

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO EN LOS RENDIMIENTOS DE TOMATE (Lycopersicon
esculentum), DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO Y
VERIFICACION DE LA ADAPTABILIDAD DE FORMULAS EMPIRICAS
PARA ESTIMACION DE EVAPOTRANSPIRACION EN EL OASIS,
LA FRAGUA, ZACAPA.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

POR

FRANCISCO JAVIER ANDRINO ALVAREZ

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, FEBRERO DE 1985.

D.L.
01
T(791)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	DOCTOR ANTONIO A. SANDOVAL S.
EXAMINADOR	ING. AGR. MANUEL MARTINEZ
EXAMINADOR	ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ G.
EXAMINADOR	ING. AGR. BALDEMAR PORTILLO M.
SECRETARIO	ING. AGR. CARLOS R. FERNANDEZ P.



Referencia	IA-002-85
Asunto	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1648

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Guatemala,
14 de Enero de 1985.

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

Respetable Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que de acuerdo a la designación de esa decanatura, he procedido a asesorar, supervisar y revisar el trabajo de tesis titulado: E-FECTO EN LOS RENDIMIENTOS DE TOMATE (Lycopersicon esculentum) DE 5 FRECUENCIAS DE RIEGO Y VERIFICACION DE LA ADAPTABILIDAD DE FORMULAS EMPIRICAS PARA ESTIMACION DE EVAPOTRANSPIRACION, EN EL OASIS, LA FRAGUA, ZACAPA, realizada por el Br. Francisco - Javier Andrino Alvarez, como requisito para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Me permito informarle que he encontrado el trabajo enteramente satisfactorio, por lo que llena los requisitos académicos para ser aprobado como Tesis de Grado.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. César Cisneros
A S E S O R

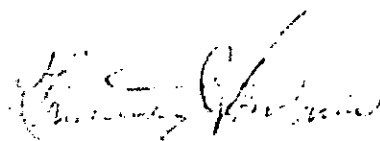
CC/eqded.

Guatemala, 15 de Enero de 1985

Honorable Junta Directiva.
Facultad de Agronomía.

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a su consideración el trabajo de tesis titulado: "EFECTO EN LOS RENDIMIENTOS DE TOMATE (Lycopersicon esculentum), DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO Y VERIFICACION DE LA ADAPTABILIDAD DE FORMULAS EMPIRICAS PARA ESTIMACION DE EVAPOTRANSPIRACION EN EL OASIS, LA FRAGUA, ZACAPA"; como requisito previo para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado academico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el mismo merezca su aprobación, respetuosamente me suscribo de ustedes,



Br. Francisco Javier Andrino Alvarez.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1846

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

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

16 de enero de 1985

Ingeniero
César A. Castañeda S.
Decano Facultad de Agronomía
Presente

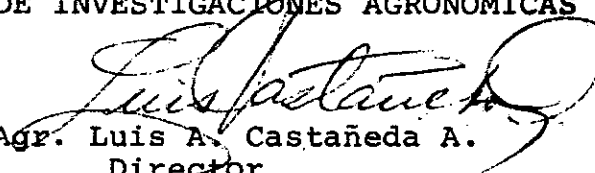
Señor Decano:

Por este medio informo a usted, que he revisado la tesis del estudiante FRANCISCO JAVIER ANDRINO ALVAREZ, titulada: "EFECTO EN LOS RENDIMIENTOS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*), DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO Y VERIFICACION DE LA ADAPTABILIDAD DE FORMULAS EMPIRICAS PARA ESTIMACION DE EVAPOTRANSPIRACION EN EL OASIS, LA FRAGUA, ZACAPA", la cual llena todos los requisitos estipulados por las normas para la planificación, ejecución y presentación de la investigación de tesis de grado en la Facultad de Agronomía.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS


Ing. Agr. Luis A. Castañeda A.
Director

LACA/tdev.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

ESTEBAN ANDRINO ROCHE
LAURA CAROLINA ALVAREZ DE ANDRINO

A MIS HERMANOS

DR. ESTEBAN RENE ANDRINO ALVAREZ
DR. JOSE ALFREDO ANDRINO ALVAREZ
DR. ERWIN RODOLFO ANDRINO ALVAREZ

A MIS CUÑADAS

A MIS SOBRINOS

JOSE MANUEL ANDRINO RODRIGUEZ
JOSE ERNESTO ANDRINO HERNANDEZ
ESTEBAN FRANCISCO ANDRINO SANTIZO
ANA CAROLINA ANDRINO HERNANDEZ

A MIS ABUELOS

JOSE FRANCISCO ANDRINO FLORES
VICTORIA ROCHE R. DE ANDRINO
FLORES SOBRE SUS TUMBAS
ALFREDO ALVAREZ MUÑOZ
ROMELIA SOTO CASTILLO

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

TESIS QUE DEDICO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
A LA FACULTAD DE AGRONOMIA
A LAS INSTITUCIONES Y/O PERSONAS DEDICADAS
TANTO A LA INVESTIGACION AGRICOLA COMO A
LA APLICACION DE LOS APORTES DE LA MISMA.
A TODOS LOS AGRICULTORES Y CAMPESINOS QUE
SON LA RAZON DE NUESTRA CAPACITACION.
A EL FUTURO DE GUATEMALA.

AGRADECIMIENTO

Dejo plasmado un sincero agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron en una u otra forma para la realización de la presente investigación, en especial a:

Ing. Agr. M.C. César Cisneros por su asesoría, revisión y corrección de la presente tesis.

Ing. Agr. M.C. Jorge Sandoval I. por la colaboración prestada.

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía (USAC).

El personal técnico y administrativo del Centro de Producción El Oasis del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

El personal administrativo de Recursos Hidráulicos del Valle de La Fragua, Zacapa.

El Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía (USAC).

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DEL APENDICE.....	vi
RESUMEN.....	ix
1. INTRODUCCION.....	1
2. HIPOTESIS.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
4. REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1. Botánica, fisiología y necesidades climáticas del cultivo.....	4
4.2. Evapotranspiración.....	5
4.2.1. Evapotranspiración potencial.....	5
4.2.2. Evapotranspiración real.....	6
4.2.3. Métodos para determinar la evapotranspiración.....	7
4.2.3.1. Método directo por parcelas experimentales en el campo.....	7
4.2.3.2. Métodos indirectos.....	8
4.3. Tipos de agua en el suelo y disponibilidad.....	11
4.3.1. Humedad a capacidad de campo.....	11
4.3.2. Punto de marchitez permanente.....	12
4.4. Determinación de la lámina y el volumen de agua a aplicar.....	13
4.4.1. Densidad aparente.....	14
4.4.2. Lámina de agua a reponer.....	14
4.4.3. Volumen de agua a aplicar.....	15
4.5. Humedad utilizable por las plantas.....	15
4.6. Efecto de la humedad sobre los cultivos.....	15
4.7. Necesidad de agua y efectos sobre el cultivo de tomate.....	17
4.8. Programación y frecuencia de riego en el cultivo de tomate.....	18
4.9. Descripción del área.....	19

