiere a su profundidad y al momento del riego durante todo el período vegetativo con objeto de evitar una disminución de los rendimientos debido a la escasez de humedad en el suelo (7).

En términos generales los factores que influyen sobre el momento más oportuno de regar son: Factores edáficos, factores climáticos, épocas de siembra, necesidades de agua de los cultivos y capacidad de la zona radical para almacenar el agua (23).

En cuanto al melón, la profundidad efectiva de la raíz, es de 60 a 75 cms. y la cantidad recomendada de agotamiento de humedad disponible antes de que el riego sea iniciado es de 30% (6).

Los coeficientes de riego adoptados por la Comisión Nacional de Irrigación para el melón son: 3 a 4 riegos por ciclo o 4500 a 6000 mts³/Ha. (10).

Russel (19) indica que en el área de Teculután, el Rancho y La Fragua, las plantaciones normalmente deben irrigarse cada semana desde la siembra hasta la recolección del producto.

Más específicamente para el valle de La Fragua, Méndez G. y Corado E. (1984) en experimentos anteriores, trabajaron con melón tipo Honey-Dew, en dos condiciones de suelo, concluyeron lo siguiente: El riego cada 8 días es el más recomendable; pero sin embargo se podrá regar cada 16 días cuando el recurso agua esté escaso en la región (15). Se debe regar cada 8 días durante la etapa de -- fructificación y cada 16 días durante las etapas de desarrollo vegetativo, floración y maduración del fruto (5).

Los rendimientos obtenidos por ambos para las dos condiciones de suelo se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1 RENDIMIENTO PROMEDIO DE MELON EN CAJAS EXPORTABLES/HA. EN DOS SERIES DE SUELOS DEL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA.

FRECUENCIAS días	SUELO CHICAJ	SUELO TECULUTAN
	cajas exportables/Ha.	cajas exportables/Ha.
8	1080	1727
12	704	1138
16	767	1096
20	585	837
24	723	734
28	530	745 (5)(15)

4.4 Constantes de humedad del suelo

4.4.1 Capacidad de campo y forma de determinarla

La capacidad de campo representa la máxima capacidad capilar de un suelo y depende de las características físicas del mismo (9).

Israelsen y Hansen (13), la definen como el contenido de humedad que existe en el suelo después de la eliminación del agua - gravitacional.

Existen dos formas de determinarla. La primera se realiza en laboratorio, sometiendo muestras de suelo a una tensión de 0.3 atmósferas. Estas estimaciones no son indicadores muy confiables - del valor de campo, pues la capacidad de campo depende del perfil del suelo y su estructura. La segunda forma de determinarla es en

en el campo mediante el método propuesto por Withers y Vipond y el Servicio de Conservación de Suelos (17), el mismo consiste en delimitar un área de muestreo de un metro cuadrado con bordos de 20 cm de altura y levantar otros bordos exteriores a los primeros, para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después se humedece el suelo hasta saturarlo, tanto en la zona de muestreo como en la parte exterior. Debe localizarse en un lugar que sea representativo del terreno en el cual se va 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 12 a 18 horas después. Es necesario cubrir el área preparada, incluyendo el bordo exterior con algún material impermeable -- que evite la evaporación (17).

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. Los muestreos deben realizarse durante 4 ó 5 días para mayor exactitud (17).

El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, secándolas en horno a 105-110°C. por 24 horas y pesándolas ya secas. Posteriormente se hace una gráfica, colocando el contenido de humedad en las ordenadas y el tiempo en las abcisas; con ellas es posible determinar el porcentaje de humedad correspondiente a la capacidad de campo de cada estrato, el cual se da en el momento en que la curva se estabiliza.

4.4.2 Punto de marchitez permanente y forma de determinarlo

El punto de marchitez permanente, representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas (9). 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 (13).

La tensión a la cual se produce el marchitamiento permanente oscila entre 7 y 40 atmósferas y depende de la velocidad de utilización del agua, del contenido de sales del suelo y de su textura (13).

Se puede determinar en laboratorio para obtener resultados rápidos, sometiendo muestras de suelo a tensiones de 15 atmósferas y determinando el contenido de humedad final. También se puede determinar usando plantas de girasol sembradas en recipientes (1).

En el campo se puede determinar midiendo la humedad del suelo cuando las plantas se han marchitado permanentemente. Se puede calcular aproximadamente dividiendo capacidad de campo por un factor cuyo valor oscila entre 2.0 y 2.4 que es función de la proporción de limo del suelo; si ésta es alta se usa 2.4 (17).

4.5 Método del plástico para determinar densidad aparente

Este método consiste en hacer una calicata; en uno de los extremos de la misma se forman gradas con alturas que correspondan a los estratos que se van a muestrear. En la superficie superior de cada grada se hace un agujero de 15 cms. por lado, el suelo que se extrae se coloca en una bolsa plástica con su respectiva identificación, 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 volumen de suelo extraído (2).

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/cms³

Psh = peso de suelo húmedo en Kgs.

Vt = volúmen total en litros.

Ps = porcentaje de humedad del suelo.

4.6 Evapotranspiración

Según Grassi (9), la evapotranspiración puede ser potencial o real. La evapotranspiración potencial sucede con una vegetación de escasa altura y activo crecimiento, que cubre totalmente el terreno y que no tiene restricciones de humedad edáfica, y depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, las cules 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 rela--ción 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.

La evapotranspiración del cultivo de melón ha sido determinada experimentalmente en el valle de La Fragua, Zacapa, obteniéndose los resultados que a continuación se mencionan:

La evapotranspiración total determinada por Barillas K (4) - fué de 50.06 cms. para suelo Franco-arcilloso-arenoso, y de 42.74 cms. para suelo arcilloso.

Corado E. (5) determinó las siguientes evapotranspiraciones: 36.61, 26.89, 29.46, 19.82, 17.79 y 20.24 cms., para las frecuencias de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días respectivamente.

Las evapotranspiraciones calculadas por Méndez G.(15), son - las siguientes: 35.11, 25.24, 30.56, 21.40, 26.11 y 22.55 cms. para las frecuencias de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días respectivamente.

4.7 Métodos para determinar la evapotranspiración

Básicamente para la determinación de la evapotranspiración - existen dos clases de métodos, atendiendo a la forma de obtener los datos: Los métodos directos y los métodos indirectos.

Los métodos directos proporcionan una lectura de humedad del suelo en forma más rápida y directa en el terreno. Israelsen y Hansen (13) indican que los principales son: Parcelas experimentales; estudios sobre la humedad del suelo; experimentos en tanques y lisímetros; métodos de integración y método 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.

Aguilera (1979) menciona entre otros los siguientes métodos: Blaney-Criddle, Pennam, Thornwaite, Hargreaves, Jensen-Haise, Gras se-Christiansen, Lowry-Jhonson, Tanque Tipo "A" (2).

A la fecha se han realizado experimentos con varios cultivos, en diferentes regiones para verificar la adaptabilidad de algunos de los métodos indirectos para determinar la evapotranspiración.

Así para el valle de La Fragua, para el cultivo de tomate, Barillas K. (4) indica que, la fórmula de Blaney-Criddle, considerada globalmente y para períodos quincenales, es la que más se ajusta a los datos de evapotraspiración real, así mismo Zea M. (24) indica que la evapotranspiración calculada mediante el método de Blaney-Criddle y evaporación en tanque tipo "A" manifiestan una alta correlación con los datos de evapotranspiración calculada para las frecuencias de 8, 12 y 16 días.

Andrino A. (3) indica que, para el cultivo de tomate, en la Fragua, la evapotranspiración calculada mediante el método de Blaney-Criddle coincide con la calculada para las frecuencias de riego de 12, 16 y 20 días. Así mismo indica que el método de Hargrea

ves reportó datos mayores que los calculados en campo para las - frecuencias de riego de 12, 16 y 20 días, pero el método si es adecuado para estimar la evapotranspiración cuando se tenga una frecuencia de riego de 8 días.

Para la región Rancho-Jícaro, Soberanis L. (22) indica que - la evapotranspiración medida en los tratamientos más secos (intervalos de riego de 10 y 12 días), tiende a aproximarse a los valores de evapotranspiración calculados por el método de Blaney-Criddle.

Para esta misma región Tello S. (23) indica que la evapotranspiración calculada mediante el método de Blaney-Criddle, reportó datos menores a los calculados en el campo para el cultivo del Chile pimiento.

Para la zona de Bárcenas, Villa Nueva, Sánchez Chávez (20) - indica que, para el cultivo de cebolla, la evapotranspiración calculada en el campo, para una frecuencia de riego de 4 días, es igual a la calculada mediante el método de Hargreaves modificado. A la vez indica que la evapotranspiración calculada mediante éste mismo método para frecuencias de riego de 8, 12 y 16 días, sigue la misma tendencia, por lo que podrían desarrollarse coeficientes de ajuste a la fórmula.

En cuanto al cultivo de melón, para el valle de la Fragua, - Barillas K. (4) y Méndez G. (15) coinciden al indicar que la fórmula de Blaney-Criddle es la que más se ajusta con la evapotranspiración real medida en el suelo Arcilloso considerada globalmente. Sin embargo, Barillas indica además que la fórmula también se ajusta para períodos cortos mientras que Méndez no lo recomienda ya que la fórmula reportó datos en exceso en la mayor parte del ciclo del cultivo, para períodos cortos.

En cuanto a la fórmula de Hargreaves indican que, reportó resultados similares a los valores de evapotranspiración real, pero no se adapta para períodos cortos.

Corado E. (5) indica que existe una alta correlación entre

los valores reportados por la fórmula de Hargreaves y los valores de evapotranspiración calculados en el campo.

4.7.1 Método de parcelas experimentales

Israelsen y Hansen (13) consideran que éste método proporciona datos más reales que los de tanques y lisímetros pero a la vez indican que este método está limitado por el tiempo que transcurre entre la toma de muestras y su desecación en el horno, que por lo regular es de 24 horas.

El método consiste en establecer parcelas en los terrenos y llevar un control de humedad del suelo mediante muestreos con barrenos a diferentes profundidades. La determinación de la humedad se hace por el método gravimétrico el cual consiste en tomar muestras de suelo que sean representativas de los diferentes estratos, de aproximadamente 125 gramos. La muestra así obtenida se coloca en un bote de peso conocido y tapa hermética, luego se pesa la muestra de suelo húmedo, se coloca en horno a $105-110^{\circ}\text{C}$. durante 24 horas y luego se pesa de nuevo para determinar el contenido de humedad en la muestra. La pérdida de peso dividida por el peso del suelo seco, multiplicado por 100 da el porcentaje de humedad referido al suelo (13).

El inconveniente de este método es que hay que realizar un gran número de determinaciones para obtener una precisión adecuada (14).

4.7.2 Método de Blaney-Criddle

Gavande (1975) citado por Barillas, reporta que la fórmula da una estimación de la evapotranspiración real 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 grandemente o extensamente para estimar las necesidades de riego (4).

Este método fue desarrollado para las condiciones áridas del oeste de Estados Unidos. Esta fórmula relaciona valores reales

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

De este modo, evapotranspiración mensual se puede calcular usando la siguiente fórmula:

$$E_{Tr} = (K_g)(F)$$

donde: E_{Tr} = evapotranspiración real en mm/mes

K_g = coeficiente global de ajuste que depende del cultivo

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

donde: n = número de meses del ciclo del cultivo

f = factor de evapotranspiración mensual, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

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

donde: p = porcentaje de horas luz del mes, con respecto al total anual

t = temperatura promedio mensual

El Servicio de Conservación de Suelos introdujo un factor de corrección "K" el cual es función de la temperatura media mensual (K_t) y del estado de desarrollo del cultivo (K_c) por lo que:

$$K = K_t \times K_c$$

donde: $K_t = 0.03144 (t) + 0.2396$

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

t = temperatura media mensual en grados centígrados.

Grassi (9) indica que, la fórmula ha dado valores superiores a los reales en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias, menores de 5 mm/día y valores inferiores con altas exigencias mayores de 5 mm/día.

4.7.3 Método de Hargreaves modificado en 1966

Grassi (9) indica que la fórmula de Hargreaves calcula el uso

consuntivo mensual en función de la temperatura media, la humedad relativa media al medio día y la duración del día, la cual depende de la latitud. La fórmula de Hargreaves incluye coeficientes de efecto del cultivo.

En unidades métricas y con temperaturas en grados centígrados la fórmula es:

$$E_{Tr} = 17.37 K.d.t (1.0 - 0.01 H_n)$$

donde: K = coeficiente del cultivo

d = coeficiente mensual de duración del día

t = temperatura media mensual

H_n = humedad relativa media al medio día

El coeficiente "d" está relacionado con el "p" de Blaney-Cridle, por lo que: $d = 0.12 p$.

