

D.L.
01
T(514)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE
EL RENDIMIENTO Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN
EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculen-
tum*), EN UN SUELO DE LA SERIE CHICAJ DEL -
VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA".



EN EL ACTO DE SU INVESTIGACION COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, agosto de 1984

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	ING. AGR. CESAR CASTANEDA
VOCAL 1o.	ING. AGR. OSCAR LEIVA R.
VOCAL 2o.	ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ G.
VOCAL 3o.	ING. AGR. ROLANDO LARA A.
VOCAL 4o.	PROF. HEBER ARANA Q.
VOCAL 5o.	PROF. LEONEL ARTURO GOMEZ
SECRETARIO	ING. AGR. RODOLFO ALBIZUREZ P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
EXAMINADOR	ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ G.
EXAMINADOR	ING. AGR. VICTOR HUGO MENDEZ
EXAMINADOR	ING. AGR. ALVARO HERNANDEZ
SECRETARIO	ING. AGR. CARLOS FERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia IA-056-84

Asunto

Guatemala,
9 de julio de 1984

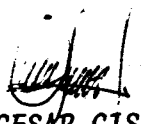
Ingeniero
César Castañeda
Decano de la Facultad
de Agronomía
Presente

Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que habiendo revisado detenidamente el trabajo de investigación EFECTO DE 5 FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicon esculentum), EN UN SUELO DE LA SERIE CHICAJ DEL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA, considero que sí reúne los requisitos necesarios para ser presentado como trabajo de tesis para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Cordialmente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Ing. CESAR CISNEROS
Asesor

Cc.: Archivo
CC/eqded.

Guatemala,
9 de julio de 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA.
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR.
Facultad de Agronomía.

En cumplimiento a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos, presento a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS - DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA EVAPOTRANSPIRACION EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*), EN UN SUELO - DE LA SERIE CHICAJ, DEL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA"; como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



JOSÉ LUIS ZEA MORALES
Carnet número 35,941.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS SOBRINOS

A MIS CUÑADOS

A LA FAMILIA REYES GARCÍA

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTO

AL ING. AGR. M.C. CESAR CISNEROS, POR ASESORARME DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

AL ING. AGR. M.C. JORGE SANDOVAL, POR LA COLABORACIÓN PRESTADA.

AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA.

AL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS, ESPECIALMENTE AL PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO DEL CENTRO DE PRODUCCIÓN EL OASIS.

AL PERSONAL ADMINISTRATIVO DE RECURSOS HIDRÁULICOS DEL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA.

A ANA MARÍA MORALES, POR EL TRABAJO MECANOGRÁFICO FINAL.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PRESENTE
EXPERIMENTO SON PROPIEDAD DEL INSTITUTO
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS (ICTA)
Y DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRO-
NÓMICAS (IIA) DE LA FACULTAD DE AGRONO-
MÍA.

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DEL APENDICE.....	ii
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCION.....	1
2. HIPOTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
4. REVISION DE LITERATURA.....	5
4.1 Necesidades de agua de los cultivos y factores - que las afectan.....	5
4.1.1 Factores de la Planta.....	5
4.1.2 Factores del suelo.....	5
4.1.3 Factores del clima.....	6
4.2 Necesidades de agua del cultivo de tomate.....	6
4.3 Efecto del contenido de humedad del suelo sobre - el cultivo.....	7
4.4 Constantes de humedad del suelo.....	8
4.4.1 Capacidad de campo y forma de determinar- la.....	8
4.4.2 Punto de marchitamiento permanente y for- mas de determinarlo.....	9
4.5 Contenidos de humedad del suelo.....	9
4.5.1 Humedad utilizable.....	9
4.5.2 Humedad facilmente utilizable.....	10
4.6 Frecuencia y programación del riego en el cultivo de tomate.....	10
4.7 Riego por surcos.....	11
4.8 Evapotranspiración.....	12
4.9 Métodos para determinar evapotranspiración.....	13
4.9.1 Método de parcelas experimentales.....	13
4.9.2 Método de Blaney-Criddle.....	14
4.9.3 Método de Hargreaves.....	15
4.9.4 Método de evaporación del tanque A.....	16
5. MATERIALES Y METODOS.....	17
5.1 Ubicación del experimento.....	17
5.2 Descripción de la unidad de riego y del área.....	17
5.3 Análisis y determinaciones previas.....	18

5.3.1	Análisis químico del suelo.....	18
5.3.2	Determinación de densidad aparente.....	18
5.3.3	Determinación de capacidad de campo.....	19
5.4	Manejo del cultivo.....	19
5.4.1	Variedad.....	20
5.4.2	Semillero o almácigo.....	20
5.4.3	Preparación del terreno.....	20
5.4.4	Transplante y resiembra.....	20
5.4.5	Método de siembra.....	20
5.4.6	Distancias de siembra.....	20
5.4.7	Control de plagas y enfermedades.....	20
5.4.8	Control de malezas.....	21
5.4.9	Fertilización.....	21
5.4.10	Cosecha.....	21
5.5	Manejo del experimento.....	21
5.5.1	Trazo del experimento.....	21
5.5.2	Método de riego.....	22
5.5.3	Lámina de agua a reponer.....	22
5.5.4	Riegos generales e inicio de tratamientos.	22
5.5.5	Método y momento de muestreo.....	22
5.5.6	Equipo usado.....	23
5.5.7	Diseño estadístico.....	23
5.5.8	Variables de respuesta.....	23
5.5.9	Métodos de análisis de resultados.....	24
6.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
6.1	Aspectos agronómicos o variables de respuesta.....	25
6.1.1	Rendimiento.....	25
6.1.2	Número de frutos comerciales.....	26
6.1.3	Número de frutos no comerciales.....	26
6.1.4	Número de plantas vivas finales.....	27
6.1.5	Número de plantas muertas durante el ciclo.	27
6.1.6	Calidad del fruto.....	28
6.2	Uso del agua.....	30
6.2.1	Lámina de agua consumida.....	30
6.2.2	Agotamiento de la humedad aprovechable....	32

6.3	Comparaciones entre evapotranspiración medida y - evapotranspiración estimada con Blaney-Criddle, - Hargreaves y Evaporación del tanque A.....	33
7.	CONCLUSIONES.....	37
8.	RECOMENDACIONES.....	39
9.	BIBLIOGRAFIA.....	40
10.	APENDICE.....	43

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO</u>		<u>Página</u>
1	Análisis químico del suelo.....	18
2	Textura, densidad aparente y capacidad de campo de los estratos estudiados.....	19
3	Resultados promedio de las variables de respuesta evaluadas.....	25
4.	Resultados promedio de los aspectos tomados para el análisis de calidad.....	28
5.	Número de riegos y lámina total de agua consumida por tratamiento.....	30
6.	Evapotranspiración total de los tratamientos y fórmulas.....	34

INDICE DEL APENDICE

INDICE DE CUADROS

CUADRO

Página

1	Resultados organizados de rendimiento en TM/Ha por tratamiento y repetición.....	44
2	Análisis de varianza para rendimiento.....	44
3	Prueba de Tukey para rendimiento.....	44
4	Resultados organizados de número de frutos comerciales por parcela por tratamiento y repetición.....	45
5	Análisis de varianza para número de frutos comerciales por parcela.....	45
6	Prueba de Tukey para NCF/parcela.....	45
7	Resultados organizados de número de frutos no comerciales por parcela por tratamiento y repetición.....	46
8	Análisis de varianza para NFNC/parcela.....	46
9	Prueba de Tukey para NFNC/parcela.....	46
10	Resultados organizados de número de plantas vivas finales por parcela por tratamiento y repetición.....	47
11	Análisis de varianza para número de plantas - vivas finales.....	47
12	Resultados organizados de número de plantas - muertas durante el ciclo por parcela por tratamiento y repetición.....	47
13	Análisis de varianza para número de plantas - muertas durante el ciclo.....	48
14	Resultados organizados del análisis de calidas. Tratamiento "A".....	48
15	Resultados organizados del análisis de calidad. Tratamiento "B".....	48
16	Resultados organizados del análisis de calidad. Tratamiento "C".....	49
17	Resultados organizados del análisis de calidad. Tratamiento "D".....	49

CUADRO

Página

18	Resultados organizados del análisis de calidad. Tratamiento "E".....	49
19	Análisis de varianza para grados Brix.....	50
20	Análisis de varianza para % acidez.....	50
21	Análisis de varianza para consistencia.....	50
22	Análisis de varianza para pH.....	50
23	Medias ordenadas y prueba de Tukey para grados Brix.....	51
24	Medias ordenadas para % de acidez.....	51
25	Medias ordenadas y prueba de Tukey para <u>consistencia</u>	51
26	Medias ordenadas y prueba de Tukey para pH.....	51
27	Control de humedad después y antes de cada riego y cálculo de la lámina consumida. Tratamiento "A".....	52
28	Control de humedad después y antes de cada riego y cálculo de la lámina consumida. Tratamiento "B".....	53
29	Control de humedad después y antes de cada riego y cálculo de la lámina consumida. Tratamiento "C".....	54
30	Control de humedad después y antes de cada riego y cálculo de la lámina consumida. Tratamiento "D".....	55
31	Control de humedad después y antes de cada riego y cálculo de la lámina consumida. Tratamiento "E".....	56
32	Cálculo de evapotranspiración quincenal y total por el método de Blaney-Criddle.....	57
33	Cálculo de evapotranspiración quincenal y total por el método de Hargreaves.....	58
34	Cálculo de evapotranspiración quincenal y total por el método de Evaporación del tanque A.....	59
35	Evapotranspiración quincenal y total en cm. Tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves y Evaporación del tanque A.....	60

CUADROS

Página

36	Evapotranspiración quincenal acumulada (cm). - Tratamientos, Blaney-Criddle, Hargreaves y Eva- poración del tanque A.....	61
37	Relación entre la evapotranspiración quincenal de los tratamientos y la evaporación quincenal del tanque A.....	62
38	Rangos y promedios de la relación quincenal eva- potranspiración/evaporación del tanque A de los tratamientos A, B y C.....	63
39	Comparación de medias de evapotranspiración -- quincenal. Tratamientos vrs. fórmulas.....	63
40	Coeficientes de correlación de seis modelos. Tratamiento "A" vrs. fórmulas.....	64
41	Coeficientes de correlación de seis modelos. Tratamiento "B" vrs. fórmulas.....	64
42	Coeficientes de correlación de seis modelos. Tratamiento "C" vrs. fórmulas.....	64
43	Coeficientes de correlación de seis modelos. Tratamiento "D" vrs. fórmulas.....	65
44	Coeficientes de correlación de seis modelos. Tratamiento "E" vrs. fórmulas.....	65

INDICE DE FIGURAS

FIGURA

Página

1	Evapotranspiración quincenal. Tratamiento "A" y fórmulas.....	66
2	Evapotranspiración quincenal. Tratamiento "B" y fórmulas.....	67
3	Evapotranspiración quincenal. Tratamiento "C" y fórmulas.....	68
4	Evapotranspiración quincenal. Tratamiento "D" y fórmulas.....	69
5	Evapotranspiración quincenal. Tratamiento "E" y fórmulas.....	70
6	Evapotranspiración quincenal de los cinco tratamientos y evaporación del tanque.....	71
7	Relación quincenal entre evapotranspiración y evaporación del tanque A de los tratamientos - A, B y C y del promedio de los tres.....	72
8	Control de humedad para el tratamiento "A"....	73
9	Control de humedad para el tratamiento "B"....	74
10	Control de humedad para el tratamiento "C"....	75
11	Control de humedad para el tratamiento "D"....	76
12	Control de humedad para el tratamiento "E"....	77
13	Plano del lote experimental y distribución de tratamientos por repetición.....	78

En la unidad de riego Llano de Piedras, del Distrito número 7, situada en el valle de La Fragua, Zacapa, se realizó un experimento en el cual se evaluó el efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento en el cultivo de tomate, en un suelo de la serie Chicaj. También se hizo una comparación entre la evapotranspiración me di da en el campo y la calculada por varios métodos indirectos. La intención más importante del experimento fue la de generar información que más adelante permita que el uso del agua sea más eficiente en las unidades de riego de Guatemala.

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

Las frecuencias a evaluar se escogieron partiendo de los resultados obtenidos en trabajos anteriores realizados en la unidad de riego El Rancho-Jícaro y de la frecuencia de riego común en la zona, que es de ocho días. Las frecuencias escogidas fueron: 8, 12, 16, 20 y 24 días.

Se comparó la evapotranspiración medida en el campo con la estimada por fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves y Evaporación del tanque A.

El método de muestreo fue el gravimétrico. Se tomaron muestras de dos estratos: 0-30 y 30-60 cm. Las muestras se extraían con un barreno helicoidal y eran tomadas después de cada riego y antes de aplicar el siguiente. La lámina consumida por evapotranspiración du ra nte cada intervalo se determinaba por medio de los datos de esos muestreos.

El efecto de las diferentes frecuencias de riego se midió a través de las siguientes variables de respuesta: rendimiento, número de frutos comerciales y no comerciales, número de plantas vivas finales y muertas durante el ciclo y calidad del fruto.

Los resultados obtenidos manifiestan que la aplicación de diferentes frecuencias de riego sí tiene efecto sobre las variables estudiadas. Sin embargo, el rendimiento es estadísticamente igual

cuando se riega desde cada 8 hasta cada 20 días, aunque el tratamiento de 8 días fue el que tuvo el rendimiento más alto. En cuanto a número de frutos comerciales, el tratamiento de 8 días fue el mejor y los tratamientos de 12 y 16 días fueron similares. Los tratamientos más húmedos, 8 y 12 días, tuvieron el mayor número de frutos no comerciales por parcela y fueron estadísticamente iguales. La diferencia en cuanto al número de plantas vivas finales y muertas durante el ciclo se considera que no se debió a efecto de las frecuencias de riego. En cuanto al análisis de calidad, todos los tratamientos estuvieron dentro del rango considerado como aceptable, aunque se manifestó alguna diferencia estadística entre tratamientos en lo que se refiere a grados Brix, consistencia y pH.

La evapotranspiración fue mayor en los tratamientos más húmedos que en los más secos, y varió desde 36.89 cm. en el tratamiento de 8 días hasta 28.10 cm. en el de 24 días.

Aunque ningún tratamiento llegó a punto de marchitamiento permanente, el tratamiento de 24 días estuvo muy cerca, pues llegó a agotar un poco más del 80% de la humedad disponible, mientras que los tratamientos de 8, 12 y 16 días agotaron entre el 40 y 60%.

Las comparaciones realizadas colocan a evaporación del tanque A y Blaney-Criddle como los métodos que más se asemejan a la evapotranspiración medida en campo.

Finalmente, se recomienda: continuar con este tipo de experimentos, tanto en el mismo cultivo y región como en otras regiones y cultivos; regar dentro de un rango de 8 a 16 días, evaluando parcelas semicomerciales como medio de transferencia de los resultados obtenidos; y en próximos experimentos evaluar el efecto de la disponibilidad de agua tomando dos etapas fenológicas del cultivo: antes y después de fructificación.

1. INTRODUCCION

La obtención de altos rendimientos en los cultivos, en cualquier lugar, requiere la adopción de tecnología apropiada, especialmente en lo que se refiere al uso de variedades mejoradas, control de plagas, enfermedades y malezas, fertilización y aplicación de riego (17) (25). Sin embargo, en las regiones donde la agricultura depende esencialmente del riego, tal como sucede en la región oriental del país, la aplicación adecuada y oportuna del agua es el factor más importante para obtener buenas cosechas. Por eso, ahí no sólo se debe interesar obtener altos rendimientos, sino también debe interesar lograr una utilización eficiente del agua. Para llegar a esta situación se requiere conocer adecuadamente cuáles son las necesidades reales de agua de cada cultivo, en cada tipo de suelo y en cada época, conocimiento que solo puede adquirirse por medio de la investigación.

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos ha iniciado una serie de estudios, en cooperación con algunas instituciones estatales, tendientes a generar información sobre este aspecto, de tal forma que dentro de algunos años se cuente con suficiente información científica y técnica adecuada, proveniente de investigaciones realizadas en nuestras unidades de riego y para los cultivos más importantes de cada región del país.

El presente experimento se realizó en la unidad de riego Llano de Piedras, perteneciente al Distrito número 7, localizado en el departamento de Zacapa. Este es uno de los Distritos de riego más importantes del país, tanto por el área que cubre como por su localización, ya que esta región se caracteriza por ser la que recibe de sólo 500 mm durante los meses de mayo a octubre. De noviembre a abril, la agricultura depende totalmente del riego.

El cultivo con el cual se trabajó fue tomate, uno de los más importantes en esa región (3) (26). Se tomó como variable de estudio la frecuencia de riego, con tratamientos cada 8, 12, 16, 20 y 24 días. Las variables de respuesta fueron rendimiento, número de

frutos, número de plantas y calidad de fruto. Se midió la evapo---
transpiración en el campo de acuerdo a cada tratamiento, muestrean-
do antes y después de cada riego, y se comparó con la evapotranspi-
ración calculada por métodos indirectos.

2. HIPOTESIS

- a) La aplicación de diferentes frecuencias de riego (cada 8, 12, 16, 20 y 24 días) no influirá en el rendimiento del cultivo de tomate.
- b) Los valores de evapotranspiración medidos directamente en el campo serán similares a los calculados según fórmulas de medición indirecta.

3. OBJETIVOS

- a) Determinar el efecto de diferentes frecuencias de riego sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo de tomate.
- b) Encontrar la frecuencia de riego más adecuada para el cultivo de tomate en esa área y suelo y para esa época.
- c) Comparar la evapotranspiración medida en el campo con la estimada por fórmulas empíricas.

4.1 Necesidades de agua de los cultivos y factores que las afectan.

La necesidad de agua de los cultivos en general es muy variable. Roe (25) indica que el requerimiento de agua varía grandemente tanto entre diferentes tipos de plantas como entre las de un mismo tipo; - también varía con las condiciones naturales, en donde se incluye el clima, la cantidad y distribución de lluvia y la clase de suelo y - subsuelo.

Las necesidades de agua dependen de la evapotranspiración (16). Por eso el medio para calcular la cantidad de agua requerida por los cultivos es medir la evapotranspiración potencial (28), y más exac-- tamente la real.

Finalmente, según Roe (25), para estimar adecuadamente las ne-- cesidades de agua de los cultivos con fines de riego es necesario - tener en cuenta los siguientes aspectos, además de la cantidad de - agua evapotranspirada: el escurrimiento superficial, el lavado de - sales y la percolación profunda.

Entre los factores que afectan los requerimientos de agua de - los cultivos están:

4.1.1 Factores de la planta.

En general puede mencionarse la profundidad de raíces y su ca-- pacidad de absorber agua, la superficie foliar, así como su capaci-- dad para soportar períodos de sequía o excesos de humedad y su esta-- do de desarrollo (27) (19).

4.1.2 Factores del suelo.

A este respecto, la Secretaría de Recursos Hidráulicos de Méxi-- co (15) menciona que Hide (1954) encontró que a bajas tensiones de - humedad en el suelo, la evaporación está regulada por las condicio-- nes de la atmósfera, pero que a medida que el suelo se seca, la eva-- poración depende de factores del suelo, tales como: humedad relati-- va del aire del suelo, el coeficiente de difusión, la conductividad capilar y el gradiente hidráulico cerca de la superficie del suelo.

La textura, estructura y contenido de humedad influyen sobre la porosidad del suelo y esta afecta al coeficiente de difusión, al -- gradiente hidráulico y a la conductividad capilar. Indirectamente -- afectan a la evaporación y así a las necesidades de agua de las plantas. La tensión de humedad y el contenido de humedad influyen sobre el movimiento de agua en el suelo y con ello en la cantidad de agua disponible para la transpiración. El punto de marchitamiento permanente también influye, pues la transpiración disminuye rápido cuando el contenido de humedad llega o está cerca de él.