	<u>Página</u>
4.9.1. Datos generales.....	19
4.9.2. Datos de clima.....	19
4.9.3. Datos de suelos.....	19
4.9.4. Características del suelo Teculután.....	20
4.10. Descripción de la unidad de riego.....	20
4.11. Métodos estadísticos y procedimientos de análisis en la investigación.....	21
4.11.1. Concepto de bloques al azar y modelo esta- dístico.....	21
4.11.2. Análisis de varianza.....	22
4.11.3. Métodos y modelos de regresión y correla- ción.....	22
5. MATERIALES Y METODOS.....	24
5.1. Período de conducción y época de la investigación...	24
5.2. Análisis y determinaciones preliminares.....	24
5.2.1. Análisis físico del suelo.....	24
5.2.2. Análisis químico del suelo.....	25
5.3. Manejo del cultivo.....	25
5.3.1. Almacigo o semillero.....	26
5.3.2. Preparación del terreno.....	26
5.3.3. Trasplante y resiembra.....	26
5.3.4. Método de siembra.....	26
5.3.5. Distancias de siembra.....	27
5.3.6. Control de plagas y enfermedades.....	27
5.3.7. Control de malezas.....	27
5.3.8. Fertilización.....	27
5.3.9. Cosecha.....	27
5.4. Manejo de la investigación.....	27
5.4.1. Material y equipo.....	27
5.4.2. Trazo del experimento.....	28
5.4.3. Método de riego.....	28
5.4.4. Lámina de agua a reponer.....	28
5.4.5. Riegos generales e inicio de tratamientos...	28
5.4.6. Método y momento de muestreo.....	29
5.4.7. Diseño estadístico del ensayo.....	29
5.4.8. Parcela experimental.....	29
5.4.9. Variable de estudio.....	30
5.4.10. Variables de respuesta.....	30

5.5. Métodos de análisis de la información.....	30
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
6.1. Aspectos agronómicos.....	31
6.1.1. Rendimiento.....	32
6.1.2. Número de frutos totales.....	32
6.1.3. Número de frutos comerciales.....	33
6.1.4. Número de frutos no comerciales.....	33
6.1.5. Número de plantas vivas finales.....	33
6.1.6. Número de plantas muertas durante el ciclo..	34
6.1.7. Calidad industrial del fruto.....	34
6.1.7.1. Grados brix.....	35
6.1.7.2. pH.....	35
6.1.7.3. Porcentaje de acidez.....	36
6.2. Uso del agua.....	36
6.2.1. Lámina de agua consumida.....	36
6.2.2. Agotamiento de la humedad aprovechable.....	37
6.2.2.1. Agotamiento de la humedad aprove- chable para el tratamiento A.....	38
6.2.2.2. Agotamiento de la humedad aprove- chable para el tratamiento B.....	38
6.2.2.3. Agotamiento de la humedad aprove- chable para el tratamiento C.....	38
6.2.2.4. Agotamiento de la humedad aprove- chable para el tratamiento D.....	39
6.2.2.5. Agotamiento de la humedad aprove- chable para el tratamiento E.....	39
6.3. Comparaciones entre evapotranspiración medida y eva- potranspiración estimada por medio de fórmulas.....	39
6.3.1. Comportamiento de la evapotranspiración medi- da y la evapotranspiración calculada.....	40
6.3.1.1. Comportamiento de la evapotranspi- ración quincenal del tratamiento A y los métodos.....	42
6.3.1.2. Comportamiento de la evapotranspi- ración quincenal del tratamiento B y los métodos.....	43
6.3.1.3. Comportamiento de la evapotranspi- ración quincenal del tratamiento C y los métodos.....	43

6.3.1.4.	Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento D y los métodos.....	44
6.3.1.5.	Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento E y los métodos.....	44
6.3.2.	Relación evapotranspiración - evaporación...	45
6.3.3.	Comparación de medias o prueba de t para evapotranspiración quincenal entre los tratamientos y los métodos.....	45
6.3.3.1.	Método de Blaney - Criddle con Kc. del S.C.S.	48
6.3.3.2.	Método de Blaney - Criddle con Kc. de la curva única de Hansen...	48
6.3.3.3.	Método de Hargreaves.....	49
6.3.3.4.	Método del Tanque evaporímetro con Kc del S.C.S.	49
6.3.3.5.	Método del Tanque evaporímetro con Kc. de la curva única de Hansen...	49
6.3.4.	Análisis de regresión y correlación para la evapotranspiración quincenal entre los tratamientos y los métodos.....	50
6.3.4.1.	Método de Blaney - Criddle con Kc. del S.C.S.	50
6.3.4.2.	Método de Blaney - Criddle con Kc. de la curva de Hansen.....	51
6.3.4.3.	Método de Hargreaves.....	51
6.3.4.4.	Método del Tanque evaporímetro con Kc. del S.C.S.	52
6.3.4.5.	Método del Tanque evaporímetro con Kc. de la curva de Hansen.....	52
7.	CONCLUSIONES.....	53
8.	RECOMENDACIONES.....	56
9.	BIBLIOGRAFIA.....	58
10.	APENDICE.....	61

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO</u>		<u>Página</u>
1	Textura, clase textural, densidad aparente y capacidad de campo de los estratos analizados.....	25
2	Análisis químico del suelo.....	25
3	Resultados promedio de las variables de respuesta..	31
4	Resultados promedio de los factores considerados en el análisis de calidad industrial del fruto.....	35
5	Número de riegos y lámina total de agua consumida por cada tratamiento.....	36
6	Evapotranspiración total de los tratamientos y las fórmulas.....	40
7	Evapotranspiración quincenal y total en centímetros de los tratamientos, Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro.....	41
8	Evaporación quincenal y acumulada del tanque evaporímetro y evapotranspiración quincenal y acumulada de los tratamientos.....	46
9	Relación entre evapotranspiración quincenal acumulada de los tratamientos y la evaporación quincenal acumulada del tanque evaporímetro.....	47
10	Comparación de medias o prueba de t entre Et. quincenal de los tratamientos y los métodos.....	48

INDICE DEL APENDICE

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO</u>	<u>Página</u>
1 Resultados organizados para rendimiento en Tm/ha por tratamiento y repetición.....	62
2 Análisis de varianza para rendimiento.....	62
3 Prueba de Tukey para rendimiento.....	62
4 Resultados organizados para número de frutos totales por tratamiento y repetición.....	63
5 Análisis de varianza para número de frutos totales....	63
6 Resultados organizados para número de frutos comerciales por tratamiento y repetición.....	63
7 Análisis de varianza para número de frutos comerciales	64
8 Resultados organizados para número de frutos no comerciales por tratamiento y repetición.....	64
9 Análisis de varianza para número de frutos no comerciales.....	64
10 Prueba de Tukey para número de frutos no comerciales..	65
11 Resultados organizados para número de plantas vivas finales por tratamiento y repetición.....	65
12 Análisis de varianza para número de plantas vivas finales.....	65
13 Resultados organizados para número de plantas muertas durante el ciclo por tratamiento y repetición.....	66
14 Análisis de varianza para número de plantas muertas durante el ciclo.....	66
15 Resultados organizados del análisis de calidad industrial para grados brix.....	66
16 Análisis de varianza para grados brix.....	67
17 Resultados organizados del análisis de calidad industrial para pH.....	67
18 Análisis de varianza para pH.....	67
19 Resultados organizados del análisis de calidad industrial para porcentaje de acidez.....	68
20 Análisis de varianza para porcentaje de acidez.....	68
21 Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento A.....	69