Dado que la fórmula ha sido desarrollada para condiciones meteorológicas medias, el mismo Hargreaves en 1966 sugiere utilizar las siguientes correcciones para mejorar los resultados:

- a) Para el efecto de la velocidad del viento hay que aumentar o disminuir los resultados en un 9% por cada 50 Km/día de aumento o disminución, con respecto al 100 Km/día que corresponde a las condiciones de obtención de la fórmula.
- b) Para la altitud los resultados deben aumentarse en 1% por cada 100 mts. de elevación a partir de los 150 mts. correspondientes a las condiciones de creación de la fórmula.
- c) Para duración del resplandor solar: Debido a que la fórmula se obtuvo con una insolación del 90%, para situaciones diferentes hay que aplicar las correcciones siguientes:

Insolación (%)	30	40	50	60	70	80	90
Corrección (%)	-34	-28	-24	-20	-16	-9	0

4.7.4 Método de evaporación del tanque tipo "A"

Grassi (9) indica que, las medidas de evaporación de una superficie libre de agua en un tanque evaporímetro (Ev) integra los efectos de los diferentes factores metereológicos que influyen en la evapotranspiración. También hace referencia que en estudios de correlación en diferentes cultivos y períodos del ciclo vegetativo, permite obtener coeficientes para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$ETp = Ev \cdot C$$

donde: ETp = evapotranspiración potencial

Ev = evaporación en tanque

C = coeficiente de ajuste adimensional

El coeficiente "C" está en función de la velocidad del viento, la humedad relativa media mensual y del tipo de cobertura vegetal alrededor del tanque.

5. METODOLOGIA

5.1 Descripción del área

El experimento se estableció en el Centro de Producción "El Oasis", del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), localizado en el valle de la Fragua, Estanzuela, Zacapa.

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

El clima es calificado como cálido seco (8). Holdrige (1976) clasifica la zona de vida como monte espinoso subtropical. La vegetación natural está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas. La temperatura oscila entre 19°C . (Enero) y 38°C . (Abril), con una media anual de 27°C . (11).

La precipitación media anual es de 500 mm durante la época de invierno (Mayo-Octubre), pero aún en estos meses se hace necesario aplicar agua para auxiliar a los cultivos. En el verano la precipitación es casi nula. La elevación media es de 230 mts. sobre el nivel del mar (8).

Los suelos del valle, indica Simmons (1959) que, edafológicamente son suelos jóvenes y que las diferencias principales se basan en el material original y el drenaje. Las series predominantes son: Chicaj, Chiquimula, Teculután, Cortí, Sinaneque y Tempisque (21).

El presente estudio se realizó en suelos de la serie Chicaj arcilloso que se encuentra en un 12.74% de los suelos del valle central de la Fragua (21).

Los suelos de ésta serie presentan un horizonte "A" bastante arcilloso y un horizonte "B" con un muy alto contenido de arcilla coloidal del grupo montmorillonítico (16).

5.2 Aspectos agronómicos

5.2.1 Cultivo evaluado

El cultivo evaluado en el presente experimento es el melón (Cucumis melo L.), variedad Dulce, tipo Cantaloupe. Se evaluó éste tipo ya que entre los materiales correspondientes a los tipos de melón cabe destacar la importancia que se les ha dado a los del tipo Cantaloupe, que tiene mejor aceptación y que dado los precios que alcanzan plantean una mejor oportunidad de ingresos tanto para el productor como al país. Además es posible que éste tipo de melón por su fruto pequeño se vea menos afectado por las diferentes frecuencias de riego, ya que Méndez G. (15) y Corado E. (5) en trabajos anteriores, con melón tipo Honey-Dew, coinciden al indicar que el melón tipo Honey-Dew se debe regar cada 8 días ya que, regar con frecuencias más largas produce frutos de menor tamaño, el cual no llena los requisitos de exportación.

5.2.2 Método de riego utilizado

Se utilizó el método de riego por gravedad en surcos, derivando el agua de la toma por medio de sifones de 1" y 1/2" para la aplicación del agua a cada surco. Mediante éste sistema se podrá estimar el volumen de agua aplicada a cada surco, previo aforo de los sifones.

Para la conducción del agua a las diferentes parcelas, se hizo una toma para cada bloque (repetición), dejando una distancia de 3 y 4 mts. entre la toma y las parcelas, evitando con ello que la humedad llegara a las parcelas que no se requerían regar, como puede observarse en la figura 12 del apéndice.

5.2.3 Frecuencias de riego evaluadas

Los intervalos entre riegos se tomaron a partir de la frecuencia de 8 días, utilizada por los agricultores de la región y recomendada por Méndez G. (15) y Corado E. (5) para el cultivo de melón. Las frecuencias evaluadas son: riego cada 8, 12, 16, 20 y 24 días, las cuales serán nombradas F-8, F-12, F-16, F-20 y F-24 respectivamente en éste documento.

5.2.4 Manejo del cultivo

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

Para preparar el terreno se dió una pasada de arado a una profundidad de 25 cms. y posteriormente se dieron dos pasadas de ras tra en forma cruzada para dejar bien mullido el suelo y luego se surqueó con una pendiente de 0.35% a una distancia de 0.90 mts. La siembra se efectuó al lado de un surco y dejando el siguiente surco muerto, con el fin de formar posteriormente una cama de 1.80 mts. de ancho. La distancia entre plantas utilizada fue de 0.30 mts.

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 se efectuó siguiendo las recomendaciones del laboratorio de suelos.

5.3 Análisis y determinaciones previas

Previo a la implementación del experimento se efectuaron análisis químicos y físicos del suelo. El análisis químico se hizo para obtener recomendaciones en cuanto a fertilización. Para ésto se tomaron submuestras de la capa arable en diferentes puntos del lote experimental para formar una muestra compuesta, la cual se envió al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 2.

CUADRO 2 RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

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

Para la determinación de las propiedades físicas del suelo se tomaron 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). En cuanto a capacidad de campo y punto de marchitez permanente se efectuaron determinaciones a nivel de campo, utilizando el método propuesto por Withers y Vipond y el Servicio de Conservación de Suelos (17) descrito en el numeral 4.4.1 del capítulo de revisión de literatura. Así también se efectuó la determinación de la densidad aparente a nivel de campo, mediante el método del plástico descrito en el numeral 4.5 del capítulo de revisión de literatura.

Las características físicas de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente se tomaron de la determinación en campo por considerarse más apropiados de acuerdo con los fines del experimento, ya que los valores reportados por el laboratorio fueron muy altos. Los resultados se presentan en el cuadro 3.

CUADRO 3 PROPIEDADES FISICAS 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%

5.4 Manejo del experimento

5.4.1 Equipo utilizado

- Sifones de 1" y 1/2"
- Barreno helicoidal
- Cajas de aluminio
- Horno eléctrico con termómetro
- Balanza con precisión de 0.1 grs.

5.4.2 Trazo del experimento

Luego del surqueado del lote experimental, se procedió al trazo del experimento; se construyeron cinco tomas, las cuales se utilizaron para regar cada una de las repeticiones, luego se delimita

ron las parcelas contando los surcos necesarios y dejando el espacio correspondiente entre las mismas.

El tamaño de parcela utilizado fué 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 mts. antes del bloque y a 3.0 mts. después del bloque con un ancho de 1 mt. la distribución de parcelas en el campo y sus dimensiones pueden observarse en la figura 12 del apéndice.

5.4.3 Descripción del método utilizado

Al inicio con la siembra se efectuó un riego general a todo el ensayo, luego durante las primeras cuatro semanas del cultivo se aplicaron tres riegos generales con la finalidad de asegurar el establecimiento del cultivo. A partir del último riego general se inició el riego a cada tratamiento en forma individual, según el intervalo que le correspondió.

5.4.4 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 0-30 cms. y de 30-60 cms. tomando la muestra del tercio medio de cada estrato. Los puntos de muestreo se tomaron al azar, con el fin de cubrir toda el área de la parcela. Las muestras se tomaron 24 horas antes de cada riego para determinar la lámina de agua a reponer y 48 horas después de cada riego 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.

5.4.5 Cálculo de la lámina de agua a reponer

La lámina de agua a reponer en cada parcela se determinó mediante la siguiente fórmula;

$$La = \frac{Pssc - Psar}{100} \cdot Dap \cdot Pr$$

donde: La = lámina de agua a reponer

Pssc = porcentaje de humedad a capacidad de campo

Psar = porcentaje de humedad antes del riego

Dap = densidad aparente

Pr = profundidad del estrato considerado

Para obtener la lámina total a reponer será necesario sumar las láminas para cada estrato.

5.4.6 Cálculo de la lámina de agua consumida

Luego de obtener los porcentajes de humedad de los diferentes estratos se calculó la evapotranspiración para un período determinado con la siguiente ecuación:

$$Lc = \frac{\%HDR - \%HAR}{100} \times Dap \times Pr$$

donde: Lc = Lámina de agua consumida en cms.

%HDR = porcentaje de humedad después de riego

%HAR = porcentaje de humedad antes de riego

Dap = densidad aparente

Pr = profundidad del estrato considerado

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.

5.4.7 Diseño estadístico utilizado

En el presente trabajo la variable estudiada es la humedad, y tomando en consideración que el terreno es homogéneo, se consideró adecuado usar el diseño estadístico bloques al azar. Reyes (19), indica que se puede utilizar este diseño cuando se tenga un

solo gradiente, y en nuestro caso el único gradiente es el de humedad.

Se tuvieron 5 tratamientos (8, 12, 16, 20 y 24 días) y 5 repeticiones. 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 (18)

5.4.8 Parcela experimental

Area del ensayo = 3830 mts²

Area útil del ensayo = 1296 mts²

Area de cada parcela experimental = 51.84 mts²

Area útil de cada parcela experimental = 25.92 mts²

Número de parcelas = 25

Distancia entre parcelas = 3.60 mts

Distancia entre surcos = 1.80 mts

Distancia entre bloques = 8.0 mts

Número de surcos por parcela = 4

Densidad de siembra: 100 plantas por parcela neta

50 plantas por parcela útil

5.4.9 Variables respuesta

Las variables que se utilizaron para evaluar el efecto de los tratamientos son:

- 1- Rendimiento de fruto en cajas exportables/Ha.
- 2- Rendimiento de frutos exportables en Kg/Ha.
- 3- Número de frutos exportables recolectados por parcela
- 4- Número de plantas vivas al final del ciclo.

5- Grados Brix del fruto.

5.4.10 Metodología para analizar los resultados

Para las variables respuesta los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza y en los casos necesarios se efectuaron pruebas de Tukey al 5% de significancia.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula 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 calculada mediante fórmulas) 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, Hargreaves modificado en 1966 y la Evaporación del tanque tipo "A" no se adaptan a la región. Si los coeficientes de determinación 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, 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.

Las valores de t_c se determinan de la siguiente forma:

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 .

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

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

donde: Sb_1^2 = varianza del coeficiente de regresión

S^2 = cuadrado medio del error

n = número de datos considerados

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

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

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

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

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

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

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

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

donde: b_0 = valor del intercepto obtenido de la regresión que es

$$\text{igual a: } \frac{\sum y}{n} - b_1 \frac{\sum x}{n}$$

B_0 = valor del intercepto de la hipótesis considerada --
(0 para éste caso)

$$S_{b_0} = \frac{(\sum x^2) \cdot S^2}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

En éstas pruebas para aceptar las hipótesis nulas planteadas los valores de "t" tabulados tienen que ser mayores o iguales a los valores de "t" calculados.

Además de éste análisis estadístico, también se efectuó una comparación gráfica ploteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración acumulada de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves 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.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

La presentación y discusión de los resultados obtenidos en el presente ensayo se ha dividido en tres partes: La primera comprende aspectos agronómicos o variables de respuesta, por medio de las cuales se evaluó el efecto de los tratamientos; la segunda se refiere al uso del agua por las plantas en los diferentes tratamientos; y en la tercera se hacen comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración calculada por medio de fórmulas.

6.1 Resultados y discusión de las variables respuesta

Para realizar el análisis de varianza, a los resultados organizados por tratamiento y repetición 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 les efectuó una transformación a raíz cuadrada por tratarse de variables discretas.

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos para cada una de las variables respuesta evaluadas.

CUADRO 4 RESULTADOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES RESPUESTA EVALUADAS

tratamiento	RENDIMIENTO		# frutos exportables por parcela	# plantas vivas por parcela	Grados Brix
	Kg/Ha.	cajas exportables/Ha.			
F-8	19143.40	964	58	47	9.34
F-12	13341.00	705	48	48	9.70
F-16	15092.60	731	50	49	9.90
F-20	12091.00	653	46	48	10.16
F-24	13395.20	672	45	46	11.50

6.1.1 Rendimiento en cajas exportables por Hectárea

Puede observarse en el cuadro 4 el rendimiento promedio en cajas exportables por Hectárea de cada tratamiento, se aprecia

que el tratamiento F-8 fué el que más produjo y el tratamiento F-20 el que menos produjo, existiendo una diferencia de 311 cajas entre los dos tratamientos.

Esta diferencia se debe posiblemente a la falta de agua en los tratamientos más secos en períodos críticos del ciclo del cultivo, lo cual influyó en el crecimiento de los frutos y no así en su número total. Como puede apreciarse en el cuadro 5, los tratamientos más secos produjeron frutos de diámetros más pequeños.