La Secretaría citada menciona otros dos factores muy importan--tes: la fertilidad y la salinidad. La fertilización aumenta el desarrollo de las plantas, con lo que las necesidades de agua se reducen proporcionalmente; es decir, a mayor fertilidad menor necesidad de agua, pues esta se usa más eficientemente. Las sales del suelo -- producen una presión osmótica, lo cual implica una mayor tensión de humedad del suelo, por lo que los suelos salinos tienen menor disponibilidad de agua para las plantas.

4.1.3 Factores del clima.

Se sabe que los factores climáticos juegan el papel principal -- en cuanto a las pérdidas de agua por evapotranspiración y en la me--dición de ellas (8) (16).

En términos generales, los factores del clima que afectan las -- necesidades de agua de los cultivos, según Grassi (11), son: radiación, horas de brillo solar, temperatura del aire, precipitación, -- humedad relativa, velocidad del viento y período libre de heladas. La Secretaría de Recursos Hidráulicos de México (16) menciona los -- siguientes: alta intensidad de radiación, baja presión de vapor en el aire, turbulencia debida al viento y a la rugosidad de la super--ficie, alta temperatura en la superficie. Afirma también que la -- fuente de energía para la evapotranspiración es la radiación solar, que un aumento de temperatura produce un aumento en la transpiración y que la humedad relativa del aire no influye directamente.

4.2 Necesidades de agua del cultivo de tomate.

Las referencias existentes difieren en cuanto a la cantidad de

agua que necesita el cultivo, lo cual se debe a las regiones en las que se determinaron y a las épocas de cultivo. Así, León Gallegos (20) reporta que en el valle de Culiacán, México, la lámina total de agua aplicada es de 850 mm., pero debido a que se aplican riegos muy ligeros. Doorembos y Kassam (8), indican que las necesidades totales de agua después del trasplante son de 400 a 600 mm. para plantas de cilantro entre 90 y 120 días y dependiendo del clima. --- William y Wilcox, citados por Soberanis (26), reportan consumos de 600 mm. para los valles centrales de California.

En mediciones de evapotranspiración en tomate realizadas recientemente en la región nor-oriental de Guatemala, Barillas K. (3) reporta consumos de 50.63 cm. en el suelo franco-arcilloso-arenoso y 49.06 cm. en un suelo arcilloso, en el valle de La Fragua, Zacapa. Soberanis L. (26), trabajando en la unidad de riego El Rancho-Jícaro y en un suelo arenoso, no encontró diferencia estadística en el rendimiento al aplicar láminas entre 647.3 mm. (riego cada 4 días) y 232.0 mm. (riego cada 12 días).

El cultivo de tomate tiene su máxima demanda de agua durante el período de la floración (8).

4.3 Efecto del contenido de humedad del suelo sobre el cultivo.

La humedad excesiva incide negativamente sobre el cultivo al favorecer el desarrollo de enfermedades y plagas y pudrición del fruto (8) (22). El suministro de agua puede limitarse en el período vegetativo y en el de maduración, sin mucho riesgo de bajas en el rendimiento. Pero un déficit riguroso y prolongado de agua limita el crecimiento y reduce los rendimientos. El riego excesivo durante la floración aumenta la caída de la flor y reduce la formación del fruto, mientras que si se retira el riego durante este período se favorece una floración y maduración más uniforme (8).

En relación al rendimiento y calidad del fruto, los riegos frecuentes y ligeros mejoran el tamaño, la forma, contenido en jugo y color del fruto, pero se reducen el contenido de materia seca (sólidos totales) y de ácidos. Esto último reduce la calidad del fruto. Si se riega abundantemente después de una escasez prolongada de agua durante la formación de cosecha, los frutos se ven afectados por el agrietamiento (8).

La etapa durante la cual el tomate es más sensible a la humedad es el período de fructificación (23) (28).

Para los cultivos en general, la falta de humedad provoca: --

a) marchitamiento y retardo o cese del crecimiento (23), lo cual se produce porque se inhibe la dilatación o ensanchamiento de las células (1) (4), ya que las plantas en crecimiento transpiran mucha agua (1), y b) aceleración de la floración y maduración (4). Mucha agua durante el crecimiento provoca floración y maduración tardía (4).

4.4 Constantes de humedad del suelo.

4.4.1 Capacidad de campo y formas de determinarla.

El servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (23) la define como la cantidad de agua que retiene un suelo con buen drenaje después de que el agua libre ha sido filtrada, es decir, la máxima cantidad de agua que puede retener contra la gravedad. Es el momento en que el contenido hídrico se ha hecho estable, lo cual sucede 1 y 3 días después de una lluvia o riego (27) (17). Para fines prácticos se considera que la tensión de humedad del suelo a capacidad de campo es de 0.3 atmósferas (17) (27), aunque algunos investigadores estiman que puede variar entre 0.1 y 0.3 (18) e incluso hasta 0.7 (23).

Existen dos formas de determinarla. La primera se realiza en laboratorio, sometiendo muestras de suelo a una tensión de 0.3 atmósferas. Según Kramer (17), 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 es medirla en el campo, para lo cual Withers y Vipond (28) y el servicio de Conservación de Suelos (23) proponen el siguiente método: delimitar un área de muestreo de un metro cuadrado con bordos de 2 cm. de alto y levantar otros bordos exteriores a los primeros, para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después hay que humedecer el suelo hasta saturarlo, tanto en la zona de muestreo como en la parte exterior. Si el suelo es arcilloso, se puede empezar a muestrear entre 24 y 48 horas después. Si es arenoso, debe empezarse 12-18 horas después. Para evitar la evaporación se debe cubrir el área, incluido el bordo exterior, con nylon.

Debe muestrearse cada 8 a 12 horas, tomando dos o tres muestras por estrato a estudiar, cada vez que se muestree. Es más exacto el dato si se muestrea durante unos 4-5 días. El contenido de humedad se de termina por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, se cándolas en horno a 105-110 °C y pesándolas ya secas. Posteriormente se hace una gráfica en la cual se coloca el contenido de humedad en las ordenadas y el tiempo en las absisas; con ella es posible determinar el porcentaje de humedad que corresponde a la capacidad de campo de cada estrato, en el momento en que la curva se estabiliza.

4.4.2 Punto de marchitamiento permanente y métodos para determinarlo.

El punto de marchitamiento permanente es el índice o cantidad - de humedad del suelo en el cual las plantas se marchitan (28) (23) - (18) y no recuperan su turgencia aunque se les coloque en cámara húmeda o se añada agua al suelo (7) (28) (18). Las plantas no obtienen suficiente humedad para sus necesidades de transpiración (23). Representa, pues, el límite inferior de humedad aprovechable por las plantas (18) (19). Existe divergencia en cuanto al rango de tensión al cual se produce (28) (18) (23), pero todos coinciden en tomar 15 atmósferas como la tensión a punto de marchitamiento permanente, ya que a esta tensión el crecimiento cesa. Israelsen y Hansen (18) - afirman que cualquier variación no tiene importancia, ya que la variación en contenido de humedad es poca aunque haya grandes cambios de tensión.

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 (28). 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 esta es alta se usa 2.4 (23).

4.5 Contenidos de humedad del suelo.

4.5.1 Humedad utilizable.

Llamada también humedad disponible o aprovechable, es la humedad retenida entre capacidad de campo y punto de marchitamiento per-

manente por el suelo en la zona activa de raíces del cultivo (1), o sea, es la humedad que puede ser almacenada por el suelo para ser usada por las plantas (18).

4.5.2 Humedad fácilmente utilizable.

Thorne y Peterson (27) citan varios estudios que indican que el agua no es igualmente disponible entre todo el rango de capacidad de campo a punto de marchitamiento permanente. La tensión de humedad del suelo no pasa de una atmósfera en la mayoría de los suelos hasta que cerca del 50-75% del agua utilizable ha sido removida. De manera similar, Israelsen y Hansen (18) afirman que la humedad del suelo que se encuentra cerca del punto de marchitamiento permanente no utilizable fácilmente por las plantas, ya que la humedad fácilmente utilizable es la parte de la humedad utilizable que puede ser extraída por las plantas sin gran esfuerzo y que representa aproximadamente un 75% de la humedad utilizable total.

Muchas evidencias indican que el crecimiento de las plantas decrece conforme la tensión de humedad del suelo aumenta. Thorne y Peterson (27) concluyen la discusión sobre este tema diciendo que si la remoción de agua del suelo por las plantas requiere energía, es lógico suponer que si aumenta la humedad, la tensión decrece, por lo que las plantas gastan menos energías en suplir sus necesidades de agua y pueden entonces crecer más.

4.6 Frecuencia y Programación del riego en el cultivo de tomate.

La frecuencia y profundidad de riego depende del tipo de suelo, del tipo de planta y del clima (7). Los suelos superficiales requieren riegos frecuentes, mientras que los profundos no (25), especialmente si estos son de textura fina (23). La frecuencia de riego puede variar continuamente a lo largo del ciclo de cultivo por las variaciones de profundidad de raíces y evapotranspiración diaria (11). El momento de regar, en cualquier cultivo, es determinado también por la parte cosechable: grano o semilla, hojas, tallos, raíces (25).

El riego del tomate debe ser cuidadoso, toda vez que tanto la sequía como el exceso de humedad dañan la calidad y producción de fruto. Se ha encontrado correlación entre sequías prolongadas y

rajadura del fruto. Los excesos de humedad propician el desarrollo de enfermedades fungosas (20). Por otra parte, no es conveniente regar durante la floración (2). Los mejores rendimientos se obtienen cuando la humedad utilizable se mantiene arriba del 50% (5).

El número y frecuencia de riegos es variable. León Gallegos (20) considera que después del trasplante el primer riego puede darse hasta llegar a floración o formación de primeros frutos, ya que durante esta fase no requiere mucha agua y sí se propicia un mejor desarrollo radicular. El segundo aplicarlo 45-50 días después del trasplante, en la etapa de formación de los primeros frutos a cosechar. De aquí en adelante se puede regar cada 15 días hasta el primer corte y luego cada 10-12 días. El total de riegos puede ser de 10 a 12, pero muy ligeros (5 cm.). Recomienda también regar por surcos alternos. Para nuestro país, DIGESA (14) recomienda las siguientes frecuencias, de acuerdo al tipo de suelo. Suelo liviano: 3 riegos antes de producción, el primero a los 18 días después del trasplante, el segundo 14 días después y el tercero a los 14 días después del segundo, y regar cada 10 días durante la etapa de producción. Suelo mediano: 3 riegos antes de producción, uno a los 20 días después del trasplante, otro a los 20 días del primero y el tercero a los 16 días después del segundo, y durante la producción regar cada 14 días. Suelo pesado: 3 riegos antes de producción, el primero a los 21 días después del trasplante, el segundo 20 días después y el tercero a los 16 días después del segundo, y regar cada 14 días durante la producción. Soberanis L. (26) recomienda, para un suelo arenoso de la región de El Rancho, regar cada 12 días.

4.7 Riego por surcos.

Su característica principal es que se produce un movimiento vertical y lateral del agua y sólo una parte de la superficie queda inundada (23). El agua se infiltra mientras recorre el surco (17). Da buenos resultados en cultivos en hileras, en suelos que van de 0 a 5% de pendiente, aunque no en suelos muy permeables (28). Es el sistema menos eficiente, pues necesita mayores volúmenes de agua y no proporciona un riego uniforme (17).

Este método de riego superficial es recomendado por Casseres (5) para el cultivo de tomate, pues mantiene seco el follaje, evitando la entrada de patógenos.

4.8 Evapotranspiración.

Black (4), Israelsen y Hansen (18) y Kramer (19) coinciden en definir el término Et como la suma de evaporación de agua del suelo y de la transpiración de plantas. Se puede decir, en forma más completa que la Et o uso consuntivo es la suma de: a) transpiración, proceso por medio del cual las plantas toman agua del suelo, circula a través de los tallos hacia las hojas, desde donde se desprende en forma de vapor y pasa a la atmósfera, y que sucede en un 90-95% durante el día, representando una parte importante del agua de desgaste en un cultivo, y b) evaporación, que es el agua evaporada del terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. Israelsen y Hansen (18) indican también que la evapotranspiración depende de la temperatura, de las prácticas de riego, de la duración del período de crecimiento, de las precipitaciones y de otros factores. El volumen de agua transpirado por las plantas depende de la cantidad de agua de que dispongan, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de las plantas, de su follaje y de la naturaleza de las hojas.

Grassi (11) hace referencia a evapotranspiración potencial (Etp) y evapotranspiración real o uso consuntivo. La evapotranspiración potencial sucede con una vegetación de escasa altura y activo crecimiento, que cubre totalmente el terreno y que no tiene restricciones de humedad edáfica, y depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, las cuales son dadas por las características físicas de la atmósfera vecina al suelo.

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

tada por un factor "k", que toma en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta. Ese coeficiente k varía a lo largo del ciclo y es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia del ambiente edáfico.

4.9 Métodos para determinar evapotranspiración.

Para determinar la evapotranspiración existen basicamente dos clases de métodos, atendiendo a la forma de obtener los datos: los directos y los indirectos.

Los métodos directos son aquellos que proporcionan una lectura de humedad del suelo en forma más rápida y directa en el terreno. Israelsen y Hasen (18) mencionan los siguientes: experimentos en tanques y lisímetros, parcelas experimentales, estudios sobre humedad del suelo, métodos de integración y métodos de entradas y salidas de agua para grandes extensiones. El servicio de Conservación de Suelos (23) menciona los tensiómetros y los instrumentos a base de resistencia eléctrica. También pueden agregarse los bloques porosos de resistencia y el método de dispersión de neutrones (28).

Los métodos indirectos son procedimientos o fórmulas basadas en datos climáticos por medio de los cuales se puede calcular la E_t de cualquier cultivo, haciendo uso además de tablas con valores para las constantes o coeficientes usados. Existe una gran cantidad de fórmulas. Minera B. (21) cita 12 y Barillas K. (3) 16. Algunos de los más conocidos son: Blaney-Criddle, Penman, Thornthwaite, Hargreaves, Jensen-Haise, Grassi-Christiansen, Lowry-Johnson, tanque tipo A.

A continuación se describen el método directo a usar en esta investigación y los métodos indirectos con los cuales se harán comparaciones.

4.9.1 Método de parcelas experimentales.

Israelsen y Hansen (18) consideran que este método proporciona datos más reales que los de tanques y lisímetros. El método consiste en establecer parcelas en los terrenos y llevar un control de humedad del suelo mediante muestreos con barrena a diferentes profundidades. La determinación de humedad se hace por el método gra

vimétrico, según el cual se deben tomar muestras de suelo de 100 o más gramos, pesarlas, secarlas en horno a 105-110 °C y después pesarlas de nuevo. La pérdida de peso dividida por el peso del suelo seco, multiplicado por 100 da el porcentaje de humedad referido al suelo seco (18). Se requiere tomar muestras en varios lugares representativos de la zona considerada, para obtener mayor precisión (18) (28). DIRENARE (13) recomienda muestrear en tres sitios y luego promediar, y tomar las muestras en el tercio medio del estrato o capa considerada. Una limitante de este método es el tiempo que requiere para el secado, que es de 24 horas (18).

4.9.2 Método de Blaney-Criddle.

Este método usa temperatura y horas luz mensuales y fue desarrollado para la región árida del oeste de los Estados Unidos (11) (18). Grassi (11) indica que se desarrolló al relacionar los valores reales de uso consuntivo con la temperatura media mensual (t) y con el porcentaje mensual de las horas anuales de brillo solar (p). De este modo, el uso consuntivo o evapotranspiración mensual se puede calcular usando la fórmula: $u = k.f$ y para un ciclo de cultivo de "n" meses:

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

donde: k = coeficiente mensual del cultivo.

f = factor de uso consuntivo mensual.

K = coeficiente del cultivo para el ciclo vegetativo.

F = suma de los factores mensuales de uso consuntivo.

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

$$f = \frac{T + 17.8}{21.8} (p)$$

p = porcentaje mensual de horas luz respecto al total anual.

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

$$k = k_t.k_c$$

El coeficiente de temperatura (k_t) se calcula así:

$$K_t = 0.03144T + 0.2396$$

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

Grassi (11), al discutir sobre los métodos de medición de evapotranspiración, dice que esta fórmula ha dado valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias (menos de 5 mm/día) y valores inferiores con altas exigencias (más de 5 mm/día).

4.9.3 Método de Hargreaves.

Grassi (11) indica que la fórmula de Hargreaves permite calcular 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. En 1966 el autor introdujo factores adicionales de corrección de la fórmula y una tabla que incluye coeficientes para tener en cuenta el efecto del cultivo.

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

$$E_t = 17.37 k.d.t (1.0 - 0.01H_n), \text{ y}$$

$$H_n = 1.0 + 0.4HR + 0.04HR^2$$

donde: k = coeficiente del cultivo.

d = coeficiente mensual de duración del día.

t = temperatura media mensual.

H_n = humedad relativa media al medio día.

HR = humedad relativa media mensual.

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

Como la fórmula fue desarrollada para condiciones meteorológicas medias, el mismo Hargreaves en 1966 propuso los siguientes factores de corrección 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 a 100 km/día correspondientes a las condiciones de obtención de la fórmula;

b) como 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

c) con relación a la altitud, los resultados deben aumentarse en -- 1% por cada 100 m. de elevación a partir de los 150 m. correspon--- dientes a las condiciones de creación de la fórmula.

4.9.4 Métodos de evaporación del tanque A.

Según Grassi (11), las medidas de evaporación de una superfi-- cie libre de agua en un tanque evaporímetro (Ev) integra los efec-- tos de los diferentes factores metereológicos que influyen en la - evapotranspiración. Algunos estudios de correlación en diferentes cultivos y períodos del ciclo vegetativo han permitido obtener coe-- ficientes para estimar evapotranspiración potencial (Etp) en fun--- ción de la evaporación de una superficie libre de agua (Ev). Así,

$$Etp = Ev.k$$

donde "k" es el coeficiente de ajuste adimensional, que es función de la velocidad del viento, la humedad relativa media mensual y - del tipo de cobertura vegetal alrededor del tanque.

La evapotranspiración real se puede obtener al multiplicar la Etp por un coeficiente de cultivo, que puede ser el del Servicio - de Conservación de Suelos o de la Curva Única de Hansen.

5.1 Ubicación del experimento.

El experimento se realizó en los campos del Centro de Producción El Oasis, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), localizados en el valle de La Fragua, Estanzuela, Zacapa. El valle de La Fragua se encuentra en la región nor-oriental de la república, a 140 km. de la capital por la carretera CA-9, entre las coordenadas $14^{\circ} 57.5'$ latitud norte y $89^{\circ} 32.5'$ longitud oeste. La unidad de riego de ese sector es la de Llano de Piedras.

5.2 Descripción de la unidad de riego y del área.

La unidad de riego del valle de La Fragua, Zacapa, tiene como fuente al Río Grande. La presa está situada en la aldea Santa Lucía. La unidad de riego consta de un canal principal por gravedad de 22 km. de longitud y que cubre unas 3,000 Has., y de dos sistemas de bombeo: el de Llano de Piedras, que riega 1,200 Has., y el de El Guayabal, que riega 1,700 Has. La longitud total de los canales de riego es de 152 km., formados por un canal principal de conducción de 10 km., uno de distribución de 12 km. y una red de 130 km. (13).

La extensión total del valle es de 9,000 Has., con 5,500 susceptibles de agricultura intensiva (13).

El clima es calificado como cálido-seco (9), y según Holdrige (1976) corresponde a una zona de vida monte espinoso subtropical. La vegetación natural comprende arbustos y plantas espinosas. La precipitación media anual es de alrededor de 500 mm. durante la época de invierno, lo que hace necesario el riego auxiliar. En el verano (noviembre a abril) la precipitación es casi nula, por lo que sólo puede cultivarse bajo riego. La temperatura oscila entre 19°C (enero) y 38°C (abril), con una media anual de 27°C . La elevación media es de 230 msnm (13).

El valle está rodeado de montañas, lo que provoca que los vientos que vienen del Mar Caribe y del Océano Pacífico se lleven las nubes cargadas de vapor de agua hacia las montañas y precipiten allí, sin alcanzar el valle (9).