CUADROPágina

22	Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento B.....	70
23	Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento C.....	71
24	Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento D.....	72
25	Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento E.....	73
26	Cálculo de la evapotranspiración quincenal y total por el método de Blaney - Criddle.....	74
27	Cálculo de la evapotranspiración quincenal y total por el método de Hargreaves.....	75
28	Cálculo de la evapotranspiración quincenal y total por el método del Tanque evaporímetro.....	76
29	Coefficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos, para el tratamiento A y los métodos.....	77
30	Coefficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos, para el tratamiento B y los métodos.....	78
31	Coefficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos, para el tratamiento C y los métodos.....	79
32	Coefficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos, para el tratamiento D y los métodos.....	80
33	Coefficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos, para el tratamiento E y los métodos.....	81
34	Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y valores de Fc para el método de Blaney - Criddle con Kc. del S.C.S.	82
35	Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y valores de Fc para el método de Blaney - Criddle con Kc. de la C. Han.	83
36	Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y valores de Fc para el método de Hargreaves	84
37	Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y valores de Fc para el método del Tanque evaporímetro con Kc. del S.C.S.	85
38	Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y valores de Fc para el método del Tanque evaporímetro con Kc. de la C. Han.	86

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>Página</u>
1	Control de humedad, tratamiento A.....	87
2	Control de Humedad, tratamiento B.....	88
3	Control de humedad, tratamiento C.....	89
4	Control de humedad, tratamiento D.....	90
5	Control de Humedad, tratamiento E.....	91
6	Evapotranspiración quincenal, tratamiento A.....	92
7	Evapotranspiración quincenal, tratamiento B.....	93
8	Evapotranspiración quincenal, tratamiento C.....	94
9	Evapotranspiración quincenal, tratamiento D.....	95
10	Evapotranspiración quincenal, tratamiento E.....	96
11	Evaporación quincenal acumulada del tanque evaporímetro y evapotranspiración quincenal acumulada de los cinco tratamientos.....	97
12	Relación entre evapotranspiración y evaporación quincenal acumulada del tanque para los cinco tratamientos.....	98
13	Plano del lote experimental y distribución de los tratamientos por repetición.....	99

RESUMEN

En el valle de La Fragua, Zacapa, se realizó un experimento evaluando el efecto en el rendimiento de tomate de cinco frecuencias de riego y se verificó la adaptabilidad de los métodos de Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro para estimar la evapotranspiración; la investigación fué realizada en el centro de producción El Oasis, contemplado dentro de la unidad de riego Llano de Piedras, del Distrito No. 7.

Con la presente investigación se pretende generar información que en el futuro permita que el uso del recurso agua sea más eficiente en las distintas unidades de riego existentes en Guatemala.

Para cuantificar el consumo de la humedad aprovechable, por el proceso de evapotranspiración, se utilizó el método de parcelas experimentales, determinando la humedad del suelo por el método gravimétrico; el método de riego utilizado fué el de surcos. El diseño experimental usado fué el de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Las frecuencias a evaluar se determinaron en base a los resultados obtenidos en trabajos anteriores realizados en la unidad de riego El Rancho-Jícaro y la frecuencia utilizada generalmente por los agricultores en la región, que es de ocho días. Las frecuencias estudiadas comprendieron intervalos de riego de 8, 12, 16, 20 y 24 días.

Para establecer las láminas de consumo, se tomaron muestras de dos estratos: 0 - 30 y 30 - 60 cm, las muestras se extraían con un barreno helicoidal, los muestreos se efectuaban después del riego y antes de aplicar el siguiente.

Para establecer el efecto de las diferentes frecuencias de riego se consideraron las siguientes variables de respuesta: Rendimiento; número de frutos totales, comerciales y no comerciales; número de plantas vivas finales y muertas durante el ciclo; calidad industrial del fruto analizando grados brix, pH y porcentaje de acidez.

Durante el desarrollo de la investigación se tuvo que de algunas parcelas, en algunas ocasiones, cuando se efectuaba el riego hubo es-

currimiento hacia otras parcelas que no les correspondía riego, mojando se algún surco; además se tuvo un desborde del canal de conducción afectando tres parcelas de distintos tratamientos.

De los resultados obtenidos se puede observar que la aplicación de diferentes frecuencias de riego sí tiene efecto sobre las variables estudiadas.

El rendimiento estadísticamente es igual cuando se riega desde cada 8 días hasta cada 20 días, aunque el tratamiento de 8 días manifiesta un rendimiento más alto con un total de 30.71 Tm/ha.

El número de frutos totales, no presenta diferencia estadística, aunque se pudo observar que cuando el contenido de humedad en el suelo es más alto, el número de frutos totales fué mayor.

El número de frutos comerciales, no presenta diferencia estadística, teniendo el mayor número el tratamiento de 8 días, siguiéndole los tratamientos de 16 y 12 días.

Los tratamientos de 8, 12 y 24 días tuvieron los promedios más altos en cuanto a número de frutos no comerciales, existiendo diferencia estadística entre los tratamientos de 20 y 8 días, siendo el mejor tratamiento, respecto a esta variable, el de 20 días seguido por el tratamiento de 16 días.

Las distintas frecuencias no tuvieron influencia sobre la diferencia en el número de plantas vivas finales y muertas durante el ciclo.

Para los factores considerados en el análisis de calidad industrial no hubo diferencia estadística, aunque las medias de algunos tratamientos estuvieron ligeramente abajo de los rangos aceptables para pH y porcentaje de acidez.

Para los tratamientos más húmedos se dió una mayor evapotranspiración que para los tratamientos más secos, variando de 40.60 cm para el tratamiento de 8 días hasta 19.89 cm en el tratamiento de 24 días.

Se observó que el agotamiento de la humedad aprovechable en los estratos se hace mayor conforme se aumenta el intervalo de riego, llegando a consumir entre el 45 y el 60% para el estrato de 0 - 30 cm y entre el 25 hasta el 36% de la humedad en el estrato de 30 - 60 cm para los tratamientos de 8, 12 y 16 días.

La prueba de t realizada manifiesta que cuando las condiciones de humedad en el suelo son relativamente altas como en el tratamiento de 8 días, el método de Hargreaves da una aproximación aceptable para estimar la evapotranspiración. Cuando las condiciones de humedad en el suelo se presentan como en los tratamientos de 12 y 16 días, los métodos de Blaney - Criddle y Tanque evaporimetro se ajustan bien para estimar la evapotranspiración obteniéndose una mejor aproximación, en esta investigación, cuando se usa el coeficiente del cultivo (K_c) obtenido de la curva única de Hansen (C. Han.) que cuando se usa el K_c proporcionado por el Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S.).

Con los análisis de regresión y correlación se hace necesario el empleo de una mayor cantidad de datos que los generados en una sola investigación y así poder determinar cual es el método para calcular la evapotranspiración que sea más recomendable.