En el cuadro 1 del apéndice se presentan los resultados organizados por tratamiento y repetición. El análisis de varianza se presenta en el cuadro 2 del apéndice; este indica que hay diferencia significativa entre los tratamientos. Al hacer la comparación de medias usando la prueba de Tukey da como resultado que, los tratamientos que obtuvieron los mejores rendimientos son F-8 y F-16 y un segundo grupo formada por los tratamientos F-16, F-12, F-24 y F-20 como puede apreciarse en el cuadro 3 del apéndice.

6.1.2 Rendimiento en Kg/Ha.

Los promedios de rendimiento en kilogramos/Hectárea que produjo cada tratamiento se presentan en el cuadro 4. Se puede apreciar que el tratamiento F-8 fué el que más produjo y el tratamiento F-20 el que menos produjo.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza y la prueba de Tukey se presentan en los cuadros 4, 5 y 6 del apéndice.

El análisis de varianza indica que hay diferencia significativa entre tratamientos, o sea que por lo menos una frecuencia de riego tiene un comportamiento diferente con respecto a los demás en cuanto a rendimiento en Kg/Ha. La prueba de Tukey reporta que los tratamientos que obtuvieron los mejores rendimientos y quedaron dentro del primer grupo son: F-8 y F-16; el segundo grupo está formado por las frecuencias F-16, F-24, F-12 y F-20.

6.1.3 Número de frutos exportables por parcela

En el cuadro 4 se pueden observar los promedios de frutos exportables que se obtuvieron por parcela, pudiéndose notar que el tratamiento F-8 produjo el mayor número de frutos exportables y el tratamiento F-24 produjo el menor número de frutos exportables.

En el apéndice se presenta el cuadro 7 con los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el cuadro 8 con el análisis de varianza el cual indica que la diferencia existente entre los tratamientos no es estadísticamente significativa.

En cuanto al tamaño de fruto exportable, se presenta en el cuadro 5 los resultados promedio de frutos exportables por tratamiento de acuerdo a su diámetro, y el número total de frutos por parcela. El diámetro está determinado por el número de frutos que caben en una caja de dimensiones establecidas por cada compañía exportadora; así un melón No. 12 indica que en una caja caben 12 melones; todas las cajas son del mismo tamaño, teniendo un peso de 40 a 45 libras por caja como promedio.

CUADRO 5 NUMERO DE FRUTOS EXPORTABLES PROMEDIO POR TRATAMIENTO DE ACUERDO A SU DIAMETRO

TRATA- MIENTO	DIAMETRO DE MELONES						TOTAL
	12	15	18	24	27	30	
F-8	2	3	7	14	12	20	58
F-12	0	1	2	8	14	23	48
F-16	0	1	2	9	15	23	50
F-20	0	1	2	6	10	27	46
F-24	0	1	2	8	13	21	45

En el cuadro 5 puede observarse que el tratamiento F-8 produjo más frutos de los diámetros mayores y diámetros medios. Por el contrario, los tratamientos más secos produjeron mayor número de frutos de diámetro pequeño. Se puede inferir entonces que, las frecuencias de riego evaluadas no afectan el número de frutos por planta pero sí su tamaño y peso.

6.1.4 Número de plantas vivas al final del ciclo

En el cuadro 4 se puede observar el número promedio de plantas vivas al final del ciclo del cultivo; el cual fué ligeramente mayor para el tratamiento F-16 y menor para el tratamiento F-24. En el apéndice se presenta el cuadro 9 con los datos organizados por tratamiento y repetición, y el cuadro 10 con el análisis de varianza; éste indica que no hay diferencia significativa entre el número de plantas vivas finales de los cinco tratamientos evaluados. Se puede inferir entonces que el número de plantas vivas finales no se vió afectada por las distintas frecuencias de riego.

6.1.5 Grados Brix del fruto

En el cuadro 4 se puede observar el promedio de grados Brix de los frutos que produjo cada tratamiento, se puede apreciar que el tratamiento F-24 es el que tiene el más alto valor y el tratamiento F-8 presenta el valor más bajo.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza se presentan en los cuadros 11 y 12 del apéndice. En análisis de varianza indica que hay diferencia significativa entre tratamientos.

En el cuadro 13 del apéndice se presenta la prueba de Tukey puede observarse que el valor más alto corresponde al tratamiento más seco (F-24), a los otros tratamientos F-8, F-12, F-16 y F-20 la prueba de Tukey los agrupa como estadísticamente iguales.

6.2 Uso del agua

Para una mayor facilidad en la presentación y discusión, los resultados de esta sección se han dividido en dos partes: La primera se refiere a las láminas de agua consumida y la segunda comprende el agotamiento de la humedad aprovechable por cada uno de los tratamientos.

6.2.1 Láminas de agua consumida

Las láminas de agua consumidas para cada riego se calcularon

en base a los datos de porcentaje de humedad obtenidos en los muestreos después y antes de riego, efectuando además 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 19 del apéndice; donde el cuadro 14 corresponde al cálculo del consumo de agua durante los riegos generales el cual fué uniforme para todos los tratamientos durante las primeras 4 semanas. En los cinco cuadros restantes se presentan los cálculos del consumo en forma individual para cada tratamiento, sin tomar en cuenta el período de establecimiento.

En el cuadro 6 se presentan las láminas de agua consumida y número de riegos para cada uno de los tratamientos.

CUADRO 6 LAMINAS DE AGUA CONSUMIDAS Y NUMERO DE RIEGOS POR TRATAMIENTO DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

No. de riego	TRATAMIENTOS				
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24
1	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22
2	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88
3	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
4	3.58	4.59	8.74	9.24	10.72
5	7.14	9.05	10.90	9.33*	6.96*
6	7.94	6.19*	4.68*		
7	6.93				
8	4.01*				
Lámina total	38.11	28.34	32.73	27.08	26.19

* Lámina de agua consumida la cual ya no se aplicó por estar cerca la etapa de cosecha.

Puede observarse en el cuadro 6 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. Así, puede notarse en el cuadro 6 que el tratamiento F-8 es el que mayor lámina total consumió y debido a que fué el tratamiento con menor intervalo de riego se le aplicó un mayor número

de riegos. En contraste el tratamiento F-24 fué el tratamiento - que menor lámina total consumió, teniendo éste tratamiento únicamente 4 riegos durante todo el ciclo del cultivo.

6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable

En las figuras 1 a la 5 del apéndice puede observarse el consumo promedio de humedad aprovechable de cada uno de los tratamientos para los estratos de 0-30 cm. y 30-60 cm. En estas figuras - puede notarse que, en ninguno de los tratamientos el porcentaje de humedad bajó al punto de marchitez permanente. Así mismo puede notarse en todos los tratamientos un mayor agotamiento de la humedad aprovechable del suelo a partir del inicio de la fructificación - (35-40 días después de la siembra), lo cual implica un incremento en el consumo de agua durante esta etapa y por lo tanto un mayor requerimiento de riego.

Como puede observarse en las figuras 1 a la 5 del apéndice, el agotamiento de humedad para el estrato de 0-30 cm. no pasó de 20% en el período de establecimiento; para el estrato de 30-60 cm. el mayor consumo de humedad aprovechable fue de 26% durante este mismo período. Es decir que durante el período de establecimiento nunca se usó ni la mitad del agua disponible.

Para el tratamiento F-8, figura 1 del apéndice, puede observarse que, a partir del inicio de la fructificación el consumo de humedad aprovechable del estrato 0-30 cm. llegó hasta 60%, obteniéndose 53% como consumo promedio durante todo este período. En el estrato 30-60 cm. el consumo fue menor durante todo el período de fructificación, siendo 44% el consumo promedio. Puede notarse que siempre existió suficiente agua disponible, por lo que la planta no tuvo que realizar mayor esfuerzo para extraer el agua del suelo.

Para el tratamiento F-12, figura 2 del apéndice, se puede observar que el consumo de la humedad aprovechable de los dos estratos fué mayor, llegando el consumo hasta 60% para el estrato 0-30 cm. y a 52% para el estrato de 30-60 cm. en el período de fructificación.

El tratamiento F-16, figura 3 del apéndice, llegó a agotar 77% de la humedad aprovechable del estrato 0-30 cm. y 62% del estrato 30-60 cm. durante los riegos correspondientes a la etapa de fructificación. Como puede notarse durante ésta etapa se aplicaron dos riegos, aplicándose el último de ellos 4 días antes de la cosecha, lo cual influyó posiblemente en la obtención de un mayor rendimiento que el tratamiento F-12 al cual ya no se le aplicó riego antes de iniciar la cosecha.

En las figuras 4 y 5 del apéndice se puede observar el comportamiento de los tratamientos F-20 y F-24 en las cuales se puede apreciar un quiebre en la curva, lo cual se debe a que se efectuaron muestreos intermedios para un mejor control de la humedad del suelo. En la figura 4 del apéndice correspondiente al control de humedad del tratamiento F-20, puede observarse que fué el tratamiento en el cual se agotó el mayor porcentaje de humedad aprovechable de los dos estratos considerados, siendo de 87% el agotamiento para el estrato 0-30 cm. y de 73% para el estrato 30-60 cm. durante el período de fructificación.

Finalmente, en el tratamiento F-24, figura 5 del apéndice se puede notar que se llegó a agotar hasta 84% de la humedad aprovechable del estrato 0-30 cm. y 63% del estrato 30-60 cm.

Mediante observaciones de campo se apreció más vigor en las plantas de los tratamientos F-8, F-12 y F-16 y un desarrollo menos vigoroso en las del tratamiento F-24. Se puede inferir entonces que el rendimiento se vió afectado por el contenido de humedad en el suelo, principalmente en el período de fructificación.

6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves modificada en 1966 y la Evaporación del Tanque Tipo "A"

Para verificar la adaptabilidad de la fórmula de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación del tanque tipo "A" en la estimación de la evapotranspiración, se procedió a comparar gráficamente los valores medidos y los calculados usando para ello la tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración

acumulada, efectuándose además un análisis de regresión y correlación lineal simple tal y como se planteó en el capítulo de metodología de este trabajo.

El cálculo de la evapotranspiración semanal mediante la fórmula de Blaney-Criddle y Hargreaves modificada en 1966 puede observarse en los cuadros 20 y 21 del apéndice. Así también en el cuadro 22 del apéndice, se presenta la evapotranspiración semanal medida en cada tratamiento evaluado, la evapotranspiración calculada por el método de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación semanal del tanque tipo "A".

Considerados globalmente, los valores de evapotranspiración calculados por la fórmula de Blaney-Criddle y Hargreaves modificada en 1966 son inferiores a los medidos en el campo, para cada uno de los tratamientos. Por el contrario, la evaporación del tanque tipo "A" fué mayor que la evapotranspiración medida en cada uno de los tratamientos como puede observarse en el cuadro 22 del apéndice.

En las figuras de la 6 a la 10 del apéndice se presenta la evapotranspiración de cada tratamiento y la tasa de evapotranspiración semanal calculada en base a las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificada en 1966 y la evaporación semanal del tanque tipo "A". Como puede observarse en dichas gráficas, la tasa de evaporación del tanque tipo "A" es mayor que la tasa de evapotranspiración medida en cada uno de los tratamientos.

La tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Blaney-Criddle y Hargreaves modificada en 1966 presenta un comportamiento diferente al de la tasa de evapotranspiración semanal medida en cada uno de los tratamientos evaluados, siendo ésta última mayor, tanto al inicio como al final del ciclo del cultivo como puede apreciarse en las figuras 6 a la 10 del apéndice.

En la figura 11 del apéndice puede notarse que las curvas de evapotranspiración acumulada de los tratamientos F-12, F-20 y F-24 manifiestan un comportamiento similar al de la curva de eva-

potranspiración acumulada calculada mediante el método de Hargreaves modificado en 1966.

A pesar de que gráficamente pareciera existir igualdad entre la evapotranspiración medida y la calculada, los coeficientes de determinación " r^2 " obtenidos en el análisis estadístico efectuado son más bajos que el coeficiente de correlación $(r)^2$ al 1% de significancia, lo cual indica que son diferentes. Los resultados del análisis efectuado se presentan en el cuadro 23 del apéndice.

Se puede inferir de lo anterior que, la fórmula de Blaney-Cridle, Hargreaves modificada en 1966 y la evaporación del tanque tipo "A" no se adaptan a la región para la estimación de la evapotranspiración del cultivo de melón.

Los valores de evaporación en tanque pueden llegar a ajustarse por medio de un factor proveniente de la relación evapotranspiración/evaporación ya que la evaporación es un fenómeno afectado por los mismos factores que afectan la evapotranspiración a excepción del elemento planta. En el cuadro 7 se presenta la relación ET/Ev. para las diferentes etapas fenológicas del cultivo, ésta se calculó en base a la media de los coeficientes de los tratamientos F-8 y F-16 en los cuales se obtuvieron los mayores rendimientos.