En cuanto a suelos, Simmons (1959), dice que edafologicamente son suelos jóvenes y que las diferencias principales se basan en el material original y el drenaje. Las series predominantes son: Chica, Chiquimula, Teculután, Cortí, Sinanegue y Tempisque. Farrington y Porres (9) mencionan 65 unidades que consisten en tipos y fases de 16 series de suelos y 3 clases de tierras misceláneas. Con fines de riego los clasifican así: 1) suelos franco-arenosos y franco-arcillosos son subsuelos permeables; 2) suelos franco-arenosos y franco-arcillo-arenosos y arcillas con subsuelo de permeabilidad lenta e impermeable; 3) suelos aluviales; y 4) terrenos escabrosos y otras clases no convenientes para la agricultura.

5.3 Análisis y determinaciones previas.

5.3.1 Análisis químico del suelo.

Para este análisis se tomaron cuatro muestras en el lote experimental para formar una muestra compuesta, la cual fue enviada posteriormente al laboratorio de suelos del ICTA. Este análisis se hizo para tener recomendaciones en cuanto a fertilización. El cuadro 1 muestra los resultados dados por el laboratorio.

CUADRO No. 1.
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO.

pH	Microgr./ml		Meq/100 ml suelo		Observaciones
	P	K	Ca	Mg	
6.9	+ 50	190	20.34	2.83	(1)

Fuente: Laboratorios de suelos del ICTA.

(1) Mediana presencia de sodio. Sin embargo el laboratorio no reporta exactamente cuál es la cantidad de sodio existente en los suelos, debido al tipo de análisis realizado, por lo que no puede estimarse el efecto de sales sobre la disponibilidad de agua en el suelo.

5.3.2 Determinación de densidad aparente.

Para determinar la densidad aparente se usó el método del plástico, el cual consiste en abrir una calicata e ir formando gradas con alturas que correspondan a los estratos que se van a muestrear. Para este caso se formaron gradas de 30 cm. de altura. En las gra-

das formadas se abren agujeros de dimensiones determinadas (15x15x10) y el suelo extraído se coloca en una bolsa plástica para pesarlo y secarlo. El volumen se determina colocando nylon delgado en el agujero, a manera de que se pegue bien a las paredes, y echando agua hasta llegar a los bordes, midiendo la cantidad de agua que se va echando. El suelo extraído se pesa con el grado de humedad que tiene al momento de realizar la prueba. Luego se toma una muestra para secarla al horno y así determinar el peso del suelo seco, lo cual se hace por el método gravimétrico. La densidad aparente es dada por la relación existente entre el peso del suelo seco extraído del agujero y el volumen de agua que cupo en el mismo.

5.3.3 Determinación de capacidad de campo.

Para determinarla se escogió un área dentro del lote experimental y se siguió el método propuesto por Withers y Vipond y el Servicio de Conservación de Suelos. Se muestreó dos veces diarias durante 5 días. El contenido de humedad de las muestras se obtenía por el método gravimétrico.

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

CUADRO No. 2.
TEXTURA, DENSIDAD APARENTE Y CAPACIDAD DE CAMPO DE LOS ESTRATOS ESTUDIADOS.

Estrato (cm)	Textura (1)	Densidad aparente	Capacidad de campo
0 - 30	Arcilla	1.40	30%
30 - 60	Arcilla	1.40	29%

(1) Determinada en el Laboratorio de suelos del ICTA.

La capacidad de campo se determinó también en laboratorio, pero los resultados dados estaban muy alejados de los obtenidos en el campo y de los obtenidos por Barillas K. (3) en el mismo tipo de suelo, por lo que no fueron tomados en cuenta.

5.4 Manejo del cultivo.

El cultivo se manejó de acuerdo a la tecnología del ICTA en cuanto a variedad, preparación del terreno, semillero, distancias -

de siembra, métodos de siembra, control de plagas, enfermedades, malezas y fertilización.

5.4.1 Variedad.

Se sembró la variedad UC-82 C, de tipo compacto, especial para la industria, pero aceptado también para consumo en fresco.

5.4.2 Almacigo o semillero.

Para el almacigo se preparó primero una cama de 20 m. de largo, 1 m. de ancho y 20 cm. de alto. Se pulverizó bien el suelo hasta dejarlo bien mullido y se desinfectó. El 21 de octubre de 1983 se sembró la semilla en surcos separados a 10 cm. y dejando más o menos una semilla cada cm. Durante todo el período se mantuvo control sobre el mal del talluelo o Damping off e insectos de semillero mediante aplicaciones periódicas de mezclas de fungicidas e insecticidas, por lo que la incidencia del mal del talluelo fue muy poca. A los 15 días de sembrada la semilla se aplicó fertilizante foliar. Se le hizo también un raleo en las partes en donde había mayor cantidad de plantas.

5.4.3 Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en dos pasadas de rastra pesada y surqueado con una pendiente de 0.4%.

5.4.4 Transplante y resiembra.

El transplante se realizó el 15 de noviembre, cuando el semillero tenía 25 días. Se regó ese mismo día por la tarde, un poco antes del transplante. Como llovió por la noche no fue necesario el riego de pegue.

La resiembra se realizó el 17 y el 23 de noviembre, con el objeto de asegurar una población mayor del 80% por parcela.

5.4.5 Método de siembra.

Se surqueó a 0.75 m. y se sembró a ambos lados de un surco, dejando un surco muerto. Después de la segunda limpia se formaron camas de 1.50 m. de ancho, con dos hileras de plantas cada una.

5.4.6 Distancias de siembra.

Se utilizó un ancho de cama de 1.50 m. y una distancia entre plantas de 0.20 m., para tener una población de 66,666 plantas/Ha.

5.4.7 Control de plagas y enfermedades.

Para ello se aplicó semanalmente una mezcla de un fungicida y un insecticida como control preventivo. Al final del ciclo se presentó un leve ataque de tizón, el cual afectó más a las parcelas del tratamiento C, aunque la cosecha ya estaba formada y ya se habían iniciado los cortes.

5.4.8 Control de malezas.

Para controlar las malezas se hicieron dos limpieas y aporques. La primera se efectuó a los 14 días después del transplante y la segunda a los 27 días. Con la segunda limpia y aporque se formaron las camas definitivas.

5.4.9 Fertilización.

La fertilización se realizó de acuerdo a la recomendación del laboratorio de suelos del ICTA. Se efectuaron dos aplicaciones de Urea en las mismas fechas que se hicieron las limpieas y aporques, las cuales servían para tapar el fertilizante. En la primera se aplicó 2.5 qq/Mz y en la segunda se aplicó 1.5 qq/Mz.

5.4.10 Cosecha.

La cosecha se efectuó por cortes semanales entre el 28 de enero y el 21 de febrero de 1984. En total fueron cuatro cortes.

5.5 Manejo del experimento.

5.5.1 Trazo del experimento.

Después de la preparación del terreno se procedió a trazar el experimento. En el frente se contaron los surcos que eran necesarios para cada parcela y para las separaciones entre parcelas; en total fueron 72 surcos. Como la distancia entre surcos fue de 0.75 m., el lote experimental quedó de 54 m. de frente. El área total fue de 1,728 metros cuadrados y el área experimental de 1,080 metros cuadrados.

Se construyeron dos tomas para el riego de las parcelas, una frente al primer bloque y otra entre el segundo y tercer bloque.

El plano del lote experimental, así como la distribución de los tratamientos en cada bloque se muestran en la figura 13 del apéndice.

5.5.2 Método de riego.

Se usó el método de riego por gravedad en surcos. El agua se conducía desde las tomas hasta las parcelas por medio de sifones y mangueras plásticas, forma más adecuada para no mojar parcelas no deseadas y que además permite estimar el volumen de agua aplicado en cada surco, previo aforo de los sifones. No había escurrimiento al final de la parcela.

5.5.3 Lámina de agua a reponer.

La lámina de agua que había que reponer a cada parcela en cada riego para cada estrato (L_{ri}) se calculaba usando el porcentaje de humedad obtenido en el muestreo antes de riego ($\%HAR_i$), el porcentaje de humedad a capacidad de campo ($\%HCC_i$), la densidad aparente (DA_i) y la profundidad del estrato en cm. (Pe_i), por medio de la fórmula:

$$L_{ri} = \frac{\%HCC_i - \%HAR_i}{100} \times DA_i \times Pe_i$$

$$LT = \sum_{i=1}^n L_{ri} \quad \begin{array}{l} i = \text{Estrato.} \\ n = \text{No. de Estratos.} \end{array}$$

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

5.5.4 Riegos generales e inicio de tratamientos.

Después del transplante se esperó a que el cultivo estuviera bien establecido para iniciar los tratamientos. Ocho días después del transplante se dió un riego general y 17 días después del transplante se dió el último riego general, el cual fue a la vez el riego inicial, pues a partir de este se empezó a contar los intervalos para aplicar cada tratamiento.

5.5.5 Método y momento de muestreo.

Las muestras se extraían por medio de un barreno helicoidal. Se obtenían tres muestras para los estratos 0-30 y 30-60 y una muestra para el estrato 60-90 por cada parcela. El estrato 60-90 se eliminó en los resultados finales, pues se consideró que las raíces no llegaban hasta esa profundidad y que una sola muestra podría no ser re-

presentativa. Los puntos donde se tomaban las muestras se escogían al azar, pero tratando de cubrir toda la parcela. Las muestras se sacaban del tercio medio del estrato.

En cuanto al momento de muestreo, las muestras las muestras correspondientes a después del riego se tomaban pasadas 48 horas y las anteriores al riego 24 horas antes.

5.5.6 Equipo usado.

Para la ejecución del trabajo se utilizó el siguiente equipo: - horno eléctrico con termómetro, balanza con precisión de 0.1 gr., barrenos helicoidales, cajas de aluminio, sifones y mangueras plásticas.

5.5.7 Diseño estadístico.

Siguiendo las recomendaciones de Grassi (12) y Rodríguez A. -- (24) se utilizó:

Diseño experimental:	Bloques al azar.
Número de tratamientos:	5.
Número de repeticiones:	4.

Los tratamientos evaluados fueron: A) riego cada 8 días, B) -- riego cada 12 días, C) riego cada 16 días, D) riego cada 20 días y E) riego cada 24 días.

En cuanto a la parcela experimental, las dimensiones se tomaron de acuerdo a la metodología generada por el ICTA para este cultivo. La parcela bruta fue de 55.8 metros cuadrados (9.0 m. de frente y 6.0 m. de fondo), teniendo 6 camas de 1.5 m. de ancho y 6 m. de largo. La parcela útil usada fue de 37.2 metros cuadrados, teniendo 4 camas y un total de 248 plantas.

5.5.8 Variables de respuesta.

Las variables que se utilizaron para evaluar el efecto de los tratamientos fueron: rendimiento (TM/Ha.), número de frutos comerciales, número de frutos no comerciales, número de plantas vivas finales, número de plantas muertas durante el ciclo y calidad del fruto.

Para evaluar el efecto sobre la calidad del fruto se llevó una muestra de 1 kg. por cada parcela y por cada corte (80 muestras en total) al laboratorio de la Industria Cooperativa Oriental de Productos Alimenticios (-INCODEPA-), situado en Estanzuela, Zacapa.

5.5.9 Métodos de análisis de resultados.

Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% para las variables de respuesta.

La parte correspondiente a evapotranspiración se analizó usando prueba de comparación de medias o prueba de "t" y regresión y correlación entre la evapotranspiración medida para cada tratamiento y la estimada por las fórmulas de Blaney-Criddle, Hargreaves y Tanque tipo A.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Pra una mayor facilidad en la presentación y discusión de los - resultados, este capítulo se ha dividido en tres partes: la primera comprende los aspectos agronómicos o variables de respuesta por medio de los cuales se evaluó el efecto de los tratamientos; la segunda se refiere al uso del agua; y en la tercera se hacen las comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración calculada por medio de fórmulas.

En los análisis de varianza para las variables de respuesta y - en las pruebas de Tukey se usó F y t al 5%, respectivamente.

6.1 Aspectos agronómicos o variables de respuesta.

En el cuadro 3 se presentan los resultados promedio obtenidos en cada una de las variables de respuesta evaluadas, sin incluir lo que corresponde a calidad del fruto.

CUADRO No. 3.
RESULTADOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS.

Tratamiento.	Rendimiento.		Número de frutos por parcela.		Número de plantas por parcelas.	
	TM/Ha.	Cajas/Ha.	Comerciales.	No comerciales.	Vivas finales	M.D.C. ⁽¹⁾
A	43.7	2,094	3,064	400	213	12
B	38.8	1,860	2,833	435	202	23
C	37.5	1,797	2,724	307	205	15
D	38.8	1,860	2,675	272	213	16
E	30.4	1,457	2,195	209	197	24

(1) M.D.C.: muertas durante el ciclo.

6.1.1 Rendimiento.

Los promedios de rendimiento se presentan en el cuadro 3, tanto en TM/Ha. como en cajas/Ha. El rendimiento más alto corresponde al tratamiento A (riego cada 8 días) con 43.7 TM/Ha., equivalentes a - 2,094 cajas/Ha., mientras que el tratamiento E (riego cada 24 días) tiene el rendimiento más bajo con 30.4 TM/Ha., equivalentes a 1,457 cajas/Ha.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza y la prueba de Tukey se presentan en los cuadros 1, 2 y 3 del apéndice.

El análisis de varianza indica que hay diferencia significativa entre tratamientos y la prueba de Tukey reporta que la diferencia entre los tratamientos A, B, D y C no es estadísticamente significativa, por lo que desde este punto de vista no hay diferencia en regar desde cada 8 hasta cada 20 días. Lo anterior coincide con lo recomendado por DIGESA (14) en cuanto a la frecuencia de riego para este tipo de suelo, y lo determinado por Soberanis L. (26) en un experimento similar en un suelo arenoso. Sin embargo, el tratamiento A tiene 4.9 TM/Ha., o sea, 234 cajas/Ha. más que los tratamientos B y D. Este resultado concuerda con lo indicado por Casseres (5) con respecto a que los mejores rendimientos se obtienen cuando la humedad utilizable se mantiene arriba del 50%, como puede observarse en la figura 8 del apéndice. Por otro lado, hay que hacer notar también que los tratamientos B y C tuvieron menor cantidad de plantas cosechadas que A y D.

6.1.2 Número de frutos comerciales.

En el mismo cuadro 3 se pueden observar los promedios de frutos comerciales que se obtuvieron por parcela. El Tratamiento A produjo el mayor número con 3,064 frutos y el tratamiento E fue el que produjo la menor cantidad con 2,195.

En el cuadro 4 del apéndice se encuentran los números de frutos comerciales organizados por tratamiento y repetición.

El análisis de varianza que se encuentra en el cuadro 5 del apéndice manifiesta diferencia significativa entre tratamientos y la prueba de Tukey, cuadro 6 del apéndice, coloca como mejor al tratamiento A, seguido por los tratamientos B y C, los cuales son estadísticamente iguales.

6.1.3 Número de frutos no comerciales.

Puede observarse en el cuadro 3 que el mayor número de frutos no comerciales por parcela corresponde a los tratamientos más húmedos: B (riego cada 12 días) con 435 y A (riego cada 8 días) con 400, mientras que el tratamiento E (riego cada 24 días), que fue el más seco, tuvo el menor número con 209. Esto es explicable por dos ra-

zonas: 1) los tratamientos A y B mantenían húmeda la superficie del suelo durante más tiempo que los otros tratamientos y 2) la variedad UC-82 C es de tipo compacto y por el método de siembra de doble surco por cama no se tutorea, por lo que los frutos quedan muy cerca del suelo, lo cual podría propiciar mayor podredumbre de frutos. Los resultados organizados por tratamiento y repetición aparecen en el cuadro 7 del apéndice.

El análisis de varianza, cuadro 8 del apéndice, manifiesta que hay diferencia entre tratamientos. En el cuadro 9 del apéndice -- (prueba de Tukey) se observa que los tratameintos B y A son estadísticamente iguales y tienen el mayor número de frutos no comerciales por parcela, como ya se indicó anteriormente.

6.1.4 Número de plantas vivas finales.

El cuadro 10 del apéndice contiene los datos organizados por -- tratamiento y repetición.

Según el análisis de varianza para el número de plantas vivas - finales (plantas cosechadas) que se encuentra en el cuadro 11 del - apéndice, la diferencia que existe entre los cinco tratamientos es - estadísticamente significativa. Sin embargo, los tratamientos A y D tuvieron el mayor número de plantas vivas al momento de la cosecha - con 213 y el tratamiento E tuvo el menor número con 197.

6.1.5 Número de plantas muertas durante el ciclo.

Los resultados organizados de número de plantas muertas durante el ciclo por parcela por tratamiento y repetición, así como su res-- pectivo análisis de varianza aparecen en los cuadros 12 y 13 del - apéndice.

El análisis de varianza indica que la diferencia existente en-- tre los tratamientos no es estadísticamente significativa, es decir, la diferencia en el número de plantas muertas no se debe a efecto de los tratamientos. Esto queda manifiesto en el cuadro 3, pues el número de plantas muertas por parcela del tratamiento E (el más seco) es de 24, cantidad casi igual a la del tratameinto B (uno de los más húmedos), que es de 23. También puede observarse que el tratamiento más húmedo (A) es el que menor cantidad de plantas muertas tuvo. Se puede inferir entonces que el contenido de humedad en el suelo no -

ningún efecto en la mortalidad de plantas.

6.1.6 Calidad del fruto.

En el cuadro 4 se presentan los resultados promedio que se obtuvieron en los análisis de calidad realizados en el laboratorio de INCODEPA. Se determinó grados Brix a 20 °C, % de acidez, consistencia y pH. Los resultados organizados para las repeticiones de cada tratamiento se encuentran en los cuadros 14, 15, 16, 17 y 18 del apéndice.

CUADRO No. 4.
RESULTADOS PROMEDIO DE LOS ASPECTOS TOMADOS EN EL ANALISIS DE CALIDAD.

Tratamiento.	Aspectos analizados.			
	Brix.	% Acidez.	Consistencia.	pH.
A	4.2	0.45	13.9	3.86
B	3.9	0.44	13.4	3.91
C	4.4	0.42	12.8	3.87
D	4.4	0.40	12.7	3.87
E	4.7	0.43	11.8	3.83

Fuente: Laboratorio de INCODEPA.

6.1.6.1 Brix.

El término grados Brix se refiere a la concentración de azúcares del fruto, y casi equivale a porcentaje cuando los valores son bajos. (a)

El análisis de varianza realizado para este aspecto, cuadro 19 del apéndice, indica que la diferencia que hay entre los tratamientos es significativa. Sin embargo, el cuadro 23 del apéndice en el que se presenta la prueba de Tukey agrupa a cuatro tratamientos (E, D, C y A) como estadísticamente iguales. Puede notarse que los valores más altos corresponden a los tratamientos más secos: E con 4.7

(a) La información referente a los aspectos analizados para la variable se respuesta calidad del fruto fue obtenida durante una entrevista personal con el Ingeniero MARIO R. SOLORZANO, Director de Producción de INCODEPA.

y D y C con 4.4. Los tratamientos húmedos A y B tienen 4.2 y 3.9, - respectivamente.

De acuerdo a la información obtenida, es deseable el fruto que tenga el valor más alto, ya que esto facilita la fabricación de pasta y es más económico el proceso, porque hay que evaporar menor cantidad de agua al llevar a 30 grados Brix la concentración de la pasta. Se puede decir entonces que el tratamiento E es el más deseable en este aspecto, seguido por los tratamientos D y C.

6.1.6.2 Porcentaje de acidez.

El porcentaje de acidez está determinado por la cantidad de ácido cítrico en el fruto, ya que este es el más abundante. Los valores permisibles o deseables son los que van de 0.40 a 0.45%, pues porcentajes mayores de 0.45 provocan problemas en el envasado (oxid~~an~~ el metal) y a valores menores de 0.40 la pasta pierde su sabor.

El análisis de varianza que se presenta en el cuadro 20 del -- apéndice indica que la diferencia entre tratamientos no es estadísticamente significativa.