Para finalizar se recomienda: Continuar con investigaciones de este tipo, tanto en el mismo cultivo, región y época, como en otros cultivos y regiones; emplear frecuencias de riego comprendidas entre los 8 y 16 días. En próximas investigaciones iniciar la experimentación en varias etapas fenológicas del cultivo, pudiendo ser las mismas antes y después de la fructificación.

1. INTRODUCCION

Guatemala es un país que depende casi con exclusividad de la agricultura, lo cual hace imprescindible que se mejore la utilización de los recursos con que cuenta y para ello es de gran importancia que se realice investigación agrícola.

Es reconocido que, para la obtención de altos rendimientos en los cultivos, se requiere la adopción de tecnología apropiada como el empleo de variedades mejoradas, control de plagas y enfermedades, fertilización, control de malezas y el riego de los cultivos.

El uso del agua en los sistemas de riego de Guatemala es inadecuado en cantidad y oportunidad, lo que se evidencia simplemente al observar que las áreas diseñadas son muy superiores a las áreas en operación. La causa de lo anterior es el desconocimiento de técnicas adecuadas para el riego de los cultivos, lo cual únicamente es factible de lograrse a través de la investigación, principalmente sobre el cuanto y cuando regar, la cual deberá ser realizada en diferentes regiones y con diferentes cultivos.

La presente investigación se realizó en el Distrito de Riego No. 7 en la Unidad Llano de Piedra, localizado en el Valle de La Fragua, Zacapa, uno de los más importantes en el país y el cultivo fué de tomate, porque representa uno de los de más relevancia en la región, así mismo se escogió trabajar en un suelo representativo del Valle de La Fragua.

La investigación consistió en probar el efecto que, diferentes frecuencias de riego, tienen en el rendimiento de tomate, paralelamente determinando la adaptabilidad que tienen, para las condiciones de la región, los métodos para estimar la evapotranspiración como lo son el de Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque Evaporímetro.

2. HIPOTESIS

1. No existen diferencias en el rendimiento del cultivo de tomate empleando distintas frecuencias de riego (cada 8, 12, 16, 20 y 24 días).
2. El valor total de la evapotranspiración medida en el campo durante el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será similar o igual al valor de la evapotranspiración estimada a partir de datos del Tanque Evaporímetro y por las fórmulas de Blaney - Criddle y Hargreaves.

3. OBJETIVOS

1. Determinar el efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento del cultivo de tomate en un suelo representativo de la región.
2. Establecer si existe diferencia entre las frecuencias evaluadas, determinando cual se adapta mejor para la época y condiciones de la región.
3. Determinar las láminas a aplicar en cada riego y la lámina de consumo para todo el ciclo del cultivo.
4. Comparar la información obtenida sobre láminas de consumo de agua, medidas en el campo, y las obtenidas a través del Tanque Evaporímetro y por las fórmulas empíricas de Blaney - Criddle y Hargreaves.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Botánica, fisiología y necesidades climáticas del cultivo

El tomate es una hortaliza de gran importancia en la región oriental de Guatemala. Se considera que tuvo su origen en América Central y América del Sur. Los nativos lo cultivaron antes que llegaran los conquistadores a América. En Guatemala, México y Perú existen variedades silvestres (20).

El tomate pertenece al género Lycopersicon, es una planta anual y herbácea (20).

Las plántulas jóvenes desarrollan una raíz pivotante y un sistema subordinado de ramificaciones laterales. En las plantas adultas, tanto las raíces laterales como las adventicias se extienden horizontalmente desarrollando un sistema radicular extenso. Las hojas son alternas, compuestas y poseen pelos glandulares. Las flores nacen en racimos en el tallo principal y en las ramas laterales.

El número de racimos varía dependiendo del tipo y de la variedad de tomate. Las flores en su mayor parte son autopolinizadas. El fruto maduro es un ovario succulento (baya), comparativamente grande y jugoso. De acuerdo con la variedad difiere en tamaño, forma (achatado, globular o aplanado), color y algunas otras características. El jugo contiene cantidades moderadas de azúcares solubles, varios ácidos orgánicos y sales minerales, y cantidades relativamente grandes de vitamina C (7).

Bajo condiciones favorables la semilla puede germinar en un período de 4 a 10 días (4, 7, 16, 20).

Los principales factores ambientales que influyen en su desarrollo son la temperatura y la intensidad de la luz (7). El tomate prospera en climas cálidos soleados. La temperatura óptima mensual para el desarrollo es de 21 a 24°C. Altas temperaturas y vientos secos dañan las flores y entonces el fruto no cuaja bien. La temperatura nocturna puede ser determinante en el cuajamiento, pues debe ser lo suficiente-

mente fresca (15 a 22°C), pero no demasiado bajas porque ello puede resultar en frutos irregulares.

La temperatura óptima diaria para el desarrollo del mejor color rojo de los tomates está entre los 18 y 24°C.

El tomate requiere de suelo ligeramente ácido, se da muy bien en regiones áridas y semiáridas con riego, aunque aguanta algo una sequía transitoria, si se somete la plantación con frutos ya formados a periodos largos sin suficiente agua, hay propensión a la pudrición negra basal en los frutos, si éstos están maduros se rajan como consecuencia del riego después del período seco (4).

4.2 Evapotranspiración

Israelsen (15) dice que, la evapotranspiración, es la suma de los términos: a) Transpiración, que es el agua que penetrando a través de las raíces de las plantas es utilizada en la construcción de tejidos o emitida por las hojas y reintegrada a la atmósfera, y b) Evaporación, que es el agua evaporada por el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de la planta. El agua depositada por el rocío y la lluvia y que se evapora sin ser utilizada por el sistema de la planta, forman también parte de la evapotranspiración.

Norero, citado por Palacios (18), señala que los factores climáticos que propician la evapotranspiración son :

- a) La radiación (solar y terrestre),
- b) la temperatura del aire,
- c) la humedad relativa y
- d) el viento.

Por otra parte, otros factores edáficos y biológicos regulan significativamente la oferta de agua en este proceso evapotranspirativo. Los factores climáticos establecen una demanda y los factores edáficos y de la planta regulan la oferta de agua en este proceso evapotranspirativo (18).

4.2.1. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración se ha tratado de estimar en función de ciertos datos climatológicos. Específicamente, éstas estimaciones preten-

den evaluar la demanda evapotranspirativa atmosférica, es decir lo que Penman ha denominado evapotranspiración potencial (18), o sea la evapotranspiración de un cultivo de ciertas características, en crecimiento y que no tiene ninguna restricción de agua, o dicho en otras palabras, es la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta totalmente de vegetación de escasa altura en activo crecimiento y sin ninguna restricción de humedad (10, 18, 24).

Penman basado en un balance de energía y en la ecuación aerodinámica, permite concluir que la evapotranspiración potencial depende de las siguientes variables:

$$E_{tp} = f(R_g, r, T, e_a, u, n)$$

donde:

E_{tp} = Evapotranspiración potencial.

R_g = Radiación global.

r = Coeficiente de reflexión o albedo.

T = Temperatura del aire.

e_a = Tensión de vapor del agua.

u = Velocidad del viento.

n = Número de horas-sol.

La evapotranspiración potencial, incluye aspectos de orden físico que dependen del clima (10).