CUADRO 7 RELACION ET/Ev PARA LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO

ETAPA FENOLOGICA	DURACION	RELACION ET/Ev
Desarrollo vegetativo	30-01-86 al 05-03-86	0.435
Floración	25-02-86 al 12-03-86	0.630
Fructificación	06-03-86 al 02-04-86	0.840

El valor alto de ET/Ev para el período de fructificación se justifica, ya que la máxima tasa de evapotranspiración ocurrió durante ésta etapa fenológica como puede observarse en el cuadro 22 del apéndice.

En el cuadro 24 del apéndice se presentan los valores de la relación ET/Ev durante el ciclo del cultivo para cada uno de los tratamientos evaluados.

7. CONCLUSIONES

1. La aplicación de diferentes frecuencias de riego sí influyó en el rendimiento, tanto en cajas exportables por Hectárea como en peso en Kilogramos por Hectárea. Siendo los tratamientos regados cada 8 y 16 días los que produjeron los rendimientos mayores.
2. En las variables respuesta, número de plantas vivas al final del ciclo y número de frutos exportables por parcela no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Por lo tanto las diferentes frecuencias de riego no afectan a éstas variables.
3. La aplicación de diferentes frecuencias de riego influyó en la variable Grados Brix del fruto, siendo el tratamiento regado cada 24 días el que presentó el valor más alto con 11.50 Grados Brix.
4. Las diferentes frecuencias de riego sí influyeron en los valores de evapotranspiración total del cultivo, reportándose una evapotranspiración real total medida por el método de parcelas experimentales de 38.11, 28.34, 32.73, 27.08 y 26.19 cms. del tratamiento con intervalo de 8, 12, 16, 20 y 24 días respectivamente.
5. El agotamiento de humedad aprovechable de los dos estratos considerados nunca fue del 100%, por lo que en ninguno de los tratamientos se alcanzó valores equivalentes al punto de marchitez permanente.
6. Todos los tratamientos presentan un incremento en el consumo de agua a partir del inicio de la fructificación, por lo que se puede considerar a ésta, como la etapa en la cual el cultivo presenta el mayor requerimiento de riego.
7. Estadísticamente los valores de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves modificado en 1966 y la evaporación en tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los tres métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración en la región.
8. La relación de evapotranspiración/evaporación para la etapa de desarrollo vegetativo fue de 0.435, para la etapa de floración de 0.63 y para la etapa de fructificación fue de 0.84.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda repetir este tipo de experimentos en la misma región, época y cultivo, con el objeto de hacer más consistentes los resultados obtenidos. También se recomienda realizarlos en otras regiones y otros cultivos.
2. En base a los resultados obtenidos en este ensayo, se recomienda regar cada 16 días durante las etapas de desarrollo vegetativo y floración del cultivo, así también regar cada 8 días durante la etapa de fructificación ya que la demanda de agua por la planta es mayor durante ésta etapa.
3. Habiendo determinado que el mayor consumo de agua se produce durante la fructificación, posteriores trabajos pueden ser diseñados en función de varias etapas fenológicas del cultivo. Estos se podrían iniciar con dos etapas, las cuales pueden ser: antes y después de la fructificación.
4. Los coeficientes obtenidos para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación en tanque tipo "A", pueden utilizarse como datos preliminares. Se recomienda seguir afinando estos coeficientes ya que constituyen un método sencillo, práctico y aplicable a la región.

9. A P E N D I C E

CUADRO 1 RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO EN CAJAS EXPORTABLES POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
F-8	1243	1042	836	807	893	4821	964.2
F-12	859	787	557	728	595	3526	705.2
F-16	782	919	763	625	568	3657	731.4
F-20	710	776	309	665	806	3266	653.2
F-24	705	709	546	709	695	3364	672.8
TOTAL	4299	4233	3011	3534	3557	18634	

CUADRO 2 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN CAJAS EXPORTABLES POR HECTAREA

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	4	100.31	25.08	4.8	3.01*
Bloques	4	83.96	20.99		
Error	16	83.74	5.23		
Total	24	268.01			

C.V. = 8.44%

CUADRO 3 PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN CAJAS EXPORTABLES POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	PROMEDIO
F-8	30.95
F-16	26.95
F-12	26.47
F-24	25.91
F-20	25.25

CUADRO 4 RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
F-8	22068	21296	18827	16126	17400	95717	19143.4
F-12	17438	14776	10417	13349	10725	66705	13341.0
F-16	16281	19521	14895	12346	11420	75463	15092.6
F-20	13927	13850	6289	11613	14776	60455	12091.0
F-24	14738	13542	11651	13966	13079	66976	13395.2
TOTAL	84452	82985	63079	67400	67400	365316	

CUADRO 5 ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	4	151080222	37770055.5	7.87	3.01*
Bloques	4	78394958	19598739.5		
Error	16	76831448	4801965.5		
Total	24	306306628			

C.V. = 15%

CUADRO 6 PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	PROMEDIO
F-8	19143.40
F-16	15092.60
F-24	13395.20
F-12	13341.00
F-20	12091.00

CUADRO 7 RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE FRUTOS EXPORTABLES POR PARCELA

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
F-8	68	64	57	51	53	293	58.6
F-12	57	55	39	52	59	242	48.4
F-16	54	61	50	46	40	251	50.2
F-20	51	53	21	48	57	230	46.0
F-24	49	44	36	48	50	227	45.4
TOTAL	279	277	203	245	239	1243	

CUADRO 8 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE FRUTOS EXPORTABLES POR PARCELA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	4	2.95	0.74	2.03	3.01 NS
Bloques	4	4.55	1.14		
Error	16	5.84	0.37		
Total	24	13.34			

C.V. = 8.67 %

CUADRO 9 RESULTADOS ORGANIZADOS DEL NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
F-8	42	46	48	50	50	236	47.20
F-12	43	48	50	50	50	241	48.20
F-16	50	50	46	50	50	246	49.20
F-20	48	44	50	50	50	242	48.40
F-24	43	42	47	50	50	232	46.40
TOTAL	226	230	241	250	250	1197	

CUADRO 10 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	4	0.13	0.03	1.0	3.01 NS
Bloques	4	0.53	0.13		
Error	16	0.43	0.03		
Total	24	1.09			

C.V. = 2.50%

CUADRO 11 RESULTADOS ORGANIZADOS DE GRADOS BRIX DEL FRUTO

TRATA- MIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
F-8	8.30	9.80	10.60	8.80	9.20	46.70	9.34
F-12	9.60	10.00	8.90	10.50	9.50	48.50	9.70
F-16	9.20	9.40	10.50	10.70	9.70	49.50	9.90
F-20	10.60	10.80	9.40	9.90	10.10	50.80	10.16
F-24	11.20	12.25	11.50	11.50	11.07	57.52	11.50
TOTAL	48.90	52.25	50.90	51.40	49.57	253.02	

CUADRO 12 ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRIX DEL FRUTO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	4	13.76	3.44	7.87	3.01*
Bloques	4	1.49	0.37		
Error	16	6.99	0.44		
Total	24	22.24			

C.V. = 6.55%

CUADRO 13 PRUEBA DE TUKEY PARA GRADOS BRIX DEL FRUTO

TRATAMIENTOS	PROMEDIO
F-24	11.50
F-20	10.16
F-16	9.90
F-12	9.70
F-8	9.34

CUADRO 14 CALCULO DE LAMINA DE AGUA CONSUMIDA EN EL PERIODO DE ESTABLECIMIENTO

ESTRATO cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Consumo entre muestreos cms.	Ajuste	Lámina cms.
	Después de riego		Antes de riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	31	29.82	4	28.33	1.49	0.72	0.54	1.26
30-60	Enero 86	28.12	Feb. 86	25.75	1.37	1.12	0.84	1.96
0-30	7	29.82	11	28.47	1.35	0.66	0.50	1.16
30-60	Feb. 86	28.12	Feb. 86	26.03	2.09	0.98	0.74	1.72
0-30	14	29.82	24	28.19	1.63	0.79	0.24	1.03
30-60	Feb. 86	28.12	Feb. 86	25.86	2.26	1.06	0.32	1.38

Total 8.51

CUADRO 15 CALCULO DE LAMINA DE AGUA CONSUMIDA EN EL TRATAMIENTO F-8

ESTRATO cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Consumo entre muestreos cms.	Ajuste	Lámina cms.
	Después de riego		Antes de riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	27	29.82	4	27.36	2.46	1.20	0.72	1.92
30-60	Feb. 86	28.12	Marzo 86	25.92	2.20	1.04	0.62	1.66
0-30	7	28.96	12	23.61	5.35	2.60	1.56	4.16
30-60	Marzo 86	27.22	Marzo 86	23.28	3.94	1.86	1.12	2.98
0-30	15	28.62	20	22.90	5.72	2.78	1.67	4.45
30-60	Marzo 86	27.28	Marzo 86	22.66	4.62	2.18	1.31	3.49
0-30	23	29.87	28	24.89	4.98	2.42	1.45	3.87
30-60	Marzo 86	28.01	Marzo 86	23.95	4.06	1.91	1.15	3.06
0-30	31	29.37	4	26.24	3.13	1.52	0.76	2.28
30-60	Marzo 86	28.86	Abril 86	26.42	2.44	1.15	0.58	1.73

Sub-total 29.60

Riegos generales 8.51

Total 38.11

CUADRO 16 CALCULO DE LAMINA DE AGUA CONSUMIDA EN EL TRATAMIENTO F-12

ESTRATO cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Consumo cms	Ajuste	Lámina cms.
	Después de riego		Antes de riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	27 Feb.	29.82	8 Marzo	25.90	3.92	1.91	0.64	2.55
30-60	86	28.12	86	24.87	3.25	1.53	0.51	2.04
0-30	11 Marzo	30.65	20 Marzo	22.54	8.11	3.94	1.31	5.25
30-60	86	28.81	86	22.75	6.06	2.85	0.95	3.80
0-30	23 Marzo	30.18	4 Abril	24.19	5.99	2.91	0.49	3.40
30-60	86	28.50	86	23.43	5.07	2.39	0.40	2.79

Sub-Total 19.83

Riegos generales 8.51

Total 28.34

CUADRO 17 CALCULO DE LAMINA DE AGUA CONSUMIDA EN EL TRATAMIENTO F-16

ESTRATO cms	Porcentaje de Humedad				Dife- rencia %	Consumo cms	Ajuste	Lámina cms.
	Después de riego		Antes de riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	27 Feb.	29.82	12 Marzo	21.18	8.64	4.20	0.97	5.17
30-60	86	28.12	86	21.96	6.16	2.90	0.67	3.57
0-30	15 Marzo	30.35	28 Marzo	19.85	10.50	5.10	1.18	6.28
30-60	86	28.48	86	20.51	7.97	3.75	0.87	4.62
0-30	31 Marzo	29.29	4 Abril	24.93	4.36	2.12	1.06	3.18
30-60	86	27.60	86	25.62	1.98	0.93	0.47	1.40

Sub-total 24.22

Riegos generales 8.51

Total 32.73

CUADRO 18 CALCULO DE LAMINA DE AGUA CONSUMIDA EN EL TRATAMIENTO F-20

ESTRATO cms	Porcentaje de Humedad						Diferencia		Consumo entre muestreos		Ajuste		Lámina cms.
	Después de riego	Fecha	Inter-medio	Fecha	Antes de Riego	Fecha							
	%		%		%		%	%	cms.	cms.	cms.	cms.	
0-30	29.82	27	24.35	7	20.21	16	5.47	4.14	2.66	2.01	0.67	0.22	5.56
30-60	28.12	Feb. 86	24.62	86	21.52	Marzo 86	3.50	3.10	1.65	1.46	0.41	0.16	3.68
0-30	29.56	19	22.53	29	19.74	4	7.03	2.79	3.42	1.36	0.68	--	5.46
30-60	27.77	Marzo 86	23.10	86	20.49	Abril 86	4.67	2.61	2.20	1.23	0.44	--	3.87

Sub-total 18.57

Riegos generales 8.51

Total 27.08

CUADRO 19 CALCULO DE LAMINA DE AGUA CONSUMIDA EN EL TRATAMIENTO F-24

ESTRATO cms	Porcentaje de Humedad						Diferencia		Consumo entre muestreos		Ajuste		Lámina cms.
	Después de riego	Fecha	Inter-medio	Fecha	Antes de Riego	Fecha							
	%		%		%		%	%	cms.	cms.	cms.	cms.	
0-30	29.82	27	22.94	9	18.44	20	6.88	4.50	3.34	2.19	0.67	0.20	6.40
30-60	28.12	Feb. 86	23.48	86	20.18	Marzo 86	4.64	3.30	2.19	1.55	0.44	0.14	4.32
0-30	31.42	23	23.38	4	---	---	8.04	--	3.91	--	0.65	--	4.56
30-60	28.63	Marzo 86	24.25	86	---	---	4.38	--	2.06	--	0.34	--	2.40