Observando el cuadro 24 del apéndice se puede notar que los valores de acidez se encuentran dentro del rango deseable y por lo tan to cualquiera de los tratamientos es adecuado.

6.1.6.3 Consistencia.

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

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

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

Puede notarse en el cuadro 25 del apéndice que los valores más altos corresponden a los tratamientos húmedos B y A, con 13.9 y 13.4 cm., respectivamente, y el valor más bajo al tratamiento E con 11.8. El análisis de varianza manifestó diferencia significativa entre tra tamientos (cuadro 21 del apéndice) y la prueba de Tukey (cuadro 25 -

del apéndice) indica que los tratamientos B, A, C y D son estadísticamente iguales.

Se puede observar también en este aspecto que los valores se en encuentran dentro de lo deseable, por lo que lo obtenido en ninguno de los tratamientos puede ser rechazado.

6.1.6.4 pH.

El pH debe variar de 3.8 a 4.1. El problema que se presenta - con valores menores de 3.8 es que se produce un ataque al metal del envase y con valores mayores de 4.1 se produce una proliferación de microorganismos.

El cuadro 22 del apéndice, que corresponde al análisis de va---rianza realizado, se puede apreciar diferencia significativa entre - tratamientos. La prueba de Tukey, cuadro 26 del apéndice, muestra - que los tratamientos B,C, D y A se comportan estadísticamente igual. Se puede notar que el valor más alto es 3.91 para el tratamiento B y el más bajo es 3.83 para el tratamiento E. Sin embargo, los valores de los cinco tratamientos se encuentran dentro del rango deseado, - por lo que cualquiera de los tratamientos es adecuado.

6.2 Uso del agua.

6.2.1 Lámina de agua consumida.

En el cuadro 5 se presenta un resumen del número de riegos apli- cados y la lámina de agua total consumida por cada tratamiento.

CUADRO No. 5.
NUMERO DE RIEGOS Y LAMINA TOTAL DE AGUA CONSUMIDA POR CADA TRA-
TAMIENTO.

Tratamiento	Número de riegos.		Lámina total consumida (cm).
	Diferenciales	Totales (1)	
A (8 días)	8	10	36.89
B (12 días)	5	7	33.90
C (16 días)	4	6	32.57
D (20 días)	3	5	30.32
E (24 días)	2	4	28.10

(1) Incluye 2 riegos generales

El número de riegos se ha dividido en diferenciales y totales, debido a que los tratamientos se empezaron a aplicar cuando el cultivo ya estaba establecido, es decir, después de la primera limpia y aporque. El riego inicial se aplicó a los 17 días después del transplante. Durante el período de establecimiento se aplicó un riego a los 8 días después del transplante. El otro riego general fue el - que sirvió como punto de partida de los tratamientos.

Para el período de 16 días que va desde el transplante hasta la aplicación del riego inicial se estimó una lámina de 2.46 cm. para todos los tratamientos, equivalente a dos veces el consumo del primer riego del tratamiento A (8 días). Esto se hizo así, ya que durante este período no se llevó control de humedad.

Las láminas consumidas para cada riego se calcularon con base a los datos de porcentajes de humedad obtenidos en los muestreos después y antes de riego. Como no había escurrimiento al pie de la parcela, se puede considerar que la lámina aplicada fue igual a la lámina consumida. En los cuadros 27 a 31 se presentan los datos obtenidos en los muestreos y el cálculo de la lámina consumida en cada intervalo, para cada uno de los tratamientos.

Puede notarse en el cuadro 5 que el tratamiento A fue el que tuvo un mayor número de riegos: 8 diferenciales y dos generales, 10 en total; la lámina total fue de 36.88 cm. Esto se debe a que fue el tratamiento con menor intervalo de riego (8 días) y a que a mayor disponibilidad de agua corresponde un mayor consumo (Et). Lo contrario sucedió con el tratamiento E, el cual tuvo el intervalo más largo (24 días), por lo que lógicamente se le aplicó un menor número de riegos (4 en total: 2 diferenciales y 2 generales) y consumió una lámina total menor (28.10 cm).

Puede observarse que la diferencia entre láminas consumidas varía de 2 a 3 cm. entre un tratamiento y el siguiente. La diferencia entre el tratamiento A y el E es de 8.79 cm. y entre A y D es de 6.5 cm. y hasta este tratamiento no hay diferencia estadística en cuanto a rendimiento.

Vale la pena hacer notar que los tratamientos más húmedos (A y B) fueron los que tuvieron una mayor cantidad de frutos no comerciales, los cuales en un 50-60% eran frutos dañados por pudrición debido a exceso de humedad.

En el tratamiento más seco (E) no se presentó el síntoma se pudrición negra basal, característico de deficiencia de humedad por períodos largos (4), por lo que se puede decir que no sufrió deficiencia extrema de humedad.

De acuerdo a las observaciones de campo, no se apreció diferencia marcada en cuanto a vigor en el desarrollo de las plantas en los tratamientos B, C y D. Sí se notaba más vigor en las plantas del tratamiento A y un desarrollo marcadamente menos vigoroso en la del tratamiento E.

Se tuvo la intención de hacer un análisis económico, pero no se pudo contar con los datos necesarios para ello. Sin embargo, podemos deducir que siendo 8 días la frecuencia de riego usual en esa región, si se riega cada 12 o cada 16 días, se puede ahorrar entre 3.0 y 4.5 cm. de agua para el ciclo de cultivo, lo que equivale a ahorrar entre 3,000 y 4,500 metros cúbicos de agua por hectárea. Visto de otra forma, podría encrementarse el área regada de este tipo de suelo.

6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable.

Puede observarse en las figuras 8, 9, 10, 11 y 12 del apéndice la forma en que la humedad aprovechable en cada estrato era consumida entre cada riego. En todos los tratamientos puede notarse un incremento en el consumo de agua a partir del inicio de la fructificación (40-50 días después del transplante), así como también un mayor agotamiento de la humedad aprovechable conforme al intervalo se hace más largo. El consumo en el estrato 30-60 es mayor en los tratamientos de intervalo más largo.

Para el tratamiento A, figura 8 del apéndice, en los primeros tres riegos se consumió aproximadamente sólo un 30% de la humedad aprovechable para el estrato 0-30 y un 20% del estrato 30-60. Esto indica que durante esa fase podría alargarse el intervalo de riego por varios días, sin que el cultivo sufra daño en el desarrollo vegetativo. A partir del inicio de la fructificación, cuarto y quinto riegos, el consumo en el estrato 0-30 llegó a un 45% de la humedad aprovechable y en el estrato 30-60 llegó a 25%. Es decir, nunca se usó ni la mitad del agua disponible, por lo que la planta no tuvo que realizar mucho esfuerzo para extraer el agua del suelo,

razón que justifica el rendimiento más alto (5).

Para el tratamiento B, figura 9 del apéndice, en el primer riego se tuvo el consumo más bajo, pues se usó aproximadamente el 25% de la humedad aprovechable del estrato 0-30 y 20% del estrato 30-60; pero a partir del inicio de la fructificación se incrementó hasta 60% en el estrato 0-30 y 40% en el estrato 30-60, bajando el consumo durante la etapa de cosecha. Este tratamiento también mantuvo durante la mayor parte del ciclo una disponibilidad de agua mayor del 50%.

El tratamiento C, figura 10 del apéndice, llegó a agotar un 60% de la humedad aprovechable del estrato 0-30 y un 50% del estrato 30-60 durante los riegos correspondientes al inicio de la fructificación. Puede observarse aquí cómo aumenta el consumo en el estrato 30-60.

La figura 11 del apéndice muestra el comportamiento del tratamiento D. Para este tratamiento y el E se efectuaron muestreos intermedios, por lo que puede apreciarse un quiebre en la curva debido a un mayor consumo durante los primeros días después del riego, debido a la mayor disponibilidad de agua, y una baja en el consumo en los días finales antes del riego siguiente. En este tratamiento D se llegó a agotar hasta un 70% de la humedad aprovechable del estrato 0-30 y un 50% del estrato 30-60.

Finalmente, el tratamiento E, figura 12 del apéndice, llegó a agotar un poco más del 80% de la humedad aprovechable del estrato 0-30 y 60% del estrato 30-60. Puede observarse que no llegó al punto de marchitamiento permanente, aunque estuvo muy cerca. Posiblemente a esto se debió el desarrollo menos vigoroso de las plantas.

Considerando todo lo anterior, se puede establecer un rango aceptable de riego que va de 8 a 16 días, considerando que un intervalo de 20 días sin regar sería difícilmente aceptable por la mentalidad del agricultor acostumbrado a hacerlo semanalmente y que no tiene restricción en el uso del agua. Además agotaría más del 60% de la humedad utilizable. De todas formas, estudios posteriores podrán dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos aquí.

6.3 Comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración estimada con Blaney-Criddle, Hargreaves y Evaporación del tanque A.

Las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 del apéndice muestran el comportamiento de la evapotranspiración medida para cada tratamiento y la calculada por fórmulas.

Para el tratamiento A (figura 1) puede observarse que la única curva que se separa es la de Hargreaves y que las demás manifiestan una tendencia muy similar. Lo mismo ocurre con el tratamiento B (figura 2). En la figura 3 puede notarse que las curvas del tratamiento C, Blaney-Criddle y Evaporación del tanque están bastante más cercanas y que la de Hargreaves aparece más alejada. En los tratamientos D y E, figuras 4 y 5, la curva de evapotranspiración medida queda por debajo de las curvas de evapotranspiración calculada.

Los cálculos de evapotranspiración por los métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves y Evaporación del tanque se presentan en los cuadros 32, 33 y 34 del apéndice. El cuadro 35 contiene la evapotranspiración quincenal y total de los tratamientos y de los métodos y en el cuadro 36 se incluye la evapotranspiración quincenal acumulada para los tratamientos y los métodos. El cuadro 35 sirvió para hacer la prueba de comparación de medias y análisis de regresión y correlación, habiendo excluido para ello la quincena 11 Nov.

La evapotranspiración total para los tratamientos y las fórmulas se presentan en el cuadro 6.

CUADRO No. 6.

EVAPOTRANSPIRACION TOTAL DE LOS TRATAMIENTOS Y FORMULAS.

Tratamiento	Et total	Fórmula	Et total
A	36.89	Blaney-Criddle	34.86
B	33.90	Hargreaves	42.18
C	32.57	Ev. del tanque con Kc de SCS	32.18
D	30.32		
E	28.10	Ev. del tanque con Kc de C.H.	31.23

Puede notarse en el cuadro 6 que sólo la fórmula de Hargreaves reportó valores muy altos y que las fórmulas de Blaney-Criddle y Evaporación del tanque reportan valores muy similares a los de los tratamientos A, B y C.

Para tener mayor seguridad en cuanto a la similitud existente entre los valores medidos y los calculados, se realizaron dos pruebas estadísticas. La primera fue una comparación de medias o prueba de t al 5% de significancia. Esta prueba reportó que, exceptuando la comparación tratamiento E vrs. Hargreaves, los valores quincenales medidos son estadísticamente iguales a los calculados por fórmulas, lo cual puede verse en el cuadro 39 del apéndice. La segunda prueba realizada fue un análisis de regresión y correlación, utilizando seis modelos: lineal, geométrico, logarítmico, cuadrático, raíz cuadrada y gamma. En los cuadros 40, 41, 42, 43 y 44 del apéndice se presentan los coeficientes de correlación (R) para los tratamientos A, B, C, D y E.

En el cuadro 40 se puede observar que el tratamiento A tiene coeficientes muy altos en los seis modelos cuando se le compara con evaporación del tanque. Con Blaney-Criddle los coeficientes son también altos, aunque un poco más bajos que los anteriores.

Al compararlo con Hargreaves, hay correlación alta con los modelos logarítmico, cuadrático, raíz cuadrada y gamma, pero no con los modelos lineal y geométrico.

El tratamiento B, cuadro 41, manifiesta similitud con el tratamiento A. Contra Blaney-Criddle el único modelo con coeficiente menor que 0.9 es el lineal y los coeficientes de los otros modelos son más altos. Hargreaves tiene coeficientes altos también, pero menores que los otros métodos. Los métodos de evaporación del tanque se ajustan bien en los seis modelos.

El cuadro 42 muestra los coeficientes del tratamiento C cuando se le compara con los métodos. Puede notarse que la comparación tratamiento C vrs. Blaney-Criddle alcanza coeficientes muy altos en los seis modelos (mayor a 0.90), pero los dos métodos de evaporación del tanque alcanzan coeficientes un poco mayores para los seis modelos, lo cual indica que estos modelos son mucho más parecidos al tratamiento C. Hargreaves tiene coeficientes menores de 0.9 para tres modelos.

El tratamiento D (cuadro 43 del apéndice) tiene coeficientes - que varían entre 0.82 y 0.90 con Blaney-Criddle, aunque los coeficientes más altos los tiene con los métodos de evaporación del tanque, - pues son mayores de 0.89.

En el cuadro 44 del apéndice se puede ver los coeficientes del tratamiento E. Con el método de Hargreaves alcanza los coeficientes más altos (0.98 - 0.99), lo cual se debe a la similitud en la tendencia del sonsumo, como se puede observar en la figura 5 del apéndice.

Puede decirse, entonces, que los modelos de Blaney-Criddle y evaporación del tanque son los que más se acercan a los valores reales medidos en este experimento y que por tanto pudieran ser métodos recomendables para estimar evapotranspiración en esa área.

Buscando encontrar alguna relación en el comportamiento de la - evapotranspiración medida para los tratamientos y la evaporación del tanque se prepararon los cuadros 37 y 38 del apéndice, con valores - quincenales. Puede observarse que al inicio los valores E_t/E_v son - bajos, luego se hacen más altos a mediados del ciclo (II Dic. - II -- Ene.) y al final del ciclo bajan. Esta se hace más visible en la figura 7 del apéndice, en la cual se presenta dicha relación para los tratamientos A, B y C, así como el promedio de esos tres tratamientos. Puede notarse que la tendencia de las curvas es similar a la de la - curva única de Hansen, sólo que con valores más bajos.

La tendencia de la evapotranspiración según los tratamientos y la evaporación del tanque se puede observar en la figura 6 del apéndice, notándose que las curvas de evapotranspiración siguen la misma - tendencia que la de evaporación cuando las plantas ya están bien enraizadas.

1. La aplicación de diferentes frecuencias de riego sí influye sobre el rendimiento y el número de frutos comerciales y no comerciales del cultivo de tomate, pero no sobre el número de plantas vivas finales y muertas durante el ciclo.
2. El rendimiento es estadísticamente igual en los tratamientos de 8, 12, 16 y 20 días, siendo diferente sólo el tratamiento de 24 días, que tiene el rendimiento más bajo. Sin embargo, el tratamiento de 8 días produjo alrededor de 5 TM/Ha. más que los otros tres tratamientos.
3. El tratamiento de 8 días produjo el mayor número de frutos comerciales y fue superior a los demás tratamientos. Los tratamientos de 12 y 16 días se comportaron similarmente. El tratamiento de 24 días produjo el menor número de frutos comerciales. Esto seguramente se debió a la mayor disponibilidad de agua en el tratamiento de 8 días.
4. Los tratamientos más húmedos, 8 y 12 días, tuvieron el mayor número de frutos no comerciales, y son estadísticamente iguales.
5. El análisis efectuado a la calidad del fruto manifestó que estadísticamente las diferentes frecuencias de riego tienen efecto sobre la calidad industrial del fruto de tomate. Sin embargo, los valores obtenidos para los factores analizados permanecen dentro del rango aceptable.
6. La evapotranspiración también se vio afectada por las diferentes frecuencias de riego. El tratamiento de 8 días, que fue el más húmedo, fue el que más evapotranspiró. La evapotranspiración se redujo a medida que la frecuencia era más larga, hasta el tratamiento de 24 días, que fue el que menos evapotranspiró.
7. El consumo de la humedad disponible en cada estrato fue variable para cada tratamiento. El tratamiento de 8 días (más húmedo) no llegó a consumir ni el 50% de la humedad disponible en -

el estrato 0-30 cm. y aproximadamente sólo un 25% de la del estrato 30-60, mientras que el tratamiento de 24 días (más seco) llegó a agotar poco más del 80% del estrato 0-30 y 60% del estrato 30-60, pero no llegó a punto de marchitamiento permanente.

8. Las comparaciones entre evapotranspiración medida para cada tratamiento y evapotranspiración calculada por método indirectos manifiestan alta correlación. Los métodos que más se asemejan a la evapotranspiración medida para las tres primeras frecuencias (8, 12, y 16 días) son evaporación del tanque A y Blaney-Criddle. Hargreaves reporta valores un poco mayores.

8. RECOMENDACIONES

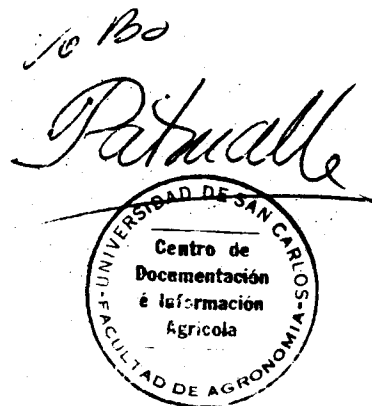
1. Se recomienda repetir este tipo de experimentos en la misma región, época y cultivo, con el objeto de hacer más consistentes los resultados obtenidos. También se recomienda realizarlos en otras regiones y otros cultivos.
2. Considerando que los rendimientos de todos los tratamientos son superiores a la media de la región, se recomienda usar un intervalo de riego que puede variar de 8 a 16 días. Las instituciones encargadas podrían empezar a experimentar con parcelas semicomerciales como medio para transferir estos resultados a los agricultores.
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. En futuras investigaciones como la presente se recomienda iniciar los tratamientos desde el momento del transplante, pues los resultados podrían variar en relación a los obtenidos dejando un período de establecimiento.
5. Se recomienda también revestir las tomas de riego con plástico, con el objeto de evitar el posible efecto que pudiera tener la infiltración lateral, pues dichas tomas deben de usarse para cada riego que se aplique.
6. Para facilitar el manejo del agua y evitar el uso de mangueras plásticas muy largas, se recomienda hacer dos tomas de riego que permitan regar dos bloques cada uno, es decir, hacia ambos lados.

9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUA; SU aprovechamiento en la agricultura. Traducido por J. - Meza Nieto. México, Editorial Herrero, 1966. pp. 370-407.
2. ANDERLINI, R. El cultivo del tomate. Traducido por José López Palazón. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa, 1970. 207 p.
3. BARILLAS K., E. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en el valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 69 p.
4. BLACK, C.A. Relaciones suelo-planta. Traducido por Armando -- Rabuffeti y Susana Darre. Argentina, Editorial Hemisferio - Sur, 1975. pp. 75-157.
5. CASSERES, E. Producción de hortalizas. México, Editorial Herre -- ro, 1971. pp. 23-64.
6. DETERMINACION DEL suelo consuntivo por el método gravimétrico; - aplicación del método racional para el cálculo de uso con--- suntivo. Guatemala. Dirección General de Servicios Agríco-- las. Apuntes Técnicos No. 12. 1979. 16 p.
7. DOOREMBOS, J. y PRUITT, W. O. Las necesidades de agua de los - cultivos. F.A.O. Riego y Drenaje No. 24. 1976. 194 p.
8. ----- y KASSAM, A. H. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. F.A.O. Riego y Drenajes No. 33. 1979. - 212 p.
9. FARRINGTON, W. y PORRES G., O. Proyecto de irrigación del valle de La Fragua. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1964. - pp. 1-33.
10. FERSINI, A. Horticultura práctica. Traducido por Fernando Ro-- dríguez de Padilla. México, Editorial Diana, 1976. pp. - 116-124 y 470-487.
11. GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua y re-- querimientos de riego con fines de formulación y diseño de - proyectos; criterios y procedimientos. C.I.D.I.A.T. Texto No. RD-8. 1975. 88 p.
12. ----- Aspectos metodológicos para la determinación experi-- mental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. - C.I.D.I.A.T. Material Didáctico No. RD-26. 1978. 107 p.
13. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Proyecto de riego La Fragua. Guatemala, 1970. s.p.