4.2.2 Evapotranspiración real

Algunos autores emplean los términos evapotranspiración real o actual (21) y uso consuntivo como sinónimos, sin embargo, Aguilera (1), define el uso consuntivo como la suma de la evapotranspiración más el agua que se utiliza por las plantas en la formación de sus tejidos, durante el ciclo vegetativo. Debido a que la porción de agua utilizada en la formación de los tejidos es aproximadamente el 1% en relación a la evapotranspirada, el uso consuntivo puede considerarse similar a la evapotranspiración.

Respecto a la evapotranspiración real, las variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, las condiciones edáficas y los niveles de humedad en el suelo, tanto en espacio como en tiempo modifican la definición de evapotranspiración potencial, actuando como factores .

reductores de la misma.

La evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial modificada por un coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta, este coeficiente considera el efecto fisi-co-fisiológico, que se deriva de la planta y del suelo (10).

La ecuación de evapotranspiración real puede expresarse en función de la evapotranspiración potencial:

$$Et = Etp \times K$$

donde: Et = Evapotranspiración real o actual.

Etp = Evapotranspiración potencial.

K = Coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta.

4.2.3. Métodos para determinar la evapotranspiración

Debido a la necesidad de conocer el valor de la evapotranspiración, se han desarrollado una serie de métodos para su determinación que se pueden clasificar en: a) Directos; la evapotranspiración se mide directamente por medio de lisímetros, evapotranspirómetros, atmómetros (10), parcelas experimentales en el campo, estudio de la humedad del suelo o gravimétrico, método de integración, etc. (15). b) Indirectos; éstos emplean datos climáticos y fórmulas empíricas para estimar la evapotranspiración, entre éstos se pueden mencionar el de Blaney - Criddle, Lowry - Johnson, Jensen - Haise, Hargreaves, Penman, Thornthwaite, Grassi y Christiansen, Tanque tipo "A". En los siguientes puntos se describen los métodos empleados en esta investigación.

4.2.3.1. Método directo por parcelas experimentales en el campo

El método consiste en establecer parcelas en los terrenos y llevar un control de humedad del suelo mediante muestreos con barrena a diferentes profundidades y en puntos distintos dentro de cada parcela. La determinación del contenido de humedad se establece por el método gravimétrico, muestreando antes y después de cada riego, a distintas profundidades para conocer las variaciones de humedad dentro del perfil del suelo (15,23).

Las muestras de suelo que se extraen deben pesar 100 ó más gramos, serán pesadas inmediatamente y luego secadas al horno a una temperatura de 105 - 110°C por 24 horas, transcurrido ese tiempo se pesaran nuevamente, con esto obtenemos una cierta pérdida de peso, la cual dividida por el peso del suelo secado y multiplicado por 100 nos proporciona el porcentaje de humedad del suelo referido al peso del suelo seco (15).

Se requiere tomar muestras en varios lugares representativos de la zona considerada, para obtener mayor precisión (15, 29). Es recomendable muestrear en tres sitios para luego promediar, y tomar las muestras en el tercio medio del estrato considerado (5).

4.2.3.2. Metodos indirectos

Estos procedimientos son basados en datos climáticos que combinados con los coeficientes para los distintos cultivos y condiciones existentes permiten estimar la evapotranspiración.

a) Método de Blaney - Criddle. En este método se emplean valores de temperatura y horas luz mensuales, fué desarrollado para la región árida del Oeste de los Estados Unidos (10, 15). Se relacionan los valores reales de uso consuntivo con la temperatura media mensual (t) y el porcentaje mensual de las horas anuales de brillo solar (p), dando el factor de uso consuntivo (f), el cual para temperatura expresada en grados centígrados (°C) y el uso consuntivo (U) en milímetros por mes (mm/mes) se calcula así:

$$f_i = (0.457 t_i + 8.13) p_i$$

La fórmula general para estimar la evapotranspiración por éste método se expresa de la forma:

$$U = K \times F$$

donde:

U = Uso consuntivo o evapotranspiración real por el cultivo en mm.

K = Coeficiente empírico de ajuste (anual, época de riego o período vegetativo).

F = Suma de los factores de la evapotranspiración para un período determinado.

f_i = Factor de uso consuntivo.

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

i = 1, 2, 3, ..., n

n = Número de meses que dura el ciclo del cultivo.

Se introdujo un factor de corrección "K" en función de la temperatura media mensual y del crecimiento del cultivo:

$$K = K_t \times K_c$$

donde

$$K_t = 0.24 + 0.0312 t_i$$

K_c = Factor del cultivo, varía a lo largo del ciclo vegetativo.

t_i = Temperatura media mensual (°C).

Según Grassi (10) la fórmula de Blaney - Criddle en la medición de evapotranspiración, ha dado valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias (menores de 5 mm/día) y valores inferiores cuando las exigencias son altas (mayores de 5 mm/día).

b) Método de Hargreaves. Este método permite calcular el uso consuntivo mensual o evapotranspiración real en función de la humedad relativa al medio día, la temperatura media y la duración del día, dependiendo de la latitud. El autor del método en 1966, introdujo factores adicionales de corrección de la fórmula y una tabla que incluye coeficientes de efecto del cultivo.

En unidades del sistema métrico y con temperaturas en grados centígrados, la expresión de la fórmula es:

$$Et_i = 17.37 k_i \cdot d_i \cdot t_i \cdot (1.0 - 0.01 Hn_i) \quad y$$

$$Hn_i = 1.0 + 0.4 HR_i + 0.04 HR_i^2$$

$$Et = \sum_{i=1}^n Et_i$$

donde;

k_i = Coeficiente del cultivo para el período i.

d_i = Coeficiente mensual de duración del día.

t_i = Temperatura media mensual (°C).

Hn_i = Humedad relativa media al medio día.

HR_i = Humedad relativa media mensual.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$.

n = Número de meses que dura el ciclo del cultivo.

El coeficiente "d" está relacionado con el "p" de la fórmula de Blaney - Criddle de manera que:

$$d_i = 0.12p_i$$

Dado que la fórmula fue desarrollada para condiciones meteorológicas medias, Hargreaves sugiere el empleo de los siguientes factores de

corrección para obtener resultados más confiables:

i) Para el efecto de la velocidad del viento los resultados deben aumentarse o disminuirse en un 9% por cada 50 km/día de aumento o disminución de la velocidad del viento, con respecto a 100 km/día que corresponden a las condiciones de obtención de la fórmula.

ii) Para el efecto de insolación, dado que la fórmula se obtuvo con una insolación del 90%, para situaciones diferentes deben aplicarse las correcciones siguientes:

Insolación (%):	30	40	50	60	70	80	90
Corrección (%):	-34	-28	-24	-20	-16	-09	00

iii) Con respecto a la altitud los resultados deberan aumentarse en 1% por cada 100 m de elevación a partir de los 150m, que corresponden a la altitud en la cual fué desarrollada la fórmula.

c) Método del tanque tipo "A" o de evaporación del tanque evaporímetro.

Las medidas de evaporación de una superficie libre de agua, como lo es un tanque evaporímetro, es un proceso similar a la evapotranspiración ya que integra los efectos de los distintos factores meteorológicos que influyen en la misma (10).