Sub-total 17.68

Riegos generales 8.51

Total 26.19

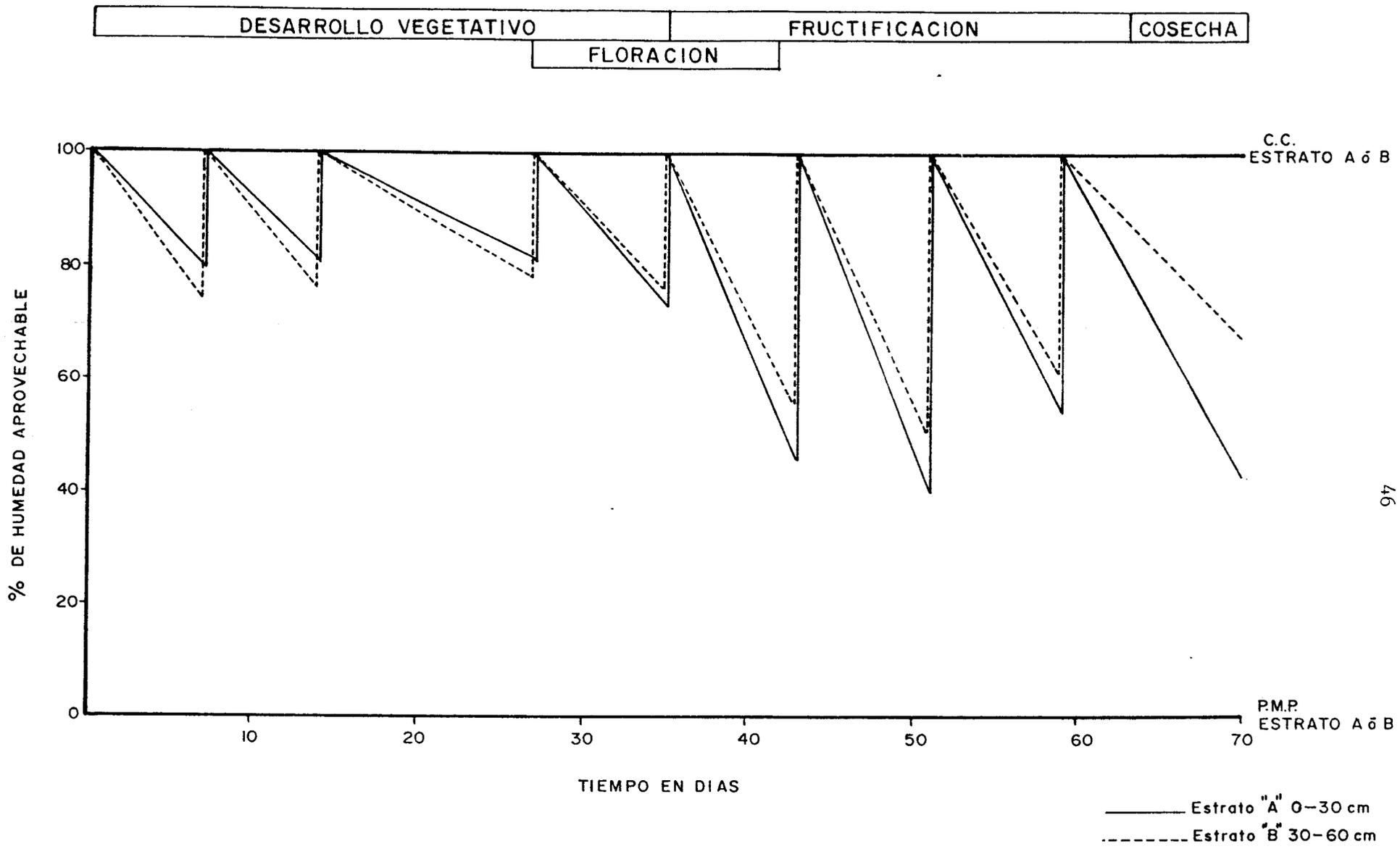
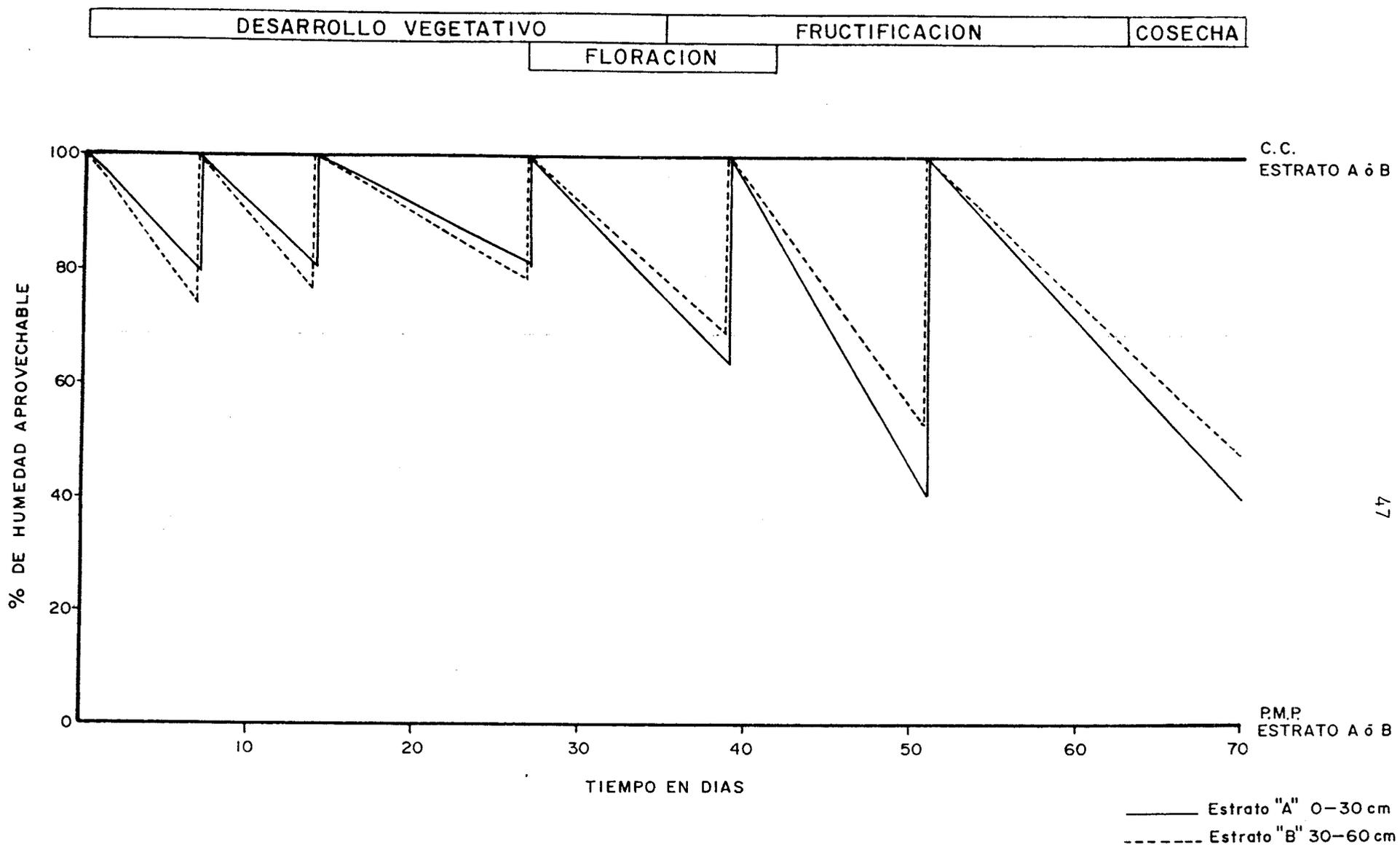