14. ----- . Cultivo del tomate. Guatemala, s.f. 18 p.
15. INFLUENCIA DE los factores del suelo sobre las necesidades de -
agua de los cultivos. México. Secretaría de Recursos Hi--
dráulicos, Dirección General de Distritos de Riego. Memo--
randum Técnico No. 266. 1969. 17 p.
16. INFLUENCIA DE los factores del clima sobre las necesidades de -
agua de los cultivos. México. Secretaría de Recursos Hi--
dráulicos, Dirección General de Distritos de Riego. Memo--
randum Técnico No. 267. 1969. 31 p.
17. ISRAEL. UNIVERSIDAD HEBREA DE JERUSALEM. FACULTAD DE AGRICUL--
TURA. Técnicas y métodos para el uso eficiente del agua en
la agricultura. México, Centro Regional de Ayuda Técnica,
1975. pp. 1-9.
18. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. E. Principios y aplicaciones del
riego. Traducido por Alberto García Palacios. Barcelona,
España, Editorial Reverté, 1979. pp. 154-179 y 224-276.
19. KRAMER, J. P. Relaciones hídricas de suelos y plantas; una --
síntesis moderna. México, Edutex, 1974. pp. 62-116 y --
336-392.
20. LEON GALLEGOS, H. y AROSEMENA, M. El cultivo de tomate -para -
consumo en fresco- en el valle de Culiacán. México. ---
INIA-SARH. 1980. 184 p.
21. MINERA B., A. A. Comparación de métodos para pronosticar evapo
transpiración en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, -
Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 88
p.
22. MORTENSEN, E. y BULLARD, E. Horticultura tropical y sub-tropi-
cal. Traducido por José Meza Falliner. México, Editorial
Pax, 1971. pp. 105-107.
23. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. Traducido por Emilio Avila
de la Torre. México, Editorial Diana, 1972. 99 p.
24. RODRIGUEZ Z., C. Instructivo para el manejo y reporte de expe-
rimentos agrícolas bajo condiciones de riego. México. Se-
cretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección Geenal de Dis-
tritos de Riego. Memorandum Técnico No. 380. 1978. 111 -
p.
25. ROE, H. B. Moisture requirements in agriculture; farm irriga--
tion. EE. UU., McGraw-Hill, 1950. pp. 7-32 y 133-179.
26. SOBERANIS L., J. L. Efecto de la frecuencia y medición de la -
evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum) en -
la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Gua
temala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía,
1983. 64 p.

27. THORNE, D. W. and PETERSON, H. B. Irrigated soils; their fertility and management. EE. UU., The Blakiston Company, 1954. pp. 28-55 y 155-166.
28. WITHERS, D. W. y VIPOND, S. El riego; diseño y práctica. Traducido por Agustín Contin. México, Editorial Diana, 1979. pp. 41-127.



10. APENDICE

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

Trata- miento	Repeticiones				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
A	42.3	46.0	50.4	36.1	174.8	43.7
B	28.8	40.9	40.6	44.8	155.1	38.8
C	32.8	40.1	38.7	38.3	149.9	37.5
D	38.0	40.4	40.3	36.4	155.1	38.8
E	21.2	34.9	39.3	26.1	121.5	30.4
TOTAL	163.1	202.3	209.3	181.7	756.4	

CUADRO 2.
ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	262.60	87.53	4.46 (*)	3.49
Tratamientos	4	367.78	91.94	4.68 (*)	3.26
Error	12	235.67	19.64		
Total	19	866.05			

CUADRO 3.
PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO.

Tratamiento	Media (TM/Ha)
A	43.7
B	38.8
D	38.8
C	37.5
E	30.4

CUADRO 4.
RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR PARCELA POR TRATAMIENTO Y REPETICION.

Tratamiento	Repeticiones				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
A	3,036	3,172	3,412	2,635	12,255	3,064
B	2,130	2,953	2,948	3,300	11,331	2,833
C	2,345	2,944	2,741	2,865	10,895	2,724
D	2,558	2,830	2,829	2,484	10,701	2,675
E	1,635	2,414	2,839	1,893	8,781	2,195
TOTAL	11,704	14,313	14,769	13,177	53,963	

CUADRO 5.
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE FRUTOS COMERCIALES/PARCELA.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	1.12018×10^6	373,392.0	4.02 (*)	3.49
Tratamientos	4	1.62347×10^6	405,868.0	4.37 (*)	3.26
Error	12	1.11496×10^6	92,913.3		
Total	19	3.85861×10^6			

CUADRO 6.
PRUEBA DE TUKEY PARA NFC/PARCELA.

Tratamiento	No. Frutos
A	3,064
B	2,833 I
C	2,724 I I
D	2,675 I
E	2,195

CUADRO 7.

RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE FRUTOS NO COMERCIALES POR PARCELA POR TRATAMIENTO Y REPETICION.

Trata- miento	Repeticiones				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
A	375	378	445	402	1,600	400
B	286	391	550	511	1,738	435
C	237	312	294	385	1,228	307
D	235	344	235	275	1,089	272
E	134	214	271	218	837	209
TOTAL	1,267	1,639	1,795	1,791	6,492	

CUADRO 8.

ANALISIS DE VARIANZA PARA NFNC/PARCELA.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Pc	Pt .05
Repeticiones	3	36,960.0	12,320.0	3.89 (*)	3.49
Tratamientos	4	136,476.0	34,119.1	10.78 (*)	3.26
Error	12	37,998.5	3,166.5		
Total	19	211,435.0			

CUADRO 9.

PRUEBA DE TUKEY PARA NFNC/PARCELA.

Tratamiento	No. Frutos
B	435 I
A	400 I I
C	307 I I
D	272 I I
E	209 I I

CUADRO 10.
RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS FINALES POR
PARCELA POR TRATAMIENTO Y REPETICION.

Trata- miento	Repeticiones				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
A	212	217	220	201	850	213
B	202	203	195	209	809	202
C	208	207	205	201	821	205
D	216	207	213	217	853	213
E	174	205	223	184	786	197
TOTAL	1,012	1,039	1,056	1,012	4,119	

CUADRO 11.
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE PLANTAS VIVAS FINALES.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	281.00	93.67	0.72(NS)	3.49
Tratamientos	4	798.75	199.69	1.15(NS)	3.26
Error	12	1,553.25	129.44		
Total	19	2,633.00			

CUADRO 12.
RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS MUERTAS DURANTE EL
CICLO POR PARCELA POR TRATAMIENTO Y REPETICION.

Trata- miento	Repeticiones				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
A	18	20	7	5	50	13
B	29	25	20	17	91	23
C	15	17	15	11	58	15
D	14	29	10	11	64	16
E	41	22	12	22	97	24
TOTAL	117	113	64	66	360	

CUADRO 13.
ANALISIS DE VARIANZA PARA No. DE PLANTAS MUERTAS EN EL CICLO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	502.00	167.33	4.47 (*)	3.49
Tratamientos	4	432.50	108.13	2.87(NS)	3.26
Error	12	449.50	37.46		
Total	19	1,384.00			

CUADRO 14.

RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD.
TRATAMIENTO A.

Repeticion	Brix	% Acidez	Consistencia	PH
I	4.2	0.49	13.9	3.88
II	3.9	0.41	13.5	3.82
III	4.1	0.48	13.3	3.89
IV	4.5	0.43	13.0	3.86
MEDIA	4.2	0.45	13.4	3.86

CUADRO 15.

RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD.
TRATAMIENTO B.

Repetición	Brix	% Acidez	Consistencia	PH
I	3.8	0.43	14.8	3.94
II	3.7	0.41	12.1	3.87
III	4.2	0.49	14.4	3.89
IV	3.7	0.41	14.1	3.92
MEDIA	3.9	0.44	13.9	3.91

CUADRO 16.
RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD.
TRATAMIENTO C.

Repetición	Brix	% Acidez	Consistencia	PH
I	4.1	0.41	13.2	3.87
II	4.8	0.44	12.2	3.85
III	4.4	0.40	12.7	3.87
IV	4.3	0.44	13.2	3.89
MEDIA	4.4	0.42	12.8	3.87

CUADRO 17.
RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD.
TRATAMIENTO D.

Repetición	Brix	% Acidez	Consistencia	PH
I	4.3	0.34	12.5	3.92
II	4.5	0.41	12.4	3.85
III	4.5	0.42	12.4	3.84
IV	4.2	0.43	13.4	3.88
MEDIA	4.4	0.40	12.7	3.87

CUADRO 18.
RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD.
TRATAMIENTO E.

Repetición	Brix	% Acidez	Consistencia	PH
I	4.8	0.47	12.2	3.82
II	4.7	0.44	12.7	3.80
III	4.7	0.39	10.4	3.80
IV	4.5	0.40	11.8	3.88
MEDIA	4.7	0.43	11.8	3.83

CUADRO 19.
ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRUX.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	0.0695	0.0232	0.42(NS)	3.49
Tratamientos	4	1.4970	0.3743	6.78 (*)	3.26
Error	12	0.6629	0.0552		
Total	19	2.2295			

CUADRO 20.
ANALISIS DE VARIANZA PARA % DE ACIDEZ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	0.0007	0.0002	0.14(NS)	3.49
Tratamientos	4	0.0059	0.0015	0.95(NS)	3.26
Error	12	0.0185	0.0015		
Total	19	0.0250			

CUADRO 21.
ANALISIS DE VARIANZA PARA CONSISTENCIA.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	1.9312	0.6437	1.08(NS)	3.49
Tratamientos	4	9.9998	2.4999	4.20 (*)	3.26
Error	12	7.1487	0.5957		
Total	19	19.0796			

CUADRO 22.
ANALISIS DE VARIANZA PARA PH.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft .05
Repeticiones	3	0.0082	0.0027	5.01 (*)	3.49
Tratamientos	4	0.0131	0.0033	5.97 (*)	3.26
Error	12	0.0066	0.0005		
Total	19	0.0278			

CUADRO 23.
MEDIAS ORDENADAS Y PRUE-
BA DE TUKEY PARA GRADOS
BRIX.

Trata- miento	Media
E	4.7
D	4.4
C	4.4
A	4.2
B	3.9

CUADRO 24.
MEDIAS ORDENADAS PARA
% DE ACIDEZ.

Trata- miento	Media
A	0.45
B	0.44
E	0.43
C	0.42
D	0.40

CUADRO 25.
MEDIAS ORDENADAS Y PRUE-
BA DE TUKEY PARA CONSIS-
TENCIA.

Trata- miento	Media
B	13.9
A	13.4
C	12.8
D	12.7
E	11.8

CUADRO 26.
MEDIAS ORDENADAS Y PRUEBA
DE TUKEY PARA PH.

Trata- miento	Media
B	3.91
C	3.87
D	3.87
A	3.86
E	3.83

CUADRO 27.

CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA. TRATAMIENTO A.

Estrato (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)				Dife- ren- cia %	Consumo entre mue- stros (cm)	(1) Ajuste (cm)	Lámina total consumida (cm)
	Después riego		Antes riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	5	30.12	10	28.29	1.83	0.77	0.46	1.23
30-60	Dic. 83	28.17	Dic. 83	28.26	0.00	0.00	0.00	0.00
0-30	13	29.81	18	27.40	2.41	1.01	0.61	1.62
30-60	Dic. 83	29.06	Dic. 83	28.00	1.53	0.64	0.39	1.03
0-30	21	28.73	26	25.98	2.75	1.16	0.69	1.85
30-60	Dic. 83	27.64	Dic. 83	26.99	0.65	0.27	0.17	0.44
0-30	29	29.17	3	24.78	4.39	1.84	1.11	2.95
30-60	Dic. 83	28.28	Ene. 84	26.15	2.13	0.90	0.54	1.43
0-30	6	29.98	11	25.42	4.56	1.92	1.15	3.06
30-60	Ene. 84	28.94	Ene. 84	26.80	2.14	0.90	0.54	1.44
0-30	14	30.60	19	26.69	3.92	1.64	0.99	2.63
30-60	Ene. 84	29.12	Ene. 84	27.38	1.74	0.73	0.44	1.17
0-30	22	29.74	27	26.46	3.28	1.38	0.83	2.20
30-60	Ene. 84	28.99	Ene. 84	27.79	1.20	0.50	0.30	0.81
0-30	30	30.76	4	26.45	4.32	1.81	1.09	2.90
30-60	Ene. 84	29.27	Feb. 84	27.38	1.89	0.79	0.48	1.27
0-30	7	29.80	14 *	24.60	5.20	2.18	1.31	3.49
30-60	Feb. 84	28.65	Feb. 84	25.24	3.41	1.43	0.86	2.29
0-30	14 *	24.60	21	20.69	3.91	1.64	----	1.64
30-60	Feb. 84	25.24	Feb. 84	22.93	2.31	0.97	----	0.97
Lámina parcial (cm)								34.42
Consumo riegos generales (cm)								2.46
Lámina total (cm)								36.88

(1) Ajuste: días no incluidos entre los muestreos.

* Control intermedio.

CUADRO 28.
CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA
LAMINA CONSUMIDA. TRATAMIENTO B.

Estrato (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)				Dife- ren- cia %	Consumo entre mues- treos (cm)	Ajuste (cm)	Lámina total consumida (cm)
	Después riego		Antes riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	5 Dic. 83	29.21	14 Dic. 83	26.93	2.28	0.96	0.32	1.28
30-60		27.77		26.16	1.61	0.68	0.23	0.90
0-30	17 Dic. 83	30.24	26 Dic. 83	23.87	6.37	2.68	0.89	3.57
30-60		29.16		25.21	3.95	1.66	0.55	2.21
0-30	29 Dic. 83	30.00	7 Ene. 84	23.01	6.99	2.94	0.98	3.91
30-60		28.85		24.63	4.22	1.77	0.59	2.36
0-30	10 Ene. 84	30.15	19 Ene. 84	24.71	5.44	2.29	0.76	3.05
30-60		28.49		25.12	3.37	1.42	0.47	1.89
0-30	22 Ene. 84	29.28	31 Ene. 84	24.25	5.03	2.11	0.70	2.82
30-60		27.89		24.92	2.97	1.25	0.42	1.66
0-30	3 Feb. 84	28.92	13 * Feb. 84	23.41	5.51	2.31	0.77	3.09
30-60		28.21		24.70	3.51	1.47	0.49	1.97
0-30	13 * Feb. 84	23.41	21 Feb. 84	20.05	3.36	1.41	----	1.41
30-60		24.70		21.77	2.93	1.23	----	1.23
Lámina parcial (cm)								31.44
Consumo riegos generales (cm)								2.46
Lámina total (cm)								33.90

* Control intermedio.

CUADRO 30.
CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA
CONSUMIDA. TRATAMIENTO D.

Es- tra- to (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)						Dife- rencia %		Consumo entre muestreos (cm)		Ajuste (cm)		Lámina total consumida (cm)	
	Después riego		Intermedio		Antes riego									
	Fe- cha	%	Fe- cha	%	Fe- cha	%	1 *	2 **	1	2	1	2	1	2
0-30	5	29.01	13	24.80	22	22.99	4.21	1.81	1.77	0.76	0.44	0.08	2.11	0.84
30-60	Dic. 83	28.48	Dic. 83	26.33	Dic. 83	24.66	2.15	1.67	0.90	0.70	0.23	0.08	1.13	0.78
0-30	25	30.35	2	24.53	11	21.46	5.82	3.07	2.44	1.29	0.61	0.14	3.06	1.44
30-60	Dic. 83	28.54	Ene. 84	25.76	Ene. 84	23.33	2.78	2.43	1.17	1.02	0.29	0.11	1.46	1.13
0-30	14	30.39	22	24.79	31	21.77	5.60	3.02	2.35	1.27	0.59	0.14	2.94	1.41
30-60	Ene. 84	29.55	Ene. 84	25.20	Ene. 84	23.64	4.35	1.56	1.83	0.66	0.46	0.07	2.28	0.73
0-30	3	30.17	13	23.91	21	20.29	6.26	3.62	2.63	1.52	0.66	0.17	3.29	1.69
30-60	Feb. 84	28.82	Feb. 84	24.71	Feb. 84	21.66	4.11	3.05	1.73	1.28	0.43	0.14	2.16	1.42
													18.43	9.44
Lámina parcial (cm)													27.87	
Consumo riegos generales (cm)													2.46	
Lámina total (cm)													30.33	

* 1: Desde después de riego hasta intermedio.
** 2: Desde intermedio hasta antes de riego.

CUADRO 31.
CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE CADA RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA
CONSUMIDA. TRATAMIENTO E.

Es- tra- to (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)						Diferen- cia %		Consumo entre muestreos (cm)		Ajuste (cm)		Lámina total consumida (cm)	
	Después riego		Intermedio		Antes riego									
	Fe- cha	%	Fe- cha	%	Fe- cha	%	1	2	1	2	1	2	1	2
0-30	5 Dic.	29.79	14 Dic.	25.17	26 Dic.	20.20	4.62	4.97	1.94	2.09	0.43	0.17	2.37	2.26
30-60	83	28.50	83	26.24	83	22.00	2.26	4.24	0.95	1.78	0.21	0.15	1.16	1.93
0-30	29 Dic.	30.11	7 Ene.	23.95	19 Ene.	19.03	6.16	4.92	2.59	2.07	0.58	0.17	3.16	2.24
30-60	83	29.06	84	24.89	84	21.83	4.17	3.06	1.75	1.28	0.39	0.11	2.14	1.39
0-30	22 Ene.	30.09	2 Feb.	23.49	21 Feb.	19.50	6.60	3.99	2.77	1.68	0.50	----	3.28	1.68
30-60	84	28.73	84	24.73	84	19.86	4.01	4.87	1.68	2.05	0.31	----	1.99	2.05
													14.10	11.55
Lámina parcial (cm)													25.65	
Consumo riegos generales (cm)													2.46	
Lámina total (cm)													28.11	

CUADRO 32.
CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL Y TOTAL POR EL
METODO DE BLANEY-CRIDDLE.

PERIODO: 15/11/83 A 21/2/84.

(1)	(2)	(3)							
Mes	Fracción quincenal	T °C	P %	$\frac{T+17.8}{21.8}$	f (1x2x3)	Kt	Kc	Et (f.Kt.Kc) (cm)	Et' (cm)
Nov.	1.13	26.5	3.88	2.03	8.90	1.07	0.43	4.09	3.76
Dic.	0.87	25.6	3.94	1.99	6.82	1.04	0.48	3.40	3.13
Dic.	1.06	25.0	3.94	1.96	8.19	1.03	0.73	6.16	5.67
Ene.	1.00	22.7	3.97	1.86	7.38	0.95	1.00	7.01	6.45
Ene.	1.06	25.5	3.97	1.97	8.29	1.04	0.98	8.45	7.78
Feb.	1.00	25.0	3.68	1.96	7.21	1.03	0.84	6.24	5.74
Feb.	0.40	26.9	3.68	2.05	3.02	1.09	0.77	2.53	2.33
					49.81			37.88	34.86

$$K=0.70$$

$$K/K' = \frac{0.70}{0.76} = 0.92$$

$$Et' = Et.K/K'$$

$$K' = \frac{37.88}{49.81} = 0.76$$

CUADRO 33.
CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL Y TOTAL POR EL
METODO DE HARGREAVES.

PERIODO: 15/11/83 A 21/2/84.

	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)		Correcciones		
Mes	Frac- ción quin- cenal	T °C	d	Hn	17.37(1.0 - 0.01Hn)	Kc	Et 1x2x3x4x5 (mm)	Viento (+)	Inso- lación (-)	Et corregi- da (cm)
Nov.	1.13	26.5	0.47	55.52	7.73	0.28	30.18	1.36	6.64	2.49
Dic.	0.87	25.6	0.47	52.50	8.25	0.71	61.32	3.92	13.18	5.21
Dic.	1.06	25.0	0.47	52.50	8.25	0.96	98.64	12.82	21.21	9.03
Ene.	1.00	22.7	0.48	49.56	8.76	1.00	95.45	11.84	21.48	8.58
Ene.	1.06	25.5	0.48	50.54	8.59	0.91	101.42	19.37	22.82	9.80
Feb.	1.00	25.0	0.44	51.52	8.42	0.57	52.79	12.14	8.58	5.64
Feb.	0.40	26.9	0.44	46.70	9.26	0.28	12.28	4.04	2.00	1.43
Total										42.18

CUADRO 34.
CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL Y TOTAL POR EL
METODO DE EVAPORACION DEL TANQUE A.