Estudios de correlación en diferentes cultivos han permitido obtener coeficientes para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua, según la ecuación siguiente:

$$Etp = Ev \times C \quad \text{donde;}$$

Etp = Evapotranspiración potencial.

Ev = Evaporación en tanque.

C = Coeficiente de ajuste.

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

La evapotranspiración real puede obtenerse al multiplicar la Etp por un coeficiente del cultivo, que puede ser obtenido por medio de las tablas propuestas por el Servicio de Conservación de Suelos o bien determinarse a través de la Curva Unica de Hansen.

4.3. Tipos de agua en el suelo y disponibilidad

El agua del suelo se ha clasificado en higroscópica, capilar y de gravitación. El agua higroscópica está retenida en la superficie de las partículas del suelo y no se mueve ni por influencia de la gravedad ni de fuerzas capilares. El agua capilar es el excedente de agua higroscópica que existe en el espacio poroso del terreno y que queda retenida contra la fuerza de gravedad en un suelo que permite el drenaje libre. El agua de gravedad es el exceso de agua higroscópica y capilar que será eliminada del suelo si se le proporciona un drenaje normal. La proporción en que se encuentra cada uno de ellos depende de la textura, de la estructura, del contenido de materia orgánica, de la temperatura y del espesor del perfil del suelo considerado (15).

El agua también se clasifica en no disponible y superflua o de gravitación, basándose en la disponibilidad del agua en relación con los vegetales. El agua a disposición de las plantas es la diferencia en el agua de gravitación y la no disponible (15).

4.3.1. Humedad a capacidad de campo

Israelsen y Hansen (15) la definen como el contenido de humedad que existe en el suelo después de la eliminación del agua gravitacional.

El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad para la estimación de la cantidad de agua contenida en el suelo, de la cual puede hacer uso la planta.

La capacidad de campo representa la capacidad máxima capilar de un suelo y depende de las características físicas del mismo. Los valores de energía de retención del agua, están dentro del orden de 1/10 bares de succión matriz en suelos arenosos, 1/3 bares en suelos francos y 1/2 bares en suelos arcillosos (10).

Existen varios métodos para determinar la capacidad de campo tales como:

- a) Método de humedad equivalente.
- b) Método de la olla de presión.
- c) Método de las columnas de suelo.
- d) Método gravimétrico o de campo.

Para determinar la humedad a capacidad de campo por el método de campo, Withers y Vipond (29) y el servicio de conservación de suelos

del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (21) proponen el siguiente procedimiento: Delimitar un área de muestreo de un metro cuadrado con bordos de 20 cm de altura y levantar otros bordos exteriores a los primeros, para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después hay que humedecer el suelo hasta saturarlo, tanto en la zona de muestreo como en la parte exterior. Debe localizarse en un lugar que sea representativo del terreno en el cual se va a trabajar. El tiempo que transcurre entre la aplicación de agua y el momento en que se alcanza el valor de capacidad de campo varía con la textura de los suelos, lo cual ocurre entre 1 y 3 días después (19).

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

Los muestreos se efectúan con intervalos de 2 a 6 horas para suelos arenosos, y de 12 a 18 horas en suelos arcillosos, deben tomarse dos o tres muestras por estrato a estudiar, cada vez que se muestree.

Para mayor exactitud en los datos realizar los muestreos durante 4 ó 5 días (21, 29).

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

El contenido de humedad a capacidad de campo puede variar de 6 a 12% en suelos arenosos y 31 a 39% en suelos arcillosos (15).

4.3.2. Punto de marchitez permanente

El punto de marchitez permanente, representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas (10). Se considera que una planta llega a marchitez permanente cuando no se recupera después de haber sido colocada en una atmósfera saturada en la que no se produce consumo aparente alguno (15).

La tensión a la cual se produce el marchitamiento permanente oscila entre 7 y 40 atmósferas y depende de la velocidad de utilización del agua, del contenido de sales del suelo y de su textura (15).

Existen diferentes métodos para determinar el punto de marchitez permanente, los más utilizados son:

- a) Método del girasol.
- b) Método de la membrana de presión.

Aguilera (1) explica el método de la membrana de presión al cual también se le conoce con el nombre de Método de Richards, y se utiliza para estimar la humedad retenida en muestras de suelo a una tensión de 15 atmósferas. El procedimiento consiste en preparar muestras por duplicado de suelo, tamizadas a 2 mm, las muestras se mezclan y se agitan para uniformizarlas. La membrana se humedece, se instala el aparato y se recorta la membrana alrededor del disco de bronce, poniendo los anillos para el suelo en la membrana. Para evitar la separación por tamaño entre las partículas de suelo, se pasa todo el suelo de un sólo golpe al anillo de retención. Se empareja la muestra en el anillo, se cubre todo el aparato con un pedazo de papel encerado y se deja en reposo, con un exceso de agua en la membrana, por un período no menor de 16 horas. El exceso de agua se quita por medio de una pipeta, se procede a cerrar la membrana de presión dejando entrar aire con una presión de 15 atmósferas. Luego de transcurridas 48 horas de la extracción, o cuando las lecturas en una bureta para escurrimiento indican que se ha llegado al equilibrio, se alcanza el punto de marchitez permanente. La mayoría de suelos llegan al equilibrio en un tiempo de 18 a 20 horas. El porcentaje de humedad se determina secando las muestras a 105°C y se expresa en base al peso de suelo seco.

Se puede calcular aproximadamente dividiendo el valor de capacidad de campo por un factor cuyo valor oscila entre 2.0 y 2.4, el cual está en función de la proporción de limo en el suelo; si la proporción de limo es alta se usa 2.4 (21).

4.4. Determinación de la lámina y el volumen de agua a aplicar

Para establecer la lámina de agua a aplicar es necesario conocer el porcentaje de humedad a capacidad de campo y la humedad antes de riego, así como también, la densidad aparente para cada estrato.

4.4.1. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa (o peso, secado al horno) de las partículas del suelo y el volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan (9).

La determinación de la densidad aparente se puede efectuar en el campo por el método del plástico; consiste en abrir una calicata dejando gradas a la profundidad de los estratos que se van a estudiar, posteriormente se abren agujeros de dimensiones determinadas (en las gradas), colocando el suelo que se extrae de dichos agujeros en bolsas impermeables, para pesarlo y secarlo. El volumen se determina colocando un plástico delgado adherido a las paredes del agujero y luego se hecha agua con un recipiente graduado, por ejemplo con una probeta, hasta llenar el agujero (1).

La densidad aparente se utiliza para transformar los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente sirve para calcular la lámina de agua en el suelo (9).

4.4.2. Lámina de agua a reponer

La lámina a reponer depende del consumo que se dé en los diferentes estratos a considerar y que involucran la zona radicular. Para el cálculo de la lámina se emplea la fórmula:

$$La_i = \frac{Pcc_i - Par_i}{100} \times Da_i \times Zr_i$$

donde:

La_i = Lámina de reposición o de consumo para el estrato i (cm).

Pcc_i = Porcentaje de humedad a capacidad de campo para el estrato i (%).

Par_i = Porcentaje de humedad antes de riego, estimado por el método gravimétrico, para el estrato i (%).