FIGURA I PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE TRATAMIENTO F-8



47

FIGURA 2 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE TRATAMIENTO F-12

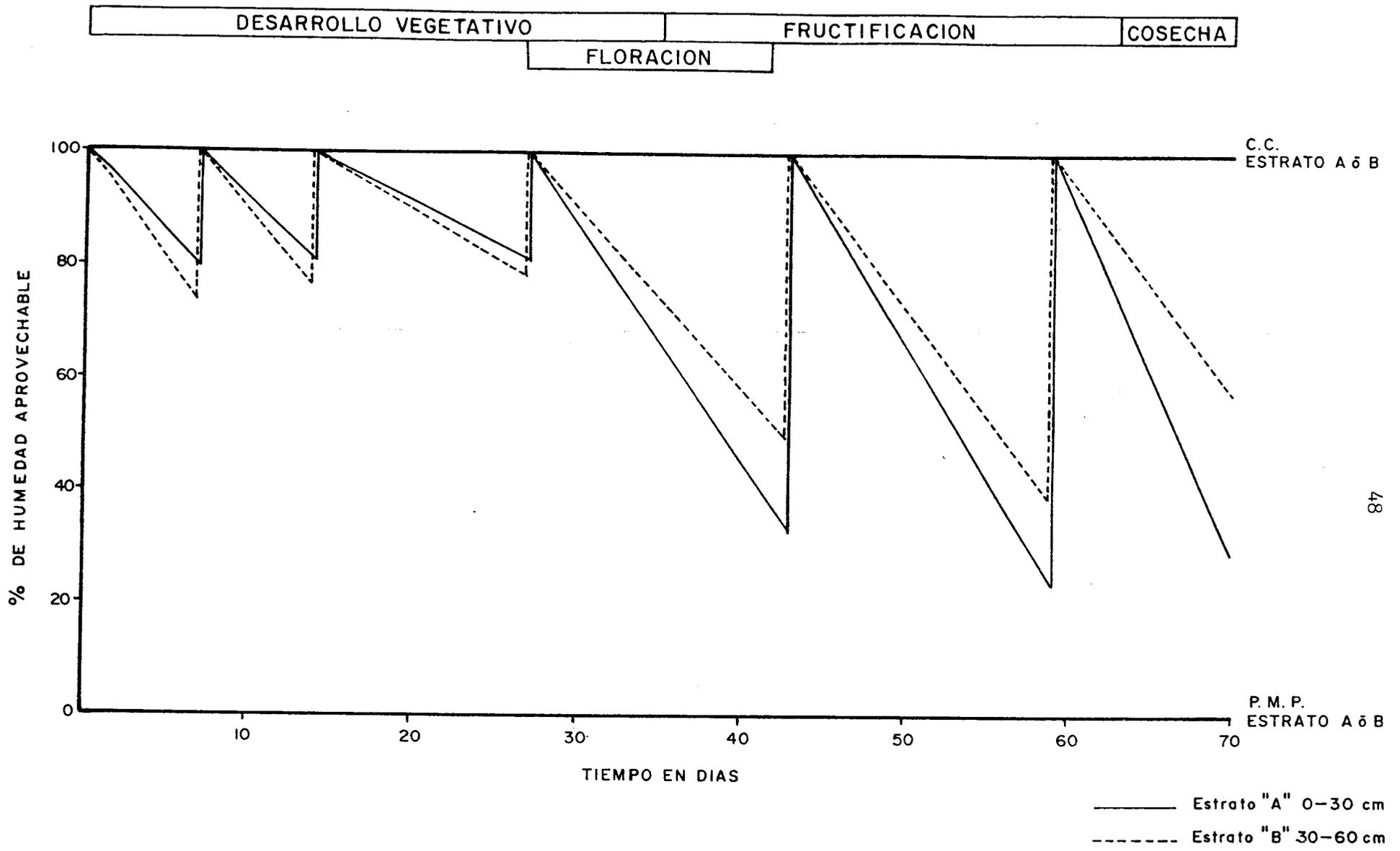


FIGURA 3 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE TRATAMIENTO F-16

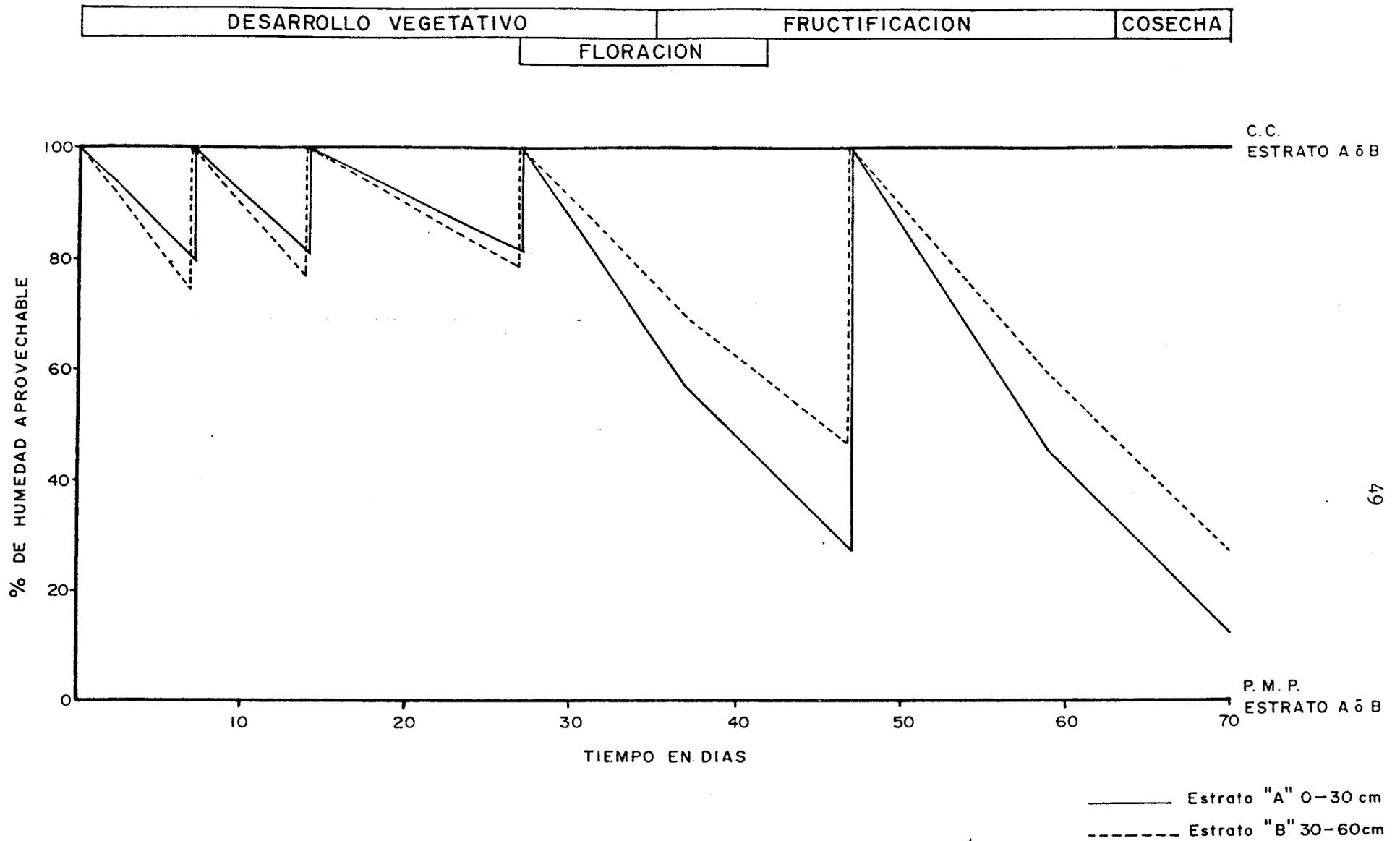


FIGURA 4 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE TRATAMIENTO F-20

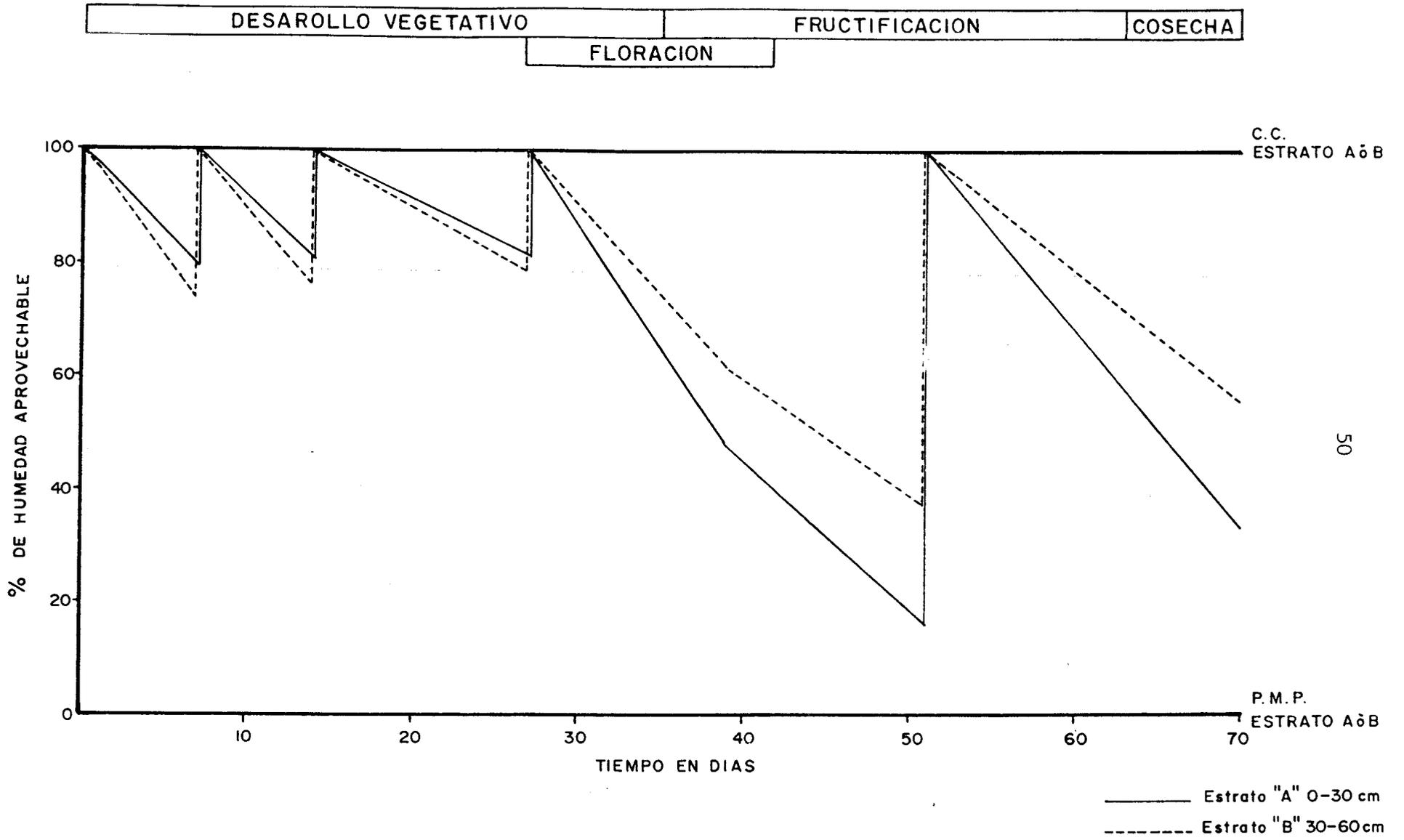


FIGURA 5 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE TRATAMIENTO F-24

CUADRO 20 CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE
BLANEY-CRIDDLE

Semana	Fracción semanal.	T°C	P%	$\frac{T+17.8}{21.8}$	f	Kt	Kc	ET' cm.	ET cm.
1	1.00	25.0	1.79	1.96	3.51	1.02	0.47	1.68	1.39
2	1.00	26.8	1.84	2.05	3.77	1.07	0.53	2.14	1.78
3	1.00	25.6	1.84	1.99	3.66	1.04	0.62	2.36	1.96
4	1.00	26.3	1.84	2.02	3.72	1.06	0.73	2.88	2.39
5	1.00	24.5	1.89	1.94	3.67	1.00	0.81	2.97	2.47
6	1.00	27.2	1.90	2.06	3.91	1.09	0.80	3.41	2.83
7	1.00	28.8	1.90	2.14	4.07	1.14	0.77	3.57	2.96
8	1.00	23.7	1.90	1.90	3.61	0.98	0.72	2.55	2.12
9	1.00	25.6	1.92	1.99	3.82	1.04	0.69	2.74	2.27
10	0.29	27.7	0.56	2.09	0.34	1.10	0.66	0.25	0.21
					34.08			24.55	20.38

$$K' = \frac{24.55}{34.08} = 0.72$$

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

$$F.A. = \frac{0.60}{0.72} = 0.83$$

CUADRO 21 CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1966

Sema- na	Fracción semanal	ToC	d	Hn %	17.37 (1.0 -0.01 Hn)	Kc	ET mm	CORRECCIONES			ET corregida cms.
								Viento	Altitud 0.08%	Insola- ción	
1	1.00	25.0	0.21	42.72	9.95	0.23	12.01	-0.40	0.10	-1.69	1.00
2	1.00	26.8	0.22	40.28	10.37	0.32	19.57	-1.40	0.16	-1.60	1.67
3	1.00	25.6	0.22	44.30	9.68	0.47	25.62	-1.06	0.20	-2.10	2.27
4	1.00	26.3	0.22	38.15	10.74	0.57	35.42	-1.08	0.28	-2.90	3.17
5	1.00	24.5	0.23	34.62	11.36	0.60	38.41	+0.49	0.31	-3.30	3.59
6	1.00	27.2	0.23	36.06	11.11	0.60	41.70	-1.13	0.33	-3.75	3.72
7	1.00	28.8	0.23	29.97	12.16	0.55	44.30	-2.10	0.35	-3.99	3.86
8	1.00	23.7	0.23	34.62	11.36	0.44	27.25	+1.41	0.22	-2.45	2.64
9	1.00	25.6	0.23	37.28	10.89	0.25	16.03	+0.32	0.13	-1.27	1.52
10	0.29	27.7	0.07	36.80	10.98	0.17	1.05	-0.007	0.008	-0.07	0.10

TOTAL 23.54

74

CUADRO 22 EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL DE LOS CINCO TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES MODIFICADO EN 1966 Y EVAPORACION DEL TANQUE TIPO "A".

Semana	Tratamientos					Blaney-Criddle	Hargreaves modificado en 1966	Evaporacion en tanque Tipo "A".
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24			
1	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	1.39	1.00	4.89
2	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	1.78	1.67	5.99
3	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.96	2.27	5.24
4	1.56	1.49	1.66	1.65	1.66	2.39	3.17	5.82
5	3.13	2.68	3.82	3.77	3.87	2.47	3.59	6.98
6	6.25	3.79	3.82	3.01	3.24	2.83	3.72	6.48
7	6.84	5.28	4.64	3.04	2.38	2.96	3.86	7.30
8	6.32	3.72	4.77	3.93	3.17	2.12	2.64	6.84
9	5.27	3.10	5.09	3.42	3.48	2.27	1.52	5.30
10	1.34	0.88	1.53	0.86	0.99	0.21	0.10	2.28
TOTAL	38.11	28.34	32.73	27.08	26.19	20.38	23.54	57.12

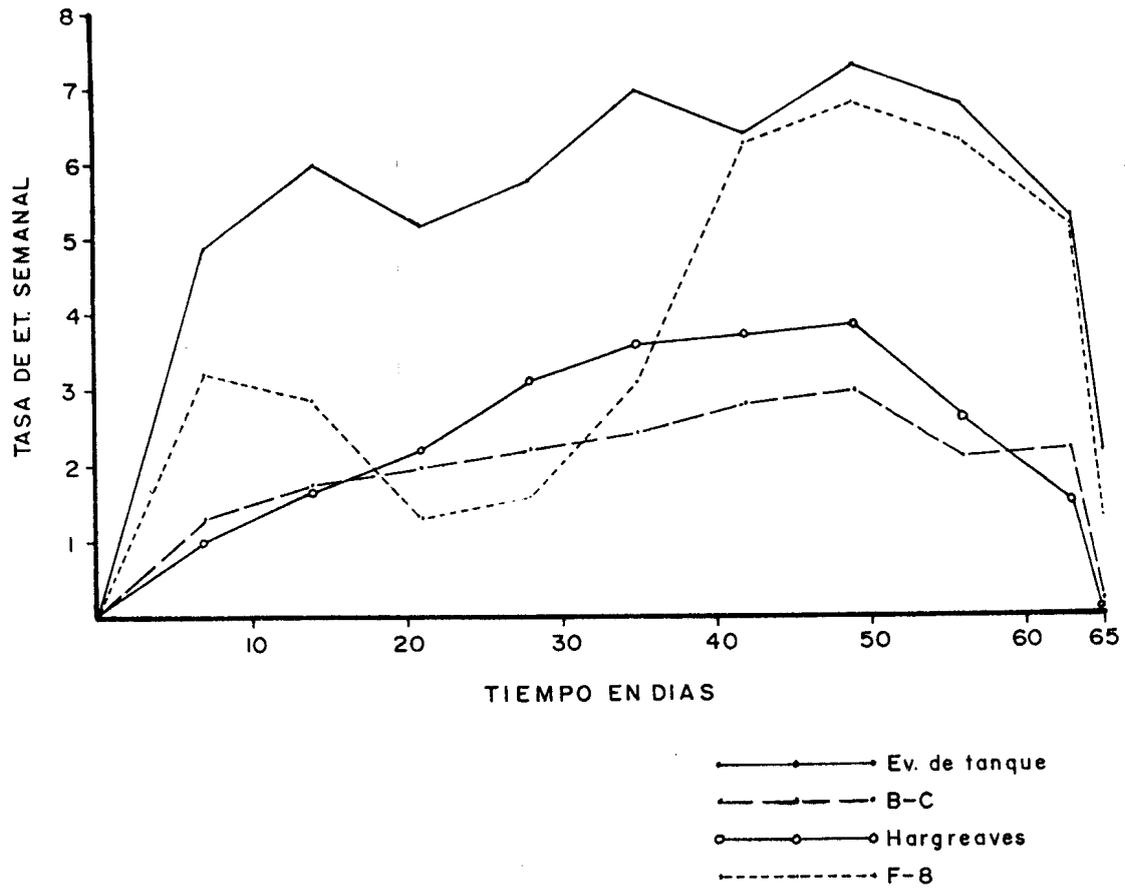


FIGURA 6 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION DEL TRATAMIENTO F-8, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A".