PERIODO: 15/11/83 A 21/2/84.

Mes	Fracción quincenal	Evapora- ción del tanque (cm)	(1) K	Etp (cm)	Kc		Et (cm)	
					Blaney- Criddle	Curva de Hansen	Con Kc de Blaney- Criddle	Con Kc de Curva de hansen
Nov.	1.13	9.65	0.75	7.24	0.43	0.28	3.11	2.03
Dic.	0.87	7.49	0.75	5.62	0.48	0.58	2.70	3.26
Dic.	1.06	8.61	0.75	6.46	0.73	0.84	4.72	5.43
Ene.	1.00	9.11	0.75	6.83	1.00	0.98	6.83	6.69
Ene.	1.06	10.73	0.65	6.97	0.98	0.98	6.83	6.83
Feb.	1.00	11.58	0.65	7.53	0.84	0.78	6.33	5.87
Feb.	0.40	3.58	0.60	2.15	0.77	0.52	1.66	1.12
		60.75	Total				32.18	31.23

(1) K es función de: velocidad del viento, humedad relativa y cobertura vegetal
alrededor del tanque.

CUADRO 35.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL Y TOTAL EN CM. TRATAMIENTOS,
BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION DEL TANQUE A.

Quincena-Mes	Tratamientos					Blaney-Criddle	Hargreaves	Ev. del tanque	
	A	B	C	D	E			S.C.S *	C.H. **
(1) II - Nov.	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	3.76	2.49	3.11	2.03
I - Dic.	2.88	2.66	3.38	3.73	4.18	3.13	5.21	2.70	3.26
II - Dic.	6.02	7.91	5.79	5.20	5.47	5.67	9.03	4.72	5.43
I - Ene.	8.05	6.95	6.47	5.11	5.61	6.45	8.58	6.83	6.69
II - Ene.	7.00	6.12	6.10	5.27	5.85	7.78	9.80	6.83	6.83
I - Feb.	8.52	5.84	6.74	6.33	3.50	5.74	5.64	6.33	5.87
II - Feb.	1.96	1.96	1.63	2.22	1.03	2.33	1.43	1.66	1.12
Total	36.89	33.90	32.57	30.32	28.10	34.86	42.18	32.18	31.23

(1) Consumo durante el período de riegos generales.

* Evapotranspiración real usando Kc de S.C.S.

** Evapotranspiración real usando Kc de Curva de Hansen.

CUADRO 36.

EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL ACUMULADA, EN CM. TRATAMIENTOS,
BLANEY-CRIDDLE, HARGREAVES Y EVAPORACION DEL TANQUE A.

Quincena-Mes	Tratamientos					Blaney-Criddle	Hargreaves	Ev. del tanque	
	A	B	C	D	E			S.C.S	C.H.
I - Dic.	2.88	2.66	3.38	3.73	4.18	3.13	5.21	2.70	3.26
II - Dic.	8.90	10.57	9.17	8.93	9.65	8.80	14.24	7.42	8.69
I - Ene.	16.95	17.52	15.64	14.04	15.26	15.25	22.82	14.25	15.38
II - Ene.	23.95	23.64	21.74	19.31	21.11	23.03	32.62	21.08	22.21
I - Feb.	32.47	29.48	28.48	25.64	24.61	28.77	38.26	27.41	28.08
II - Feb.	34.43	31.44	30.11	27.86	25.64	31.10	39.69	29.07	29.20
TOTAL *	36.89	33.90	32.57	30.32	28.10	34.86	42.18	32.18	31.23

* Incluye el consumo durante el período de riegos generales (2.46 cm), el cual no se tomó para las comparaciones.

CUADRO 37.
RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL DE LOS TRATAMIENTOS Y LA EVAPORACION QUINCENAL DEL TANQUE A.

Quincena	Evapora- ción del tanque (cm)	Tratamientos									
		A		B		C		D		E	
		Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev	Et (cm)	Et/Ev
II-Nov.*	9.65	2.46	0.25	2.46	0.25	2.46	0.25	2.46	0.25	2.46	0.25
I-Dic.	7.49	2.88	0.38	2.66	0.36	3.38	0.45	3.73	0.50	4.18	0.56
II-Dic.	8.61	6.02	0.70	7.91	0.92	5.79	0.67	5.20	0.60	5.47	0.64
I-Ene.	9.11	8.05	0.88	6.95	0.76	6.47	0.71	5.11	0.56	5.61	0.62
II-Ene.	10.73	7.00	0.65	6.12	0.57	6.10	0.57	5.27	0.49	5.85	0.55
I-Feb.	11.58	8.52	0.74	5.84	0.50	6.74	0.58	6.33	0.55	3.50	0.30
II-Feb.**	3.58	1.96	0.55	1.96	0.55	1.63	0.46	2.22	0.62	1.03	0.29
TOTAL	60.75	36.89	0.61	33.90	0.56	32.57	0.54	30.32	0.50	28.10	0.46

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

** Comprende sólo 6 días.

CUADRO 38.
RANGOS Y PROMEDIOS DE LA RELACION QUINCENAL
Et/Ev DE LOS TRATAMIENTOS A, B Y C.

Quincena	Relación Et/Ev	
	Rango	Promedio
* II-Nov.	0.25	0.25
I-Dic.	0.36 - 0.45	0.40
II-Dic.	0.67 - 0.92	0.76
I-Ene.	0.71 - 0.88	0.78
II-Ene.	0.57 - 0.65	0.60
I-Feb.	0.50 - 0.74	0.61
II-Feb.	0.46 - 0.55	0.52

* Período de riegos generales.

CUADRO 39.
COMPARACION DE MEDIAS O PRUEBA DE t ENTRE Et QUINCENAL DE LOS
TRATAMIENTOS VRS. FORMULAS.

Tratam.	Fórmula	tc	Tratam.	Fórmula	tc
A	Blaney-Criddle	1.02	D	Blaney-Criddle	1.10
	Hargreaves	0.94		Hargreaves	2.07
	Ev. tanque SCS	2.68		Ev. tanque SCS	0.43
	Ev. tanque CH	2.03		Ev. tanque CH	0.49
B	Blaney-Criddle	0.11	E	Blaney-Criddle	1.84
	Hargreaves	2.09		Hargreaves	4.06
	Ev. tanque SCS	0.68		Ev. tanque SCS	0.92
	Ev. tanque CH	0.78		Ev. tanque CH	1.27
C	Blaney-Criddle	0.44			
	Hargreaves	2.06			
	Ev. tanque SCS	0.63			
	Ev. tanque CH	0.64			

t tabulada al 0.05 = 2.57.

CUADRO 40.
COEFICIENTES DE CORRELACION (R) DE SEIS MODELOS.
TRATAMIENTO A VRS. FORMULAS.

Modelo	Coeficiente de correlación			
	B-C	Har.	Ev. SCS	Ev. CH
Lineal	0.87	0.70	0.93	0.93
Geométrico	0.91	0.73	0.88	0.96
Logarítmico	0.95	0.83	0.94	0.99
Cuadrático	0.94	0.97	0.98	0.97
Raíz cuadrada	0.93	0.96	0.98	0.97
Gamma	0.97	0.98	0.98	0.99

CUADRO 41.
COEFICIENTES DE CORRELACION (R) DE SEIS MODELOS.
TRATAMIENTO B VRS. FORMULAS.

Modelo	Coeficiente de correlación			
	B-C	Har.	Ev. SCS	Ev. CH
Lineal	0.86	0.87	0.81	0.87
Geométrico	0.91	0.83	0.86	0.85
Logarítmico	0.94	0.88	0.92	0.91
Cuadrático	0.97	0.88	0.98	0.98
Raíz cuadrada	0.98	0.91	0.99	0.98

CUADRO 42.
COEFICIENTES DE CORRELACION (R) DE SEIS MODELOS.
TRATAMIENTO C VRS. FORMULAS.

Modelo	Coeficiente de correlación			
	B-C	Har.	Ev. SCS	Ev. CH
Lineal	0.90	0.82	0.95	0.97
Geométrico	0.95	0.86	0.98	0.96
Logarítmico	0.94	0.92	0.97	0.99
Cuadrático	0.90	0.91	0.96	0.97
Raíz cuadrada	0.90	0.89	0.96	0.97
Gamma	0.95	0.97	0.98	0.99

CUADRO 43.
COEFICIENTES DE CORRELACION (R) DE SEIS MODELOS.
TRATAMIENTO D VRS. FORMULAS.

Modelo	Coeficiente de correlación			
	B-C	Har.	Ev. SCS	Ev. CH
Lineal	0.82	0.72	0.89	0.90
Geométrico	0.88	0.81	0.93	0.92
Logarítmico	0.90	0.88	0.94	0.96
Cuadrático	0.85	0.93	0.89	0.94
Raíz cuadrada	0.84	0.90	0.89	0.93
Gamma	0.90	0.98	0.94	0.98

CUADRO 44.
COEFICIENTES DE CORRELACION DE SEIS MODELOS.
TRATAMIENTO E VRS. FORMULAS.

Modelo	Coeficiente de correlación			
	B-C	Har.	Ev. SCS	Ev. CH
Lineal	0.81	0.98	0.73	0.86
Geométrico	0.84	0.98	0.80	0.90
Logarítmico	0.83	0.99	0.82	0.93
Cuadrático	0.83	0.98	0.73	0.86
Raíz cuadrada	0.82	0.98	0.74	0.87
Gamma	0.84	0.99	0.82	0.94

B-C: Blaney-Criddle.

Har.: Hargreaves.

Ev. SCS: Evaporación del tanque con Kc de Servicio de Conservación de Suelos.

Ev. CH: Evaporación del tanque con Kc de Curva de Hansen.

FIGURA 1.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL. TRATAMIENTO A Y FORMULAS.

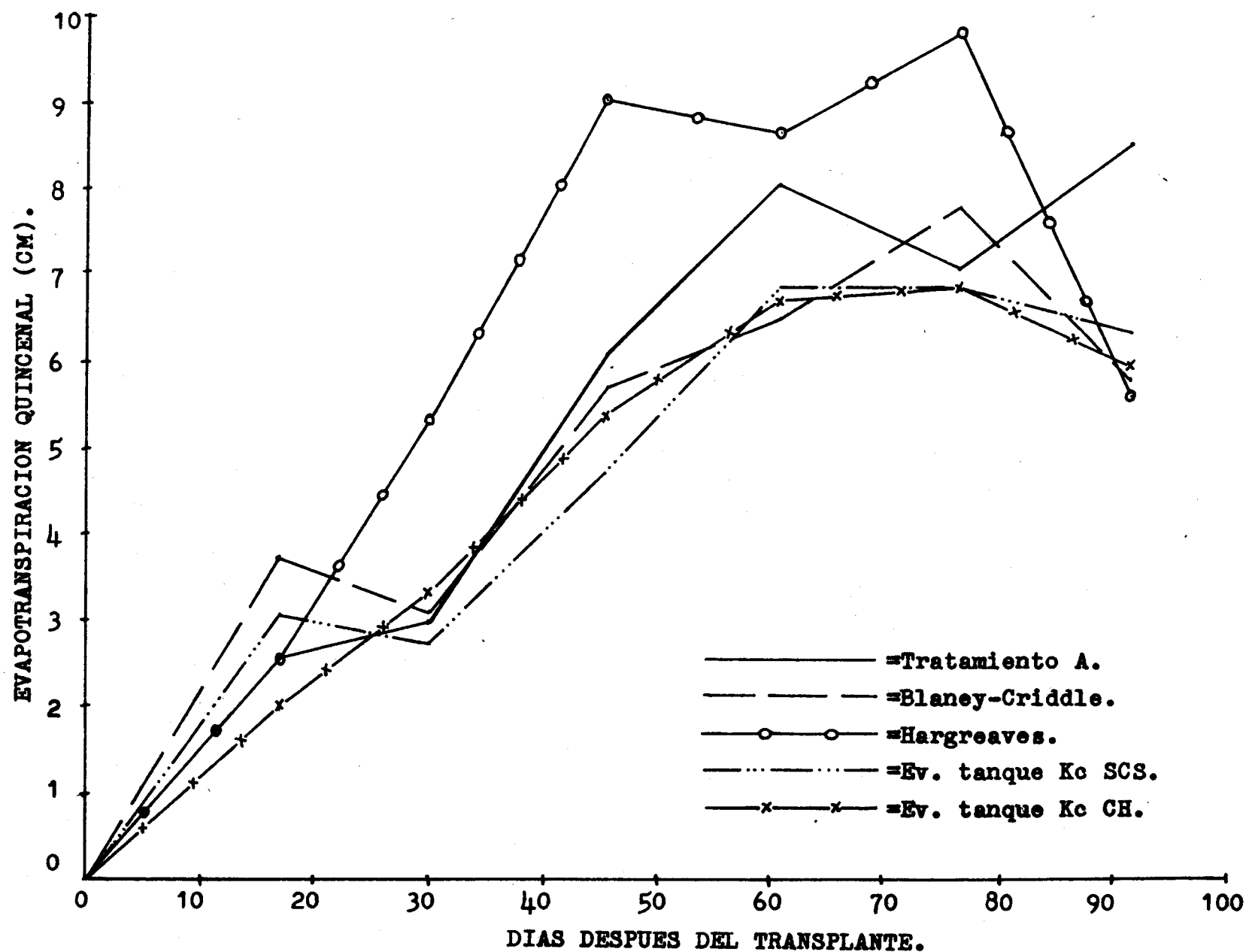


FIGURA 2.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL. TRATAMIENTO B Y FORMULAS.

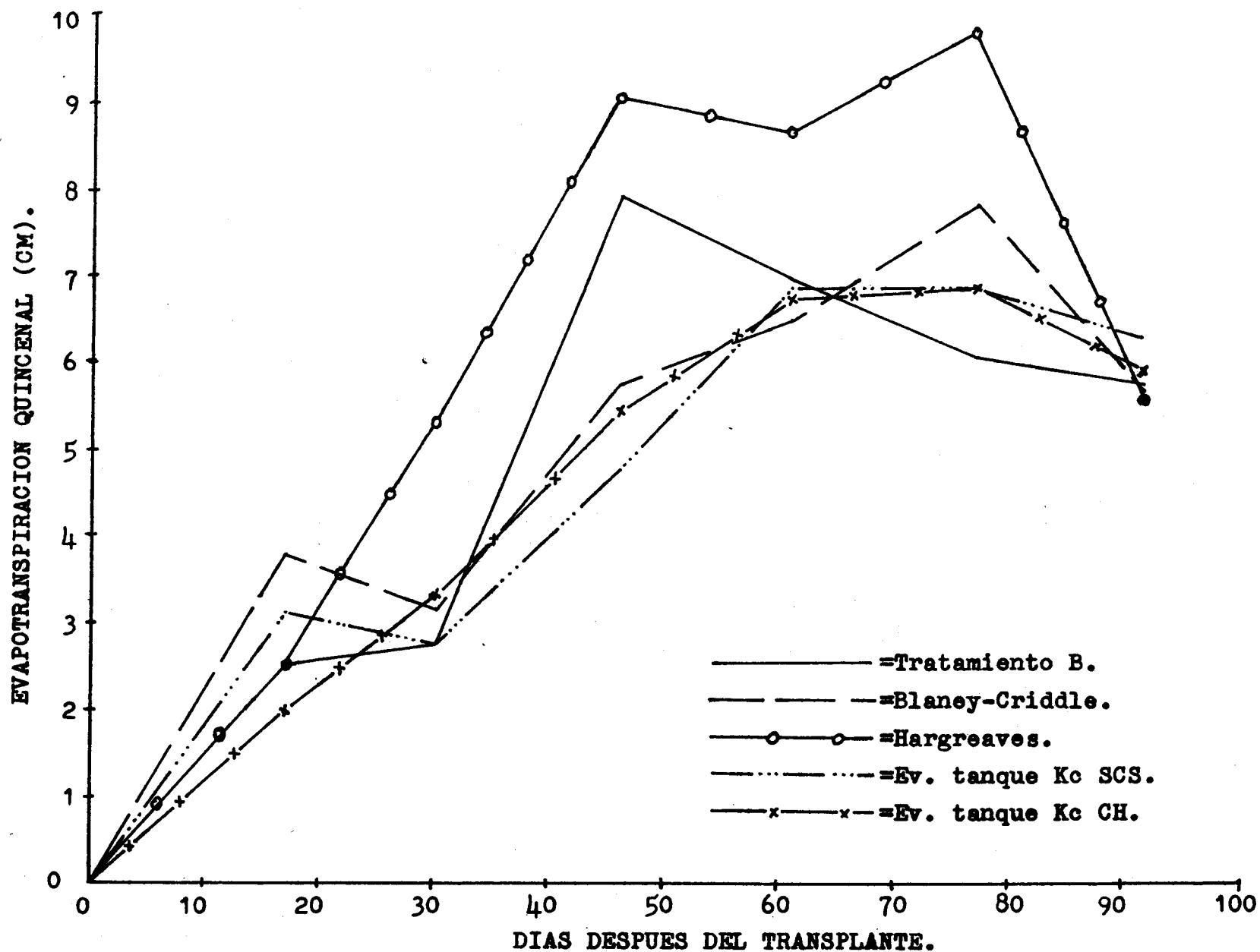


FIGURA 3.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL. TRATAMIENTO C Y FORMULAS.

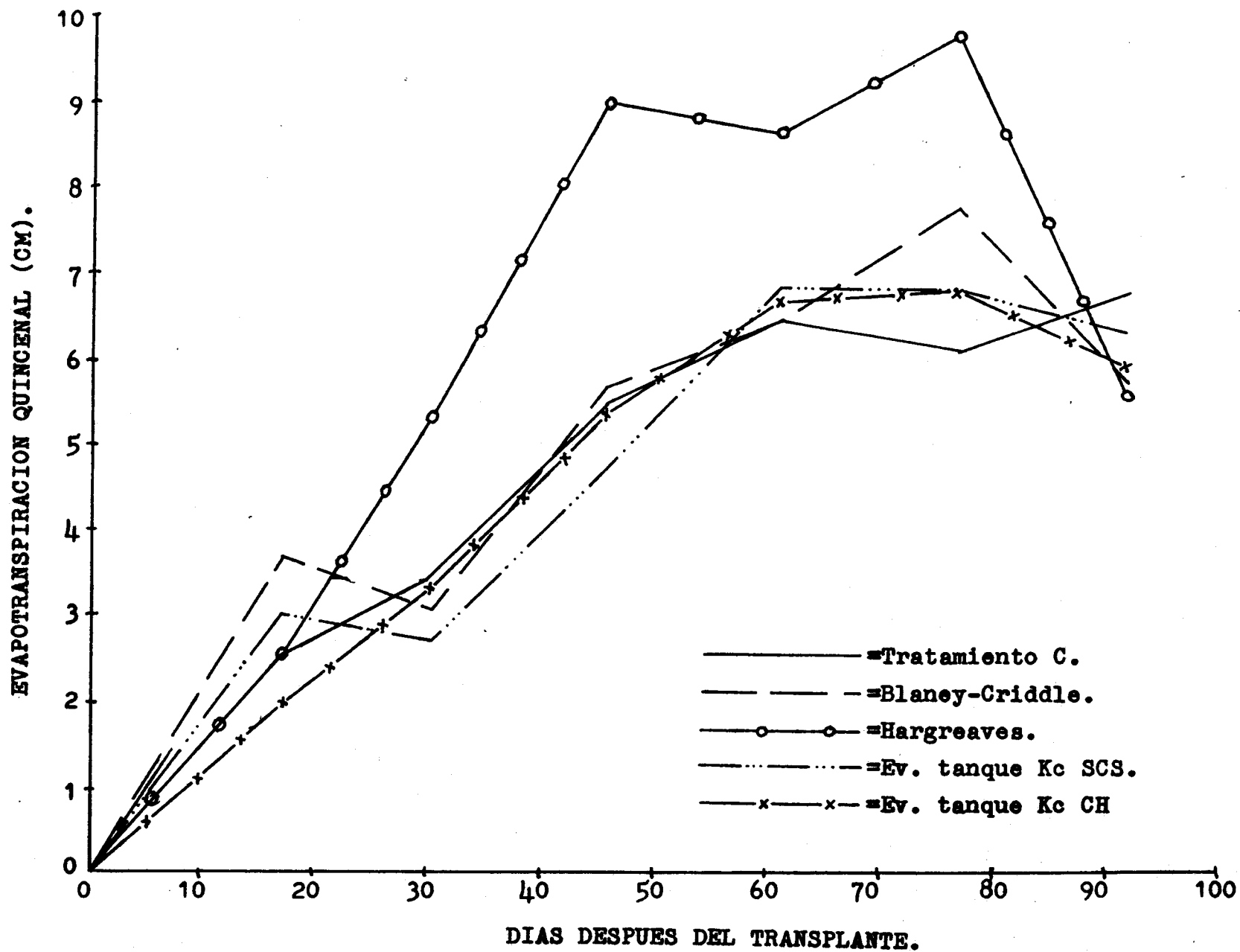


FIGURA 4.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL. TRATAMIENTO D Y FORMULAS.