Da_i = Densidad aparente para el estrato i (adimensional).

Zr_i = Zona o profundidad radicular para el estrato i (cm).

Se determina el consumo para cada estrato y luego se suman, el total corresponde a la lámina total que debe aplicarse.

$$Lt = \sum_{i=1}^n La_i$$

donde: Lt = Lámina total de reposición.
 i = 1, 2, 3, ..., n.
 n = Número de estratos.

4.4.3. Volumen de agua a aplicar

Con el valor de la lámina obtenido de la fórmula del inciso anterior se puede establecer el volumen de agua que es necesario reponer para el riego siguiente, empleando para ello la fórmula;

$$Vol = A \times Lt$$

donde: Vol = Volumen de agua requerido por parcela (mt³).
 Lt = Lámina de agua total por parcela (mt).
 A = Area de cada parcela (mt²).

4.5. Humedad utilizable por las plantas

La diferencia de contenido de humedad del suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente se denomina humedad utilizable o aprovechable; representa aquella humedad que puede ser almacenada en el suelo para su subsiguiente utilización por las plantas (15).

No toda el agua contenida entre estos límites está disponible para las plantas y se considera que la humedad contenida entre capacidad de campo (1/3 de bar) y 5 bares, está a disposición de las plantas y se le llama agua fácilmente aprovechable (28).

4.6. Efecto de la humedad sobre los cultivos

Las necesidades de agua de una planta dependen de la energía en la atmósfera (luminosidad), el viento, humedad relativa, temperatura, energía del agua en el suelo y del tipo de cultivo (17).

Sin agua aprovechable las plantas no crecerán aunque los demás factores de la producción agrícola sean adecuados. La utilización del agua aprovechable almacenada en el suelo depende del sistema radicular de las plantas (19).

A igualdad de las restantes condiciones, las raíces de las plantas que crecen en los suelos húmedos, extraen más humedad que cuando las mismas especies vegetales se cultivan sobre terrenos más secos. Cuando el suelo está húmedo, la mayor parte de la humedad necesaria para la planta es proporcionada por la parte del terreno cercano a la superficie, lo que se debe a que las raíces suelen crecer en ésta zona. Por el contrario a medida que el contenido de humedad del suelo disminuye, se consumen volúmenes de agua cada vez mayores en las capas más profundas (15).

En general la profundidad de penetración de las raíces varía con la especie de planta y con el tipo de suelo. Las plantas con sistemas radiculares profundos pueden obtener más agua que las plantas con sistemas radiculares superficiales; esto es particularmente cierto durante condiciones de elevada transpiración (7).

Cuando el contenido de humedad de la capa superficial del terreno se acerca al punto de marchitamiento, casi la totalidad del agua extraída por las raíces procede de las capas más profundas del perfil del suelo. Como quiera que a ésta zona llegan pocas raíces, el consumo de energía para extraer la humedad necesaria es mayor y en muchas ocasiones no se llega a conseguir la necesaria para prevenir el marchitamiento. Puede suceder que en el suelo exista humedad pero las raíces de las plantas no sean capaces de extraerla a una velocidad suficiente para hacer frente a la transpiración (15).

Las raíces que encuentran dificultades para su crecimiento disponen de menos suelo del cual extraer la humedad y los principios nutritivos necesarios, por lo que muestran síntomas de baja fertilidad y de sequía, así como deformaciones radiculares (15).

Los programas de suministro de agua deben estar en relación con las necesidades de agua teniendo en cuenta las condiciones climáticas, edáficas y el desarrollo del cultivo (6).

Cuando el suministro de agua no cubre las necesidades de agua del cultivo se desarrolla una escasez de agua en la planta que afecta adversamente el crecimiento del cultivo y finalmente su rendimiento. El efecto de la escasez de agua sobre el crecimiento y el rendimiento depende por una parte de la especie y variedad del cultivo, y por otra de la magnitud y del tiempo en que tenga lugar el déficit de agua (6).

4.7. Necesidad de agua y efectos sobre el cultivo de tomate

Dentro de las diferentes investigaciones realizadas en cuanto a la cantidad de agua que necesita éste cultivo hay valores variados, lo cual está ligado a las regiones en que se han efectuado las investigaciones y las épocas en que se han realizado las mismas.

Doorembos y Kassam (6) dicen que, las necesidades totales de agua después del trasplanta son de 400 a 600 mm dependiendo del clima.

Soberanis (28), cita a William y Wilcox quienes reportan consumos de 600 mm en los valles centrales de California.

En investigación realizada por Barillas Klee (2), en el valle de La Fragua, reporta láminas de consumo de 506.3 mm para un suelo franco-arcillo-arenoso y 490.6 mm para un suelo arcilloso.

De la misma manera Soberanis (28) en la unidad de riego El Rancho-Jícaro, en su investigación encontró consumos que variaban de 232.0 mm a 627.3 mm, en un suelo arenoso.

El cultivo de tomate requiere que se tenga mucho cuidado con la aplicación de agua ya que tanto la falta como el exceso repercuten en la calidad y producción del fruto. La humedad excesiva incide negativamente al favorecer el desarrollo de enfermedades tanto en el tallo como en la raíz, plagas y pudrición del fruto (6, 16). Generalmente un déficit de agua riguroso y prolongado limita el crecimiento y reduce los rendimientos (6).

En relación al rendimiento y calidad del fruto, un riego abundante después de una escasez prolongada de agua durante la formación de cosecha, los frutos se ven afectados por el agrietamiento (7).

Riegos frecuentes y ligeros producen un fruto de buen tamaño, forma, color y contenido de jugo, pero el contenido de materia seca se reduce (6).

La máxima demanda de agua se produce durante la floración, empero es recomendable retirar el riego durante este período para forzar la floración de las plantas menos maduras, a fin de obtener una floración y maduración más uniformes (6, 15).

4.8. Programación y frecuencia de riego en el cultivo de tomate

Los tres factores que de modo más decisivo influyen sobre el momento oportuno de dar un riego son:

- a) Las necesidades de agua de los cultivos,
- b) la disponibilidad del agua para el riego y
- c) la capacidad de la zona radicular para almacenar agua.

Lo anterior involucra condiciones edáficas, climáticas, hidrológicas y características propias del cultivo (15).

La programación del riego consiste en la fijación de fechas en las cuales se aportará agua a los cultivos de acuerdo a las frecuencias que se establezcan.

La frecuencia implica el intervalo en tiempo entre dos eventos sucesivos, en este caso dos riegos consecutivos.

Soberanis (28) cita a Silvas Rios quien recomienda, para el Valle de Mayo (México), las frecuencias siguientes basado en la textura del suelo: Para un suelo franco-arcillo-arenoso intervalos de 10 días con láminas de 70 a 80 mm y a partir del primer corte prolongar los riegos a intervalos de 15 días. Para suelos franco-arcillosos intervalos de 15 días aplicando láminas de 80 a 90 mm y a cada 20 días después del primer corte ya que estos suelos retienen por más tiempo la humedad.