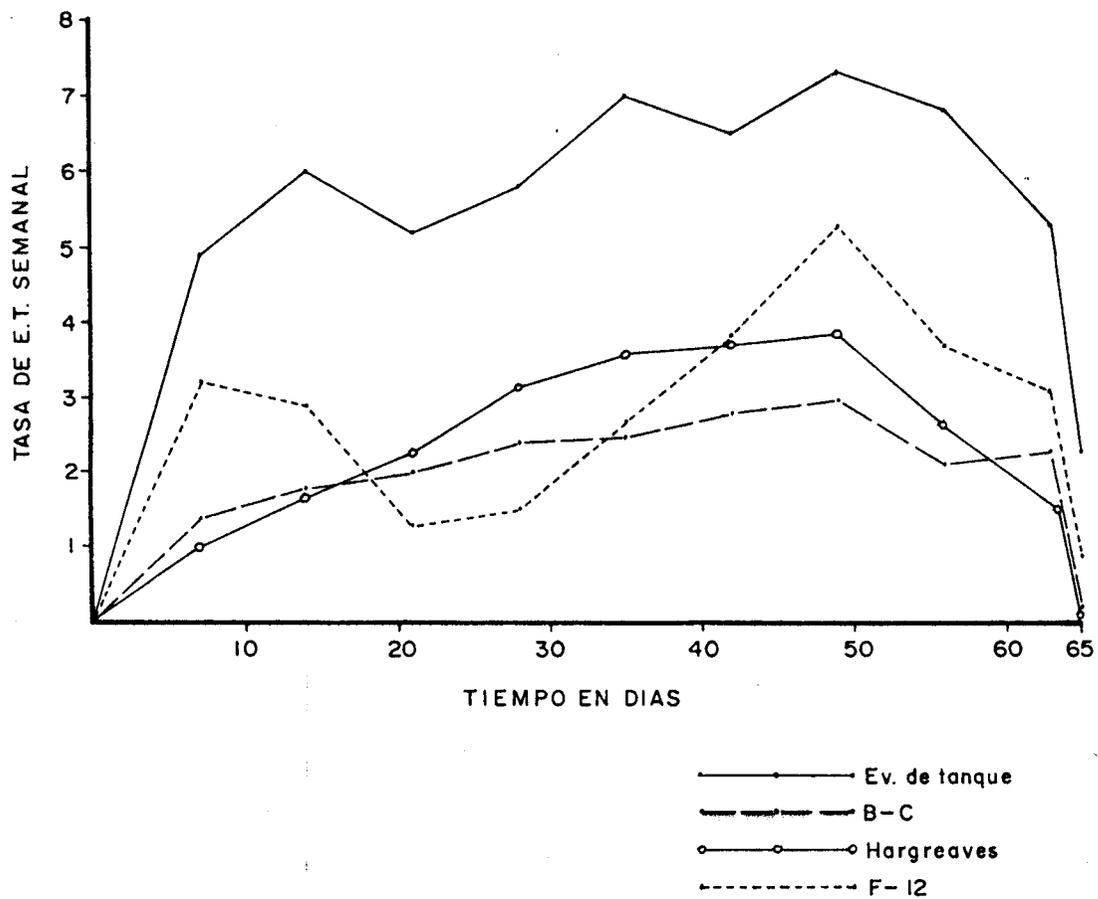


FIGURA 7 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION DEL TRATAMIENTO F-12, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A".

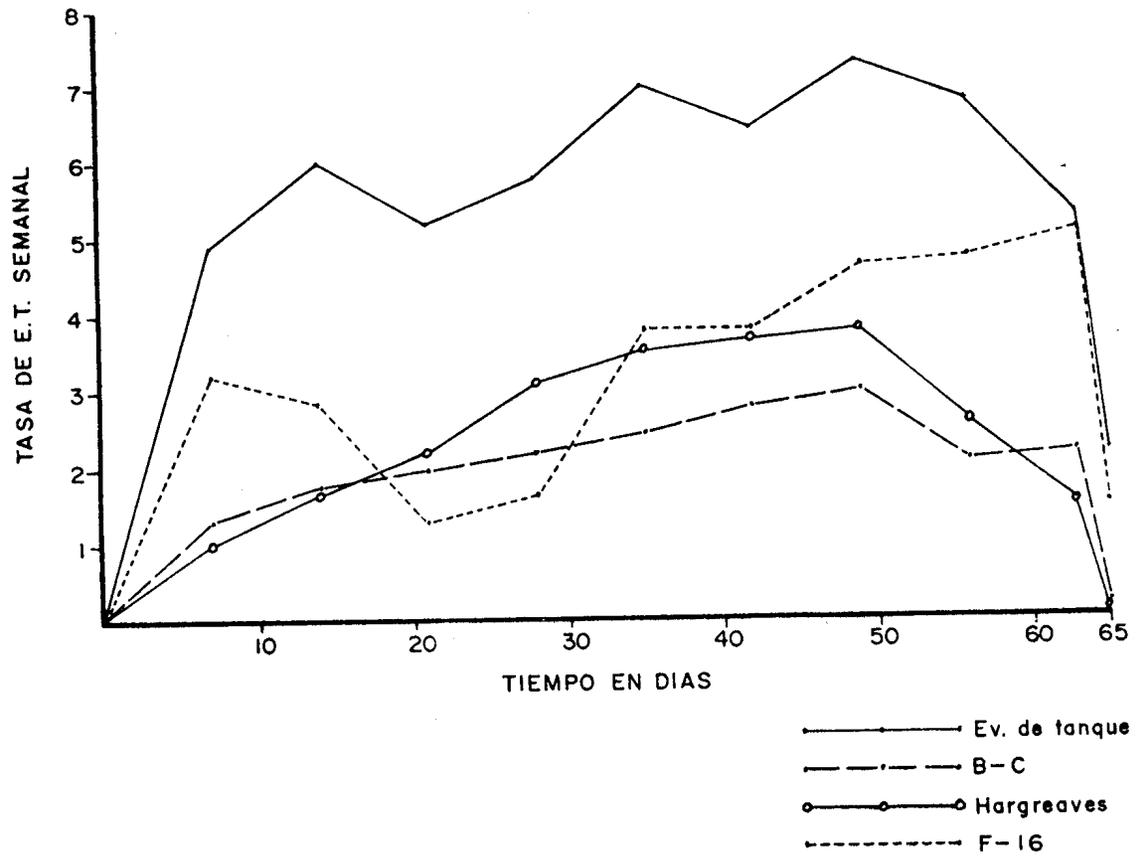


FIGURA 8 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION DEL TRATAMIENTO F-16, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A".

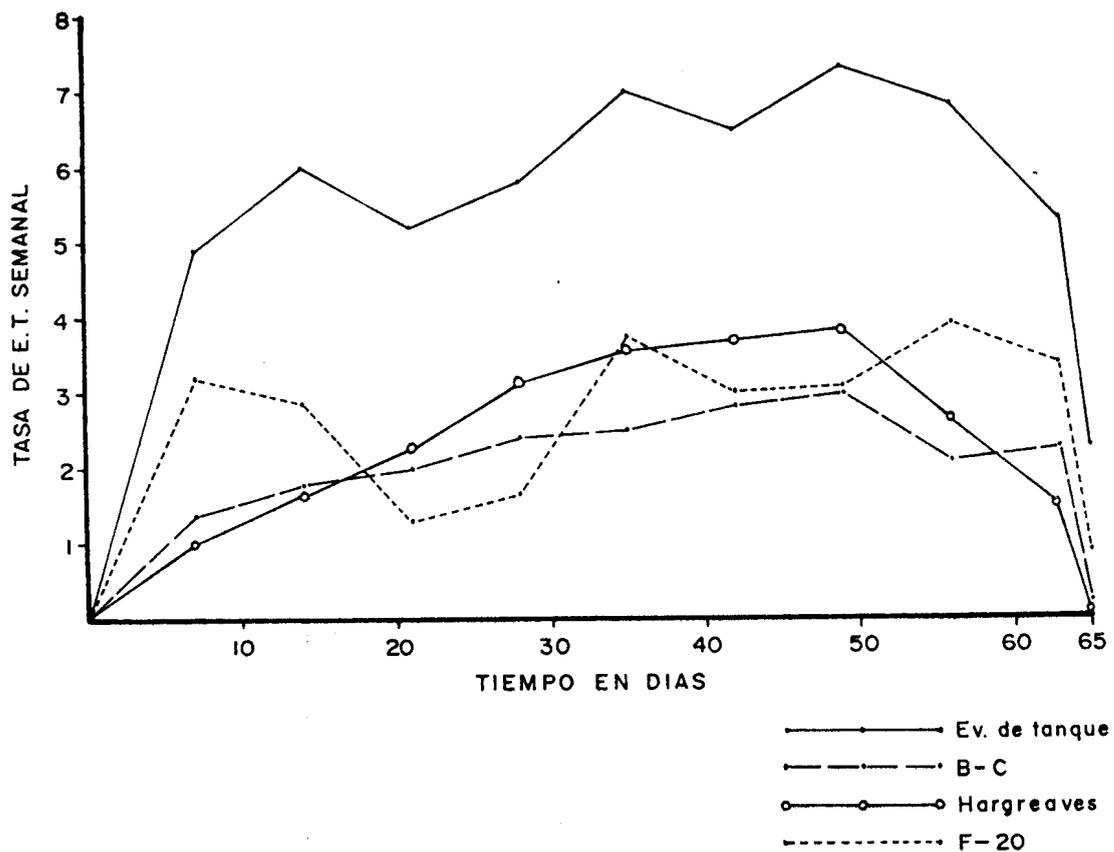


FIGURA 9 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION DEL TRATAMIENTO F-20, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A".

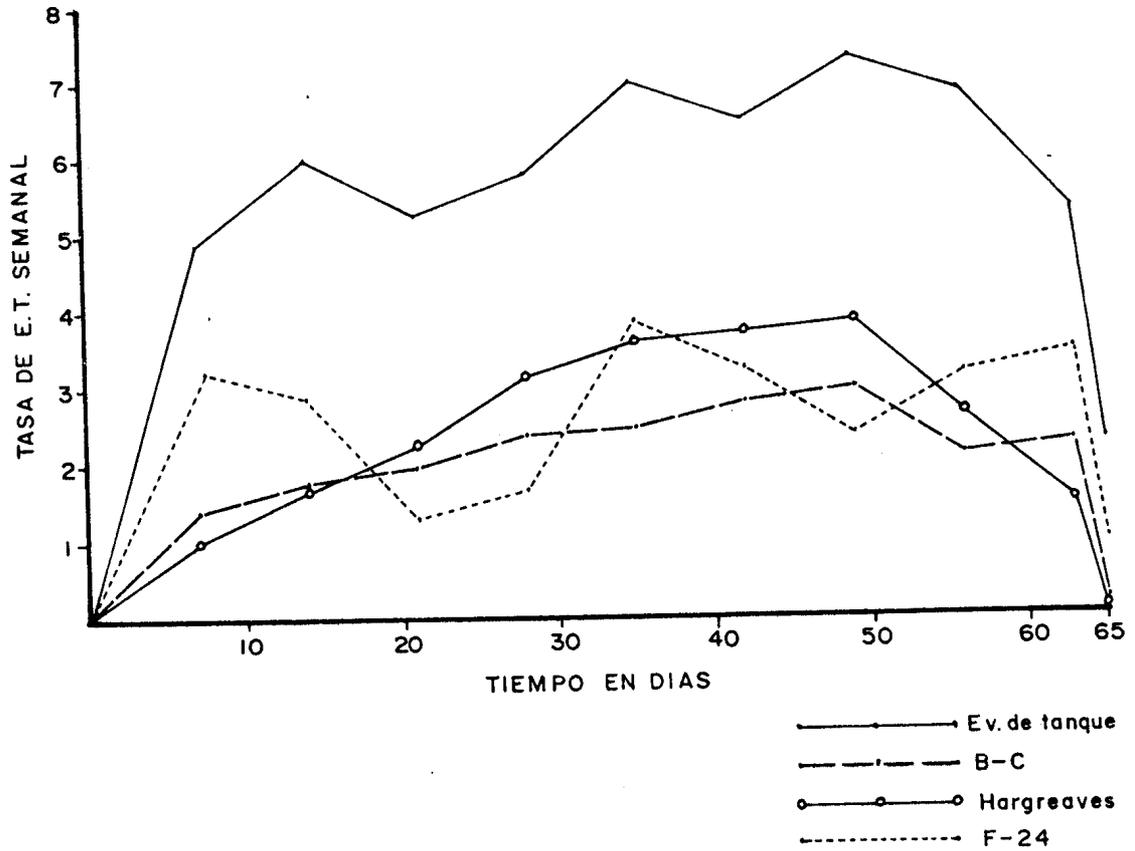


FIGURA 10 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION DEL TRATAMIENTO F-24, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES, Y EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A".