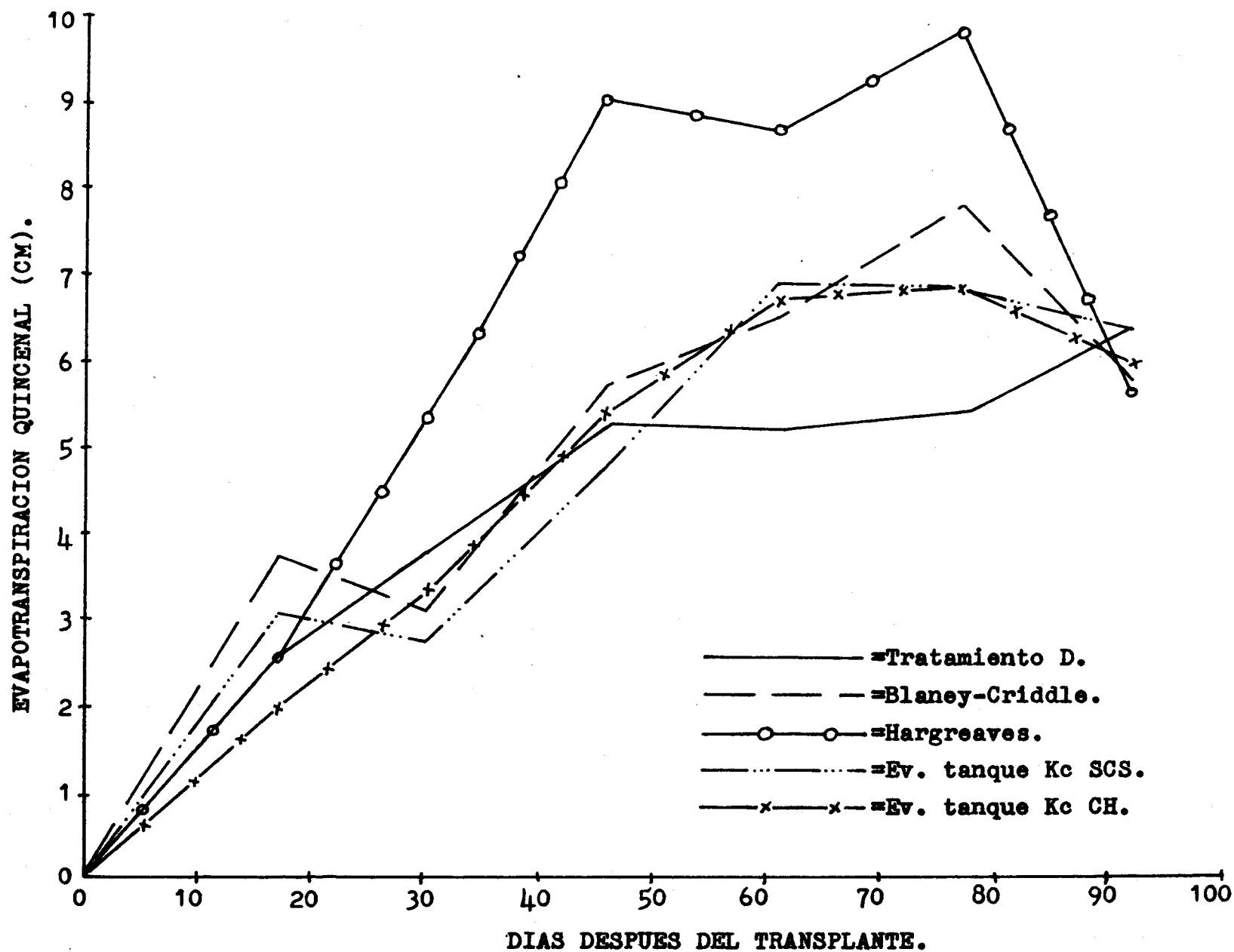


FIGURA 5.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL. TRATAMIENTO E Y FORMULAS.

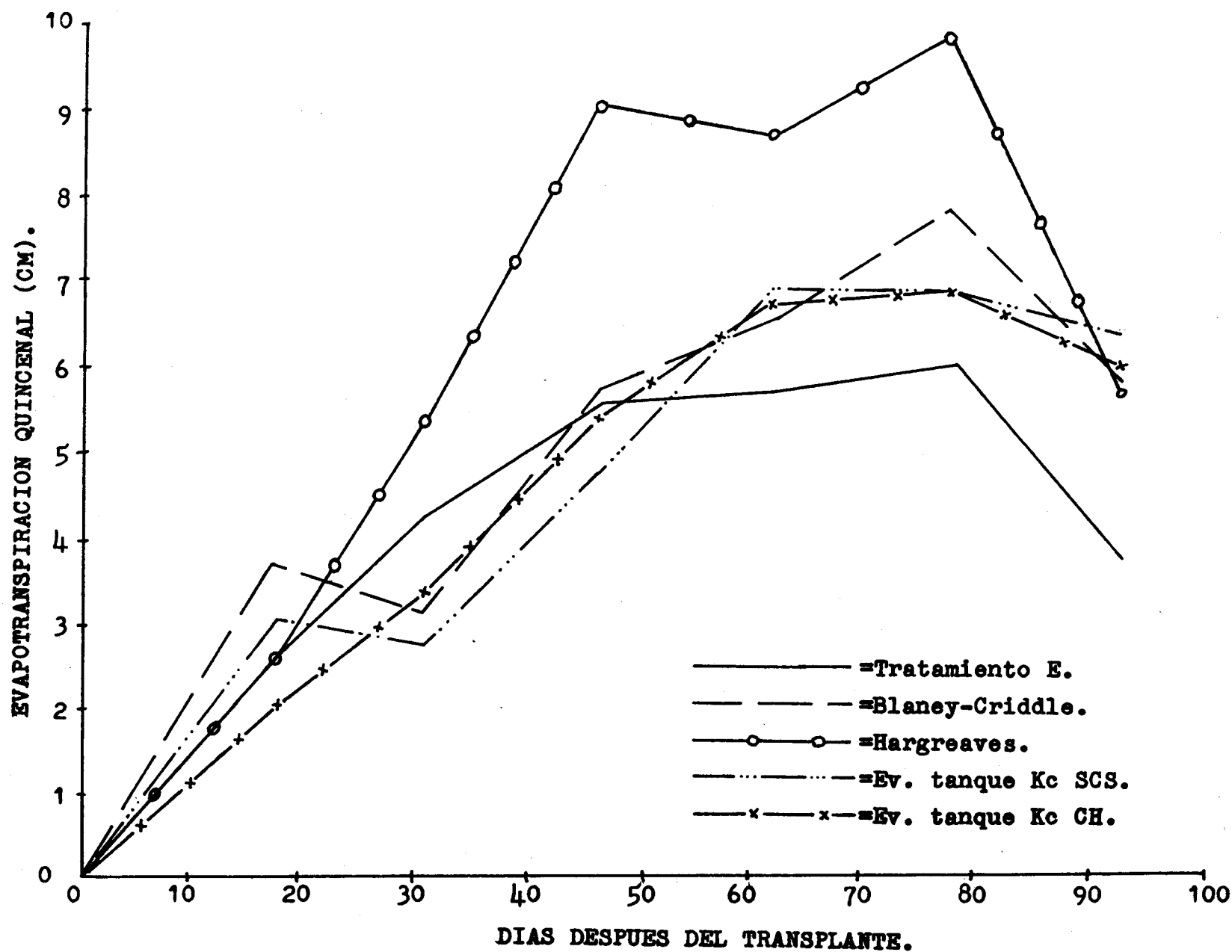


FIGURA 6.
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL DE LOS CINCO TRATAMIENTOS
Y EVAPORACION QUINCENAL DEL TANQUE A.

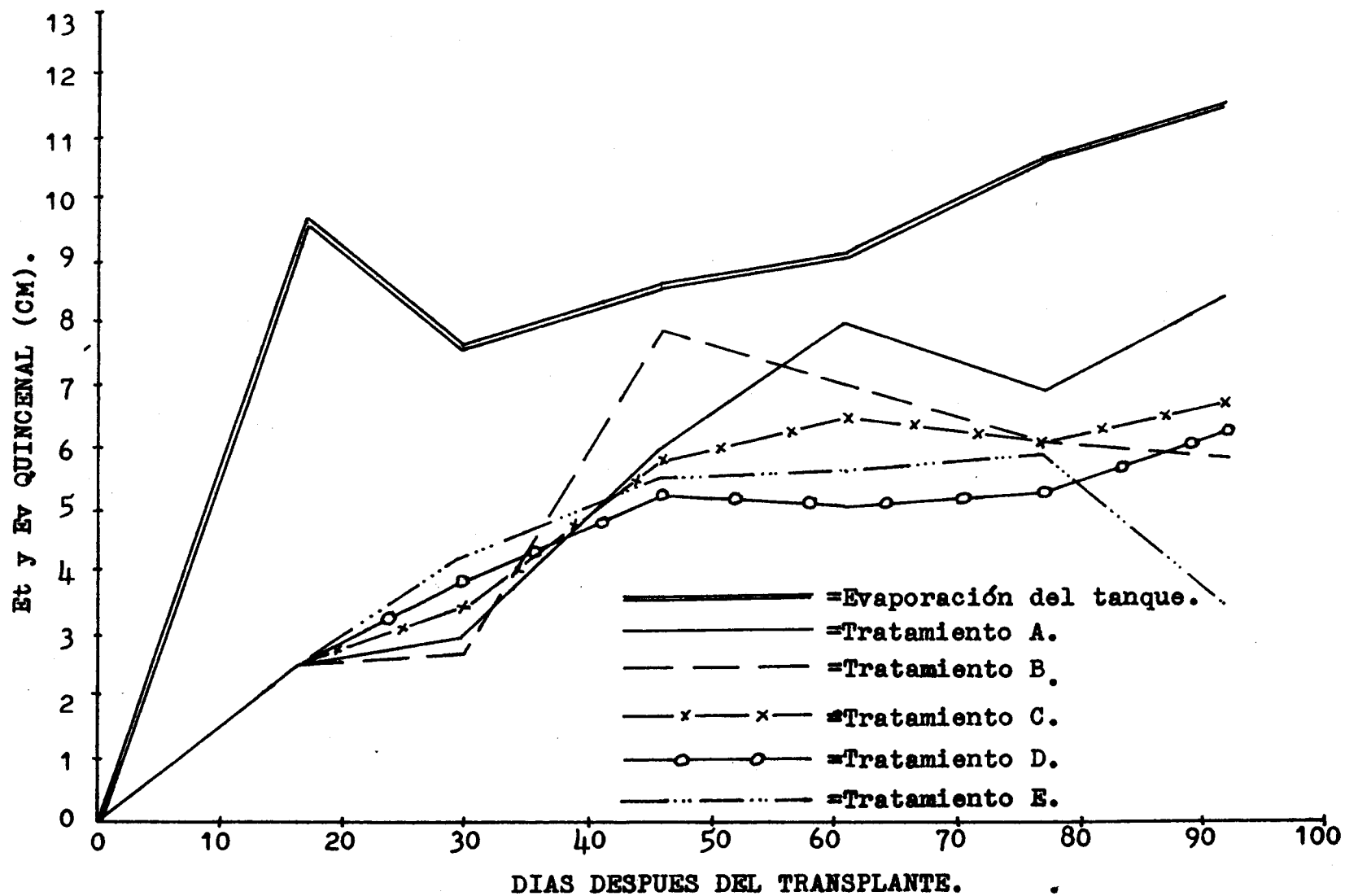


FIGURA 7.
RELACION QUINCENAL ENTRE EVAPOTRANSPIRACION Y EVAPORACION DEL TANQUE
DE LOS TRATAMIENTOS A, B Y C Y PROMEDIO DE LOS TRES.

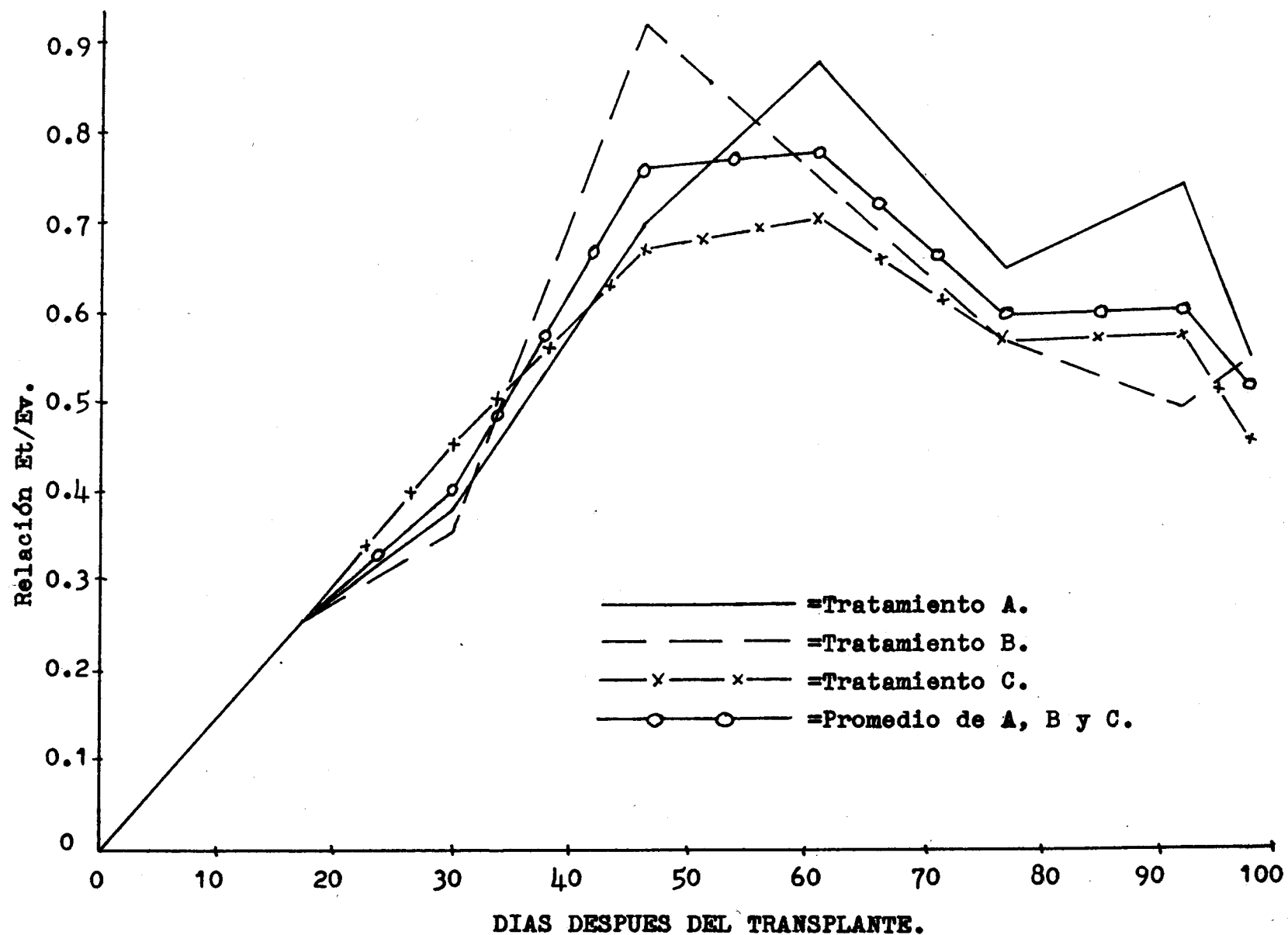


FIGURA 8.
CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO A.

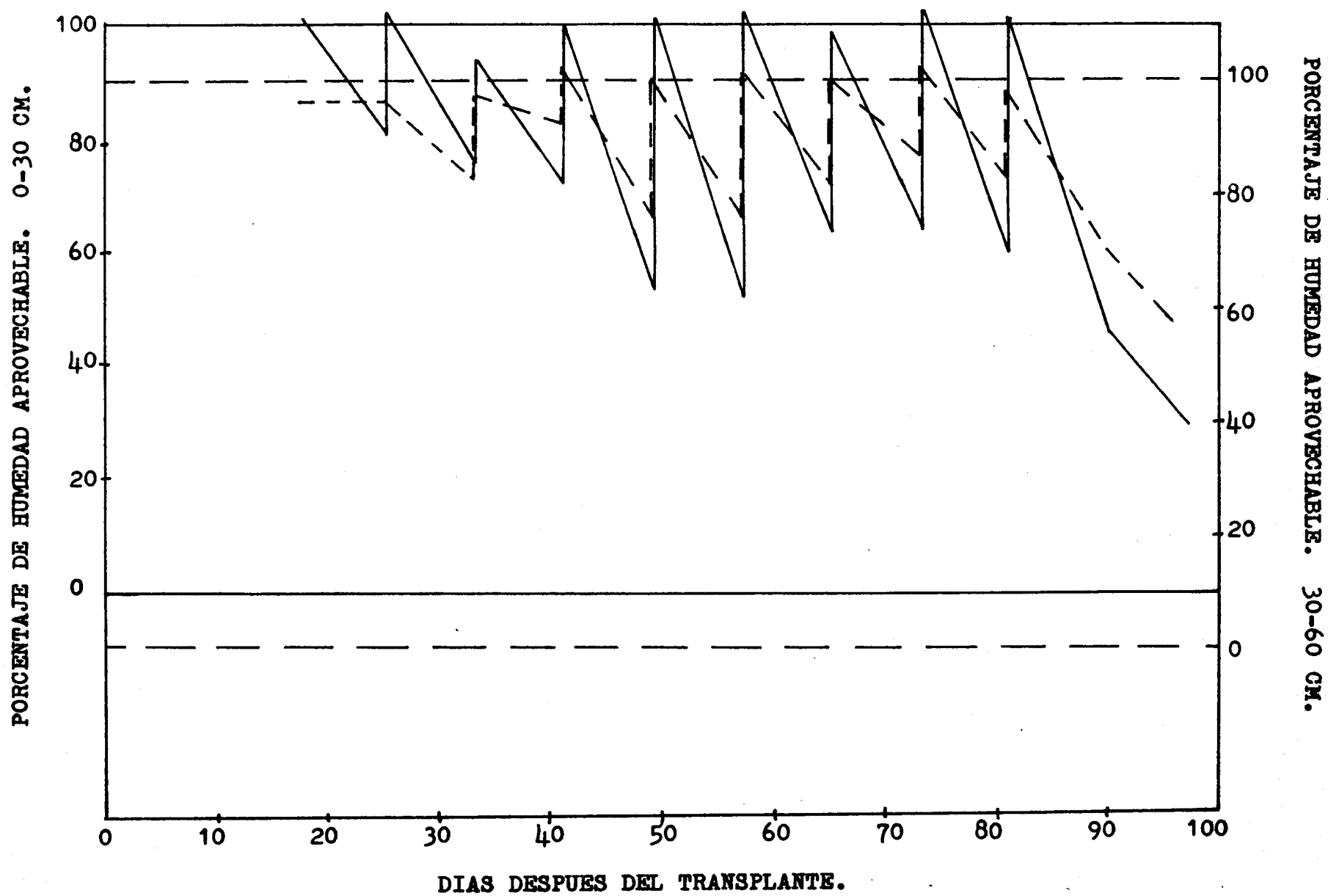


FIGURA 9.
CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO B.