Para Guatemala se recomiendan las siguientes frecuencias de acuerdo al tipo de suelo: Para suelo liviano aplicar el primer riego a los 18 días y dos riegos con intervalos de 14 días antes de la producción, ya en producción aplicar 7 riegos con intervalos de 10 días cada uno. Para suelo mediano aplicar los primeros dos riegos cada 20 días y otro más a los 16 días, esto antes de la producción, en producción aplicar 4 riegos con intervalos de 14 días. Para suelo pesado aplicar un riego a los 21 días, el siguiente a los 20 días y el último antes de la producción a los 16 días, ya en producción aplicar 4 riegos con intervalo de 14 días cada uno. En todos los casos se hace variar el volumen a aplicar según el tipo de suelo (20).

Soberanis (28), de acuerdo a su investigación realizada en la unidad de riego El Rancho-Jicaro, recomienda regar con intervalos de 12 días para un suelo de textura arenosa.

Para el cultivo de tomate se aconseja que es mejor utilizar el riego superficial, ya que de esta forma el follaje permanece seco, lo cual evita en cierta medida la entrada de patógenos (4).

4.9. Descripción del área

4.9.1. Datos generales

El valle de La Fragua se encuentra situado en la región Nor-oriental de Guatemala. Su extensión es de 9 000 ha, con 5 500 ha susceptibles de una agricultura intensiva (12).

4.9.2. Datos de clima

El clima es calificado como cálido-seco (8), y según lo establece Holdridge, corresponde a una zona de vida monte espinoso subtropical; la vegetación natural comprende arbustos y plantas espinosas.

La precipitación media anual es de 500 mm durante la época de lluvia (Mayo - Octubre), siendo la más baja del país, por lo cual se hace necesario el riego auxiliar. Durante la época seca (Noviembre - Abril) la precipitación es relativamente escasa, por lo que sólo se puede cultivar bajo condiciones de riego. La temperatura media anual es de 27 grados centígrados, oscilando entre 19°C (Enero) y 38°C (Abril); la elevación media es de 230 msnm (12).

El valle se encuentra rodeado por 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 a las montañas y allí precipiten, sin que puedan alcanzar el valle (8).

4.9.3. Datos de suelos

En cuanto a suelos Simmons (27) dice que edafológicamente son suelos juvenes y que las diferencias principales se basan en el material original y el drenaje. Las series predominantes son: Chicaj, Chiquimula, Teculután, Cortí, Sinaneque y Tempisque. Farrington y Porres (8), mencionan 65 unidades que consisten en tipos y fases de 16 series de suelos y 3 clases de tierras misceláneas. Con la finalidad de riego los clasifican así:

- 1) Suelos franco-arenosos y franco-arcillosos

con 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 fuertemente quebrados y otras clases no convenientes para la agricultura.

4.9.4. Características del suelo Teculután

La extensión total de los suelos Teculután es de 945.8 ha, o sea, 7.05% del área del valle (26).

Según Simmons (26) los suelos Teculután se encuentran de bien a excesivamente drenados, desarrollados sobre abanicos aluviales en la parte sur del área. El material madre está compuesto en gran parte de aluvión local, pero puede incluir un complemento menor de cenizas volcánicas. La mayor parte del área ocupa relieves casi planos, pero otras están sobre terreno levemente inclinado, encontrándose unas cuantas hectáreas sobre terreno inclinado. Se parecen a los Chiquimula pero son de una textura más gruesa, particularmente en el subsuelo y parecen tener un complemento más bajo de cenizas volcánicas en el material madre, están asociados con los Chirrum y Sinaneque, siendo fácilmente distinguibles de éstos por su color más rojo y porque son de una textura más gruesa que los Chirrum.

Prácticamente toda el área de los suelos Teculután está cultivada, o lo ha estado en años recientes.

La fertilidad natural es relativamente baja, pero estos suelos responden a la fertilización y con buen manejo incluyendo irrigación, pueden obtenerse altos rendimientos con una gran variedad de cultivos.

4.10 Descripción de la unidad de riego

El proyecto de riego del valle de La Fragua, tiene como fuente el río Grande, formado por los ríos Jocotán y San José.

La presa derivadora está localizada en la aldea Santa Lucía, a 148 km de la capital por la carretera C. A. 10.

Consta de un canal principal por gravedad de 22 km de longitud

que cubre alrededor de 3 200 ha, además dos sistemas de bombeo; el de Llano de Piedra que riega 1 700 ha y el de el Guayabal que riega 1 500 ha. 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 (12).

El sistema Llano de Piedra, consta de 5 bombas en total, se alimenta de la caja localizada al final del canal de conducción, las bombas elvan un caudal de 1 100 lt/seg a una altura de 27 m. De la descarga de este bombeo parte un canal que corre por 3.5 km en la ladera de la montaña, para luego cruzar y atravesar el valle desde donde comienza a servir a la zona de riego (12).

La unidad de riego Llano de Piedra tuvo un costo de Q 1 360 600 en su construcción, inició a operar en Enero del año de 1 975. Se diseñó para un área de 1 700 ha teniendo un área potencial para el riego que cubre 1 445 ha, sirviendo en el año agrícola 1 982-83 un total de 258 usuarios, regándose un máximo de 369 ha por mes (14).

Los principales cultivos establecidos dentro de la unidad de riego Llano de Piedra durante el año agrícola 1 982-83 fueron en su orden de importancia, en cuanto a su producción se refiere: Tabaco, Tomate, maíz, melón, okra, chile y frijol (14).

referencias de agricultores de la región indican que para el cultivo de tomate se acostumbra regar cada 8 días.

4.11. Métodos estadísticos y procedimientos de análisis en la investigación

4.11.1. Concepto de bloques al azar y modelo estadístico

Un diseño en bloques al azar es aquel en el que:

- 1) Las unidades experimentales se distribuyen en grupos o bloques, de tal manera que las unidades experimentales dentro de un bloque sean relativamente homogéneas y que el número de unidades experimentales dentro de un bloque sea igual al número de tratamientos por investigar, y
- 2) los tratamientos se asignan al azar a las unidades experimentales dentro de cada bloque (3).

El modelo estadístico para bloques al azar es el siguiente:

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

donde: Y_{ij} = La variable respuesta observada en la ij -ésima unidad experimental.

U = Efecto de la media aritmética general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

4.11.2. Análisis de varianza

El análisis de varianza consiste en una técnica para dividir la suma total de desviaciones al cuadrado y los grados de libertad correspondientes, y localizar las fuentes de variación (30).

4.11.3. Métodos y modelos de regresión y correlación

Cuando se posee información de 2 o más variables relacionadas se busca, además de una función matemática que indique la manera en que están relacionadas las variables, la precisión con que se puede predecir el valor de una variable si conocemos los valores de las variables asociadas.

Los métodos de regresión se usan para determinar la mejor relación funcional entre las variables, mientras que los métodos de correlación se utilizan para medir el grado de asociación de las distintas variables.

Los modelos de regresión son ecuaciones matemáticas que describen o representan en mejor forma las observaciones del problema bajo investigación (3).

Los modelos de regresión con que se cuenta en la actualidad en el Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía son:

Lineal; $Y = b_0 + b_1 * X$

Logarítmico; $Y = b_0 * X^{b_1}$

Geométrico; $Y = b_0 * b_1^X$

Cuadrático; $Y