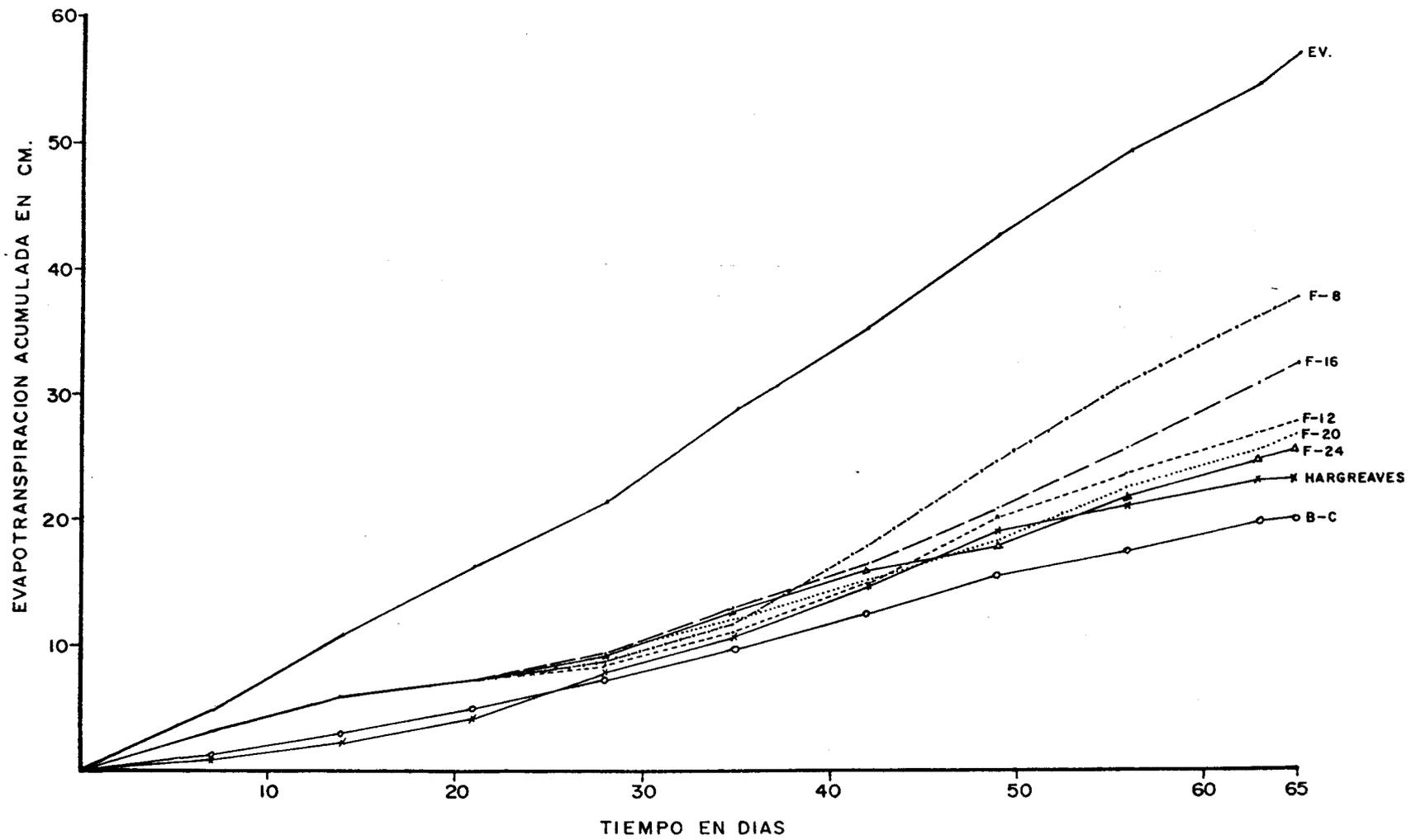


FIGURA II EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA DE LOS 5 TRATAMIENTOS, BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A".

CUADRO 23 RESULTADOS DE LA COMPARACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION MEDIDA EN EL CAMPO Y LA CALCULADA CON LA FORMULA DE BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES MODIFICADA EN 1966 Y LA EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A"

Tratamiento	Método	r ²	B ₁	H ₀ : B ₁ = 1	H ₀ : B ₀ = 0
				tc	tc
F-8	Blaney-Criddle	0.398	1.6098	0.689	0.206
	Hargreaves	0.217	0.7852	-0.322	0.413
	Evaporación	0.421	0.8818	-0.256	-0.189
F-12	Blaney-Criddle	0.543	1.1925	0.394	0.301
	Hargreaves	0.398	0.6762	-0.873	0.694
	Evaporación	0.583	0.6579	-1.374	-0.722
F-16	Blaney-Criddle	0.348	0.9408	-0.103	0.869
	Hargreaves	0.124	0.3703	-1.427	1.084
	Evaporación	0.411	0.5438	-1.567	0.265
F-20	Blaney-Criddle	0.442	0.8261	-0.419	1.076
	Hargreaves	0.285	0.4382	-1.807	1.365
	Evaporación	0.626	0.5231	-2.634*	-0.399
F-24	Blaney-Criddle	0.396	0.7191	-0.707	1.296
	Hargreaves	0.234	0.3660	-2.143	1.566
	Evaporación	0.463	0.4140	-2.937 *	0.338

r² = coeficiente de determinación lineal

Coeficiente de correlación al 1% de significancia r² = 0.764

B₁ = pendiente del modelo de regresión lineal

B₀ = intercepto del modelo de regresión lineal

CUADRO 24 RELACION DE EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE LOS CINCO TRATAMIENTOS

Semana	Tratamientos				
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24
1	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
4	0.27	0.26	0.29	0.28	0.29
5	0.45	0.38	0.55	0.54	0.55
6	0.96	0.58	0.59	0.46	0.50
7	0.94	0.72	0.64	0.42	0.33
8	0.92	0.54	0.70	0.57	0.46
9	0.99	0.58	0.96	0.65	0.66
10	0.59	0.39	0.67	0.38	0.43

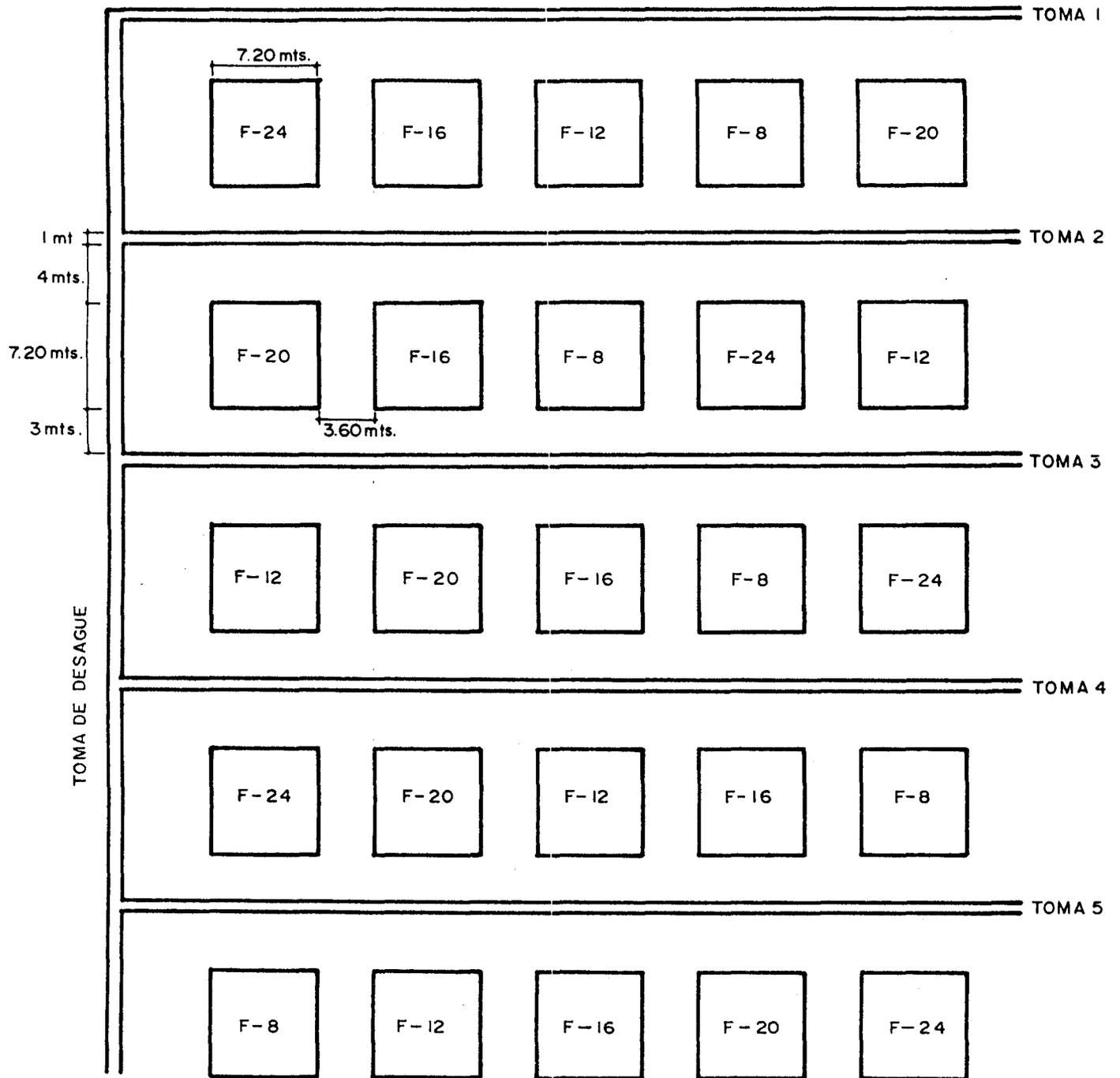


FIGURA 12 DISTRIBUCION DE PARCELAS EN EL CAMPO Y SUS DIMENSIONES

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUA SU aprovechamiento en la agricultura. Traducido por J. Meza Nieto. 2a. ed. México, Herrero, 1966. 813 p.
2. AGUILERA CONTRERAS, M. Relaciones suelo-agua-planta-atmosfera. Tesis Ing. Agr. México, Universidad de Chapin-go, Facultad de Agronomía, 1979. 321 p.
3. 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. -- 99 p.
4. 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.
5. CORADO ESQUIVEL, M. 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. 63 p.
6. DOOREMBOS, J. Y KASSAM, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. F.A.O. Serie Riego y Drenaje, no. 33. 1979. 212 p.
7. ----- Y PRUITT, W.O. Las necesidades de agua de los cultivos. F.A.O. Serie Riego y Drenaje, no. 24. - 1976. 194 p.
8. FARRINGTON, W. Y PORRES, G.O. Proyecto de irrigación del valle de La Fragua. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1964. pp 1-33.
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 DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. - Curso de administración, operación y mantenimiento de unidades de riego. Memoria. Guatemala, 1982. 16 p.

11. -----. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Proyecto de riego La Fragua. Guatemala, 1970. sp.
12. GUDIEL, V.M. Manual agrícola Superb. 5a. ed. Guatemala Superb, 1980. 291 p.
13. ISRAELSEN, O.W. Y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones de riego. Traducido por Alberto García Palacios. - Barcelona, España, Reverté, 1979. 276 p.
14. LEÑANO, F. Como se cultivan las hortalizas de fruto. - España, Vecchi, 1974. pp. 93-104.
15. MENDEZ GUZMAN, L.F. 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.
16. PERDOMO MENENDEZ, R. Estudio de infiltración y evaluación de algunas características físicas de los suelos de la Finca El Oásis, La Fragua, Zacapa. Guatemala, DIRENARE, 1962. 39 p.
17. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. Traducido por Emilio Avila de la Torre. México, Diana, 1972. 99 p.
18. REYES CASTAÑEDA, P. Diseño de experimentos aplicados. - 2a. ed. México, Trillas, 1982. 344 p.
19. RUSSELL, R. Producción de melones. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional, Boletín no. 4, 1969. 13 p.
20. SANCHEZ CHAVEZ, J.F. 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.
21. SIMMONS, C.S. Y TARANO, J.M. Reconocimiento de los suelos de los llanos de La Fragua, Zacapa, Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional, 1954. -- 110 p.
22. SOBERANIS LOPEZ, J.L. Efecto de la frecuencia de riego en los rendimientos y medición de la evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum) en la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 60 p.

23. TELLO SAMAYOA, C.A. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento (Capsicum annum L.) en la unidad de riego Rancho-Jícara. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 70 p.
24. 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. Co.

Petrucci



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

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

"IMPRIMASE"

[Faint, illegible text]

[Handwritten signature]



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