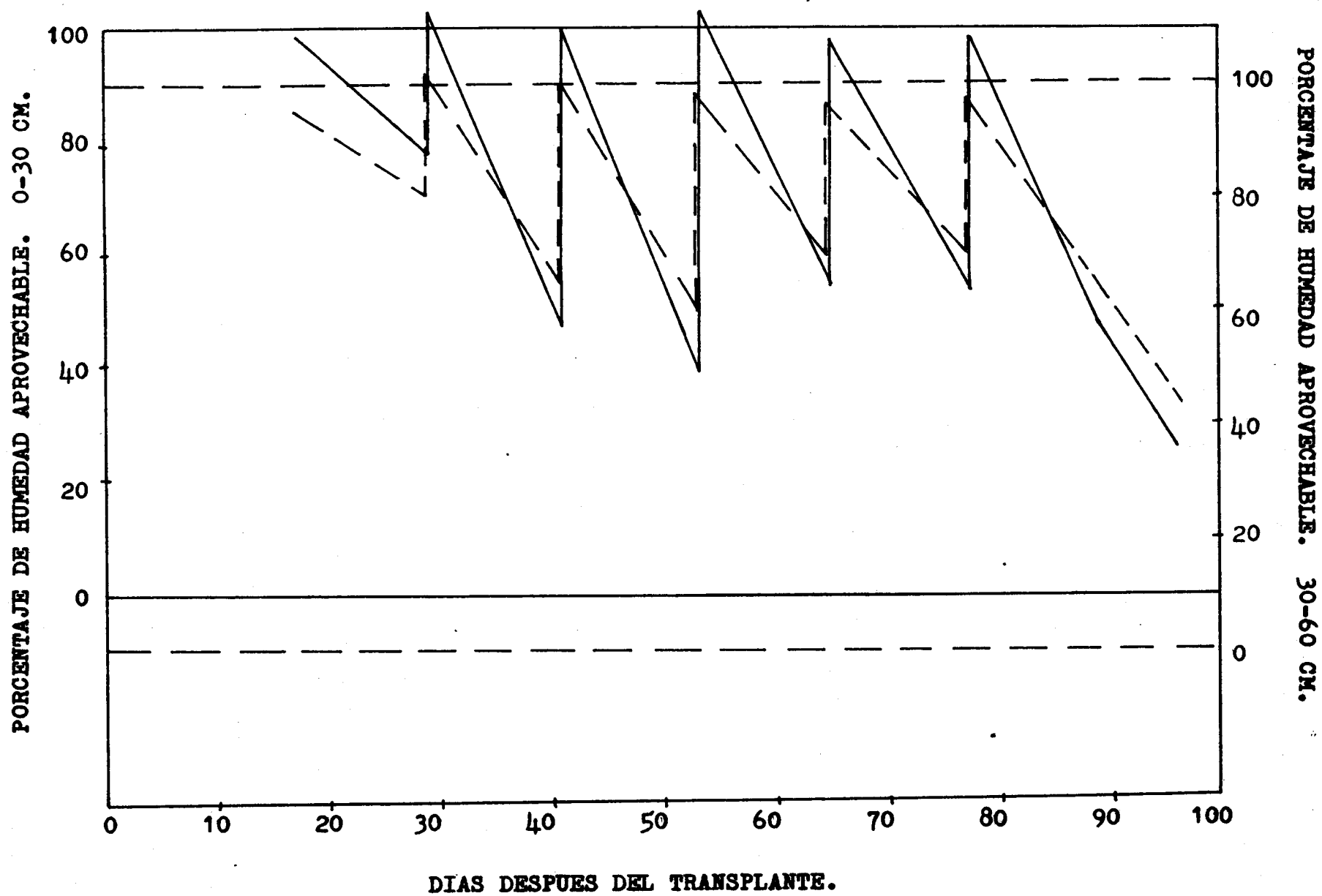


FIGURA 10.
CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO C.

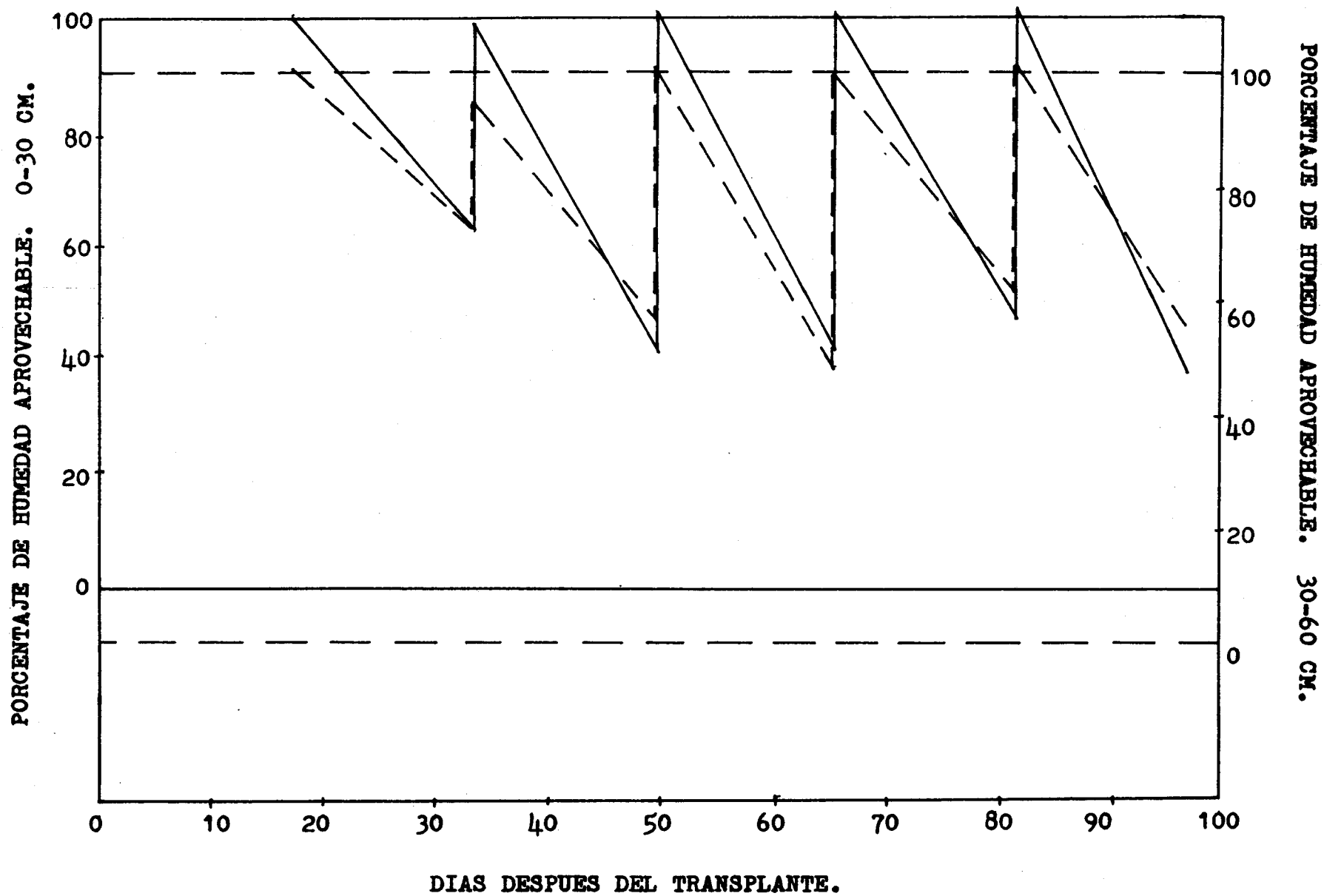


FIGURA 11.
CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO D.

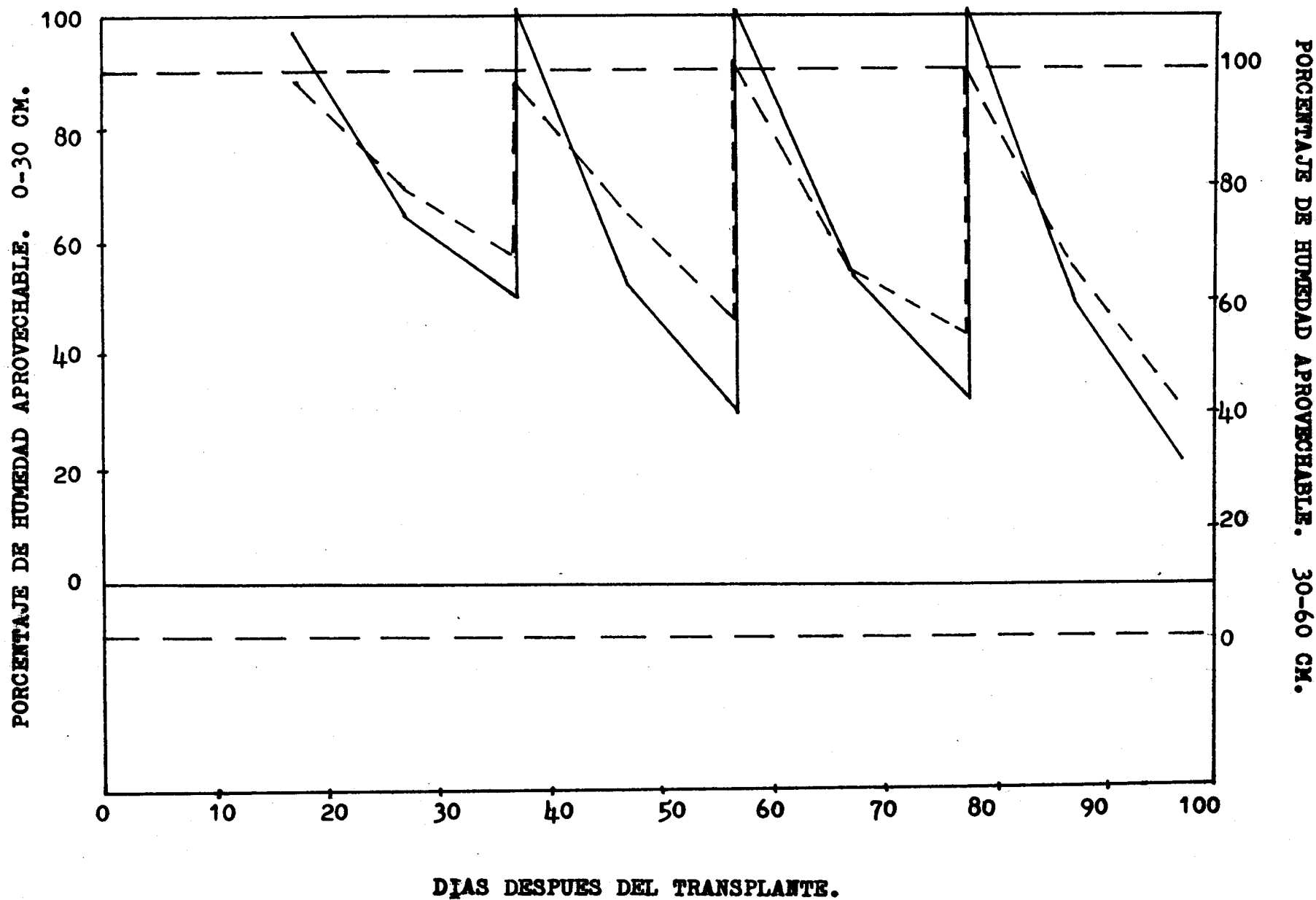


FIGURA 12.
CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO E.

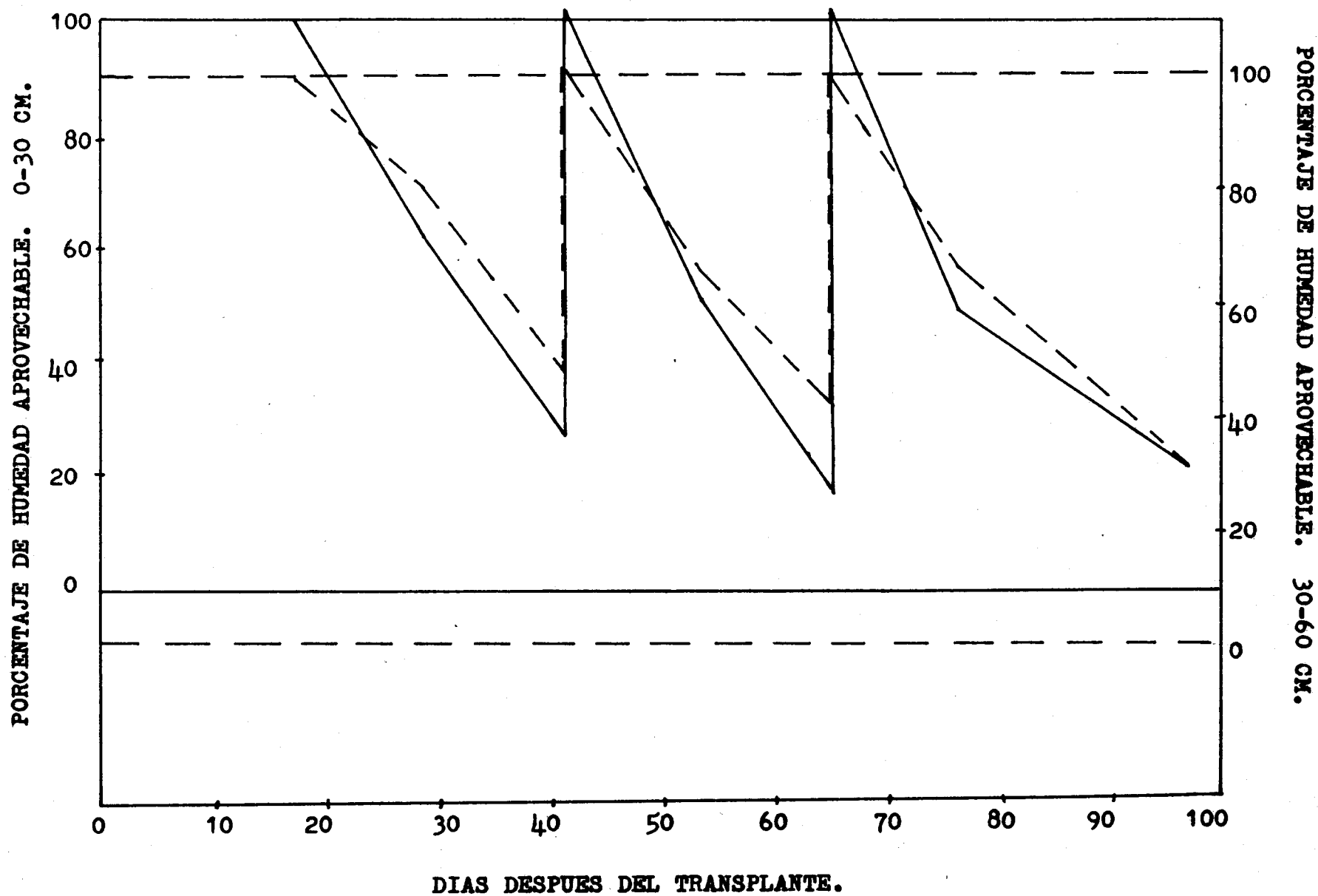
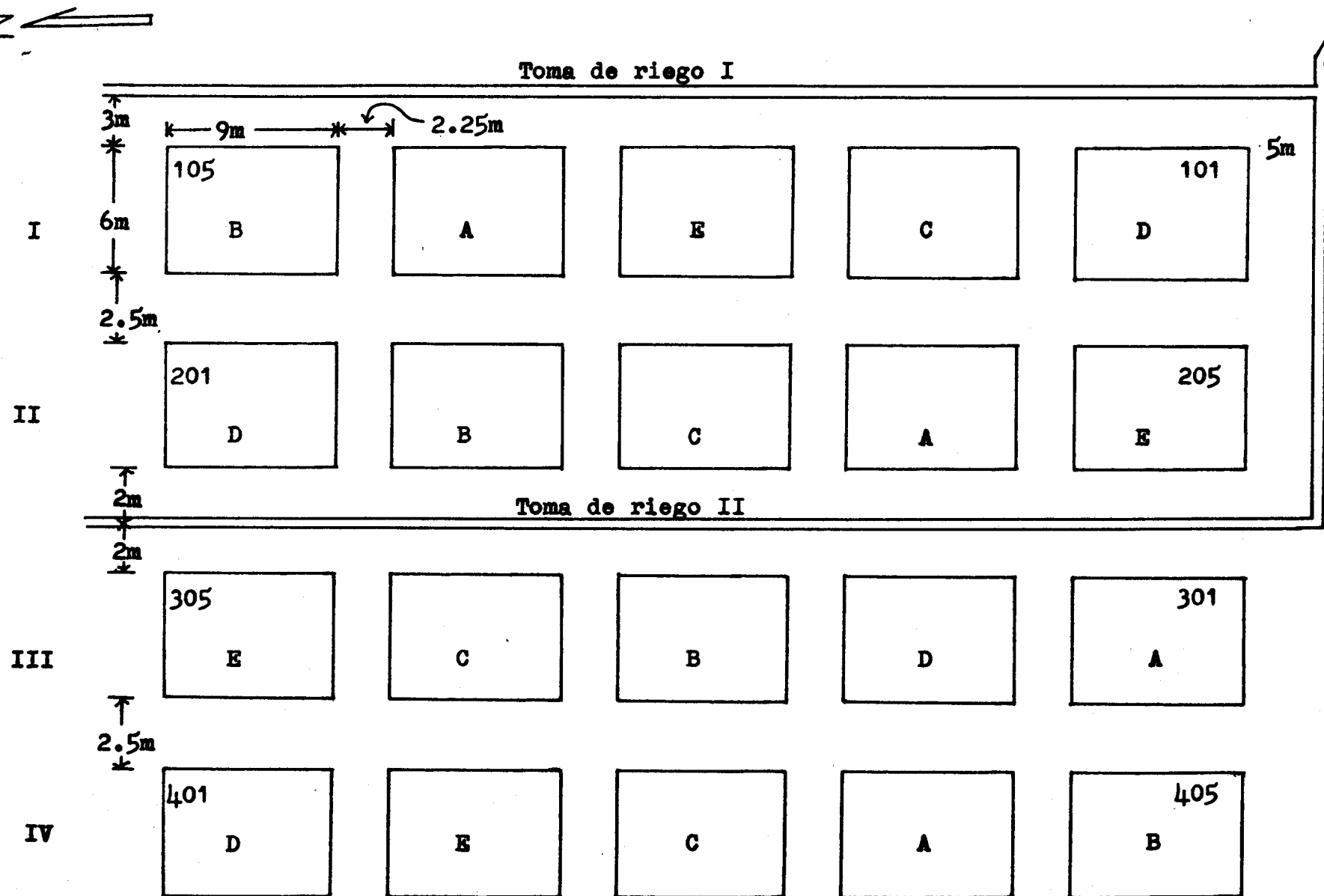


FIGURA 13.
PLANO DEL LOTE EXPERIMENTAL Y DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS POR REPETICION.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1846

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

"IMPRIMASE"

~~ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.~~
~~DECANO~~
~~UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA~~

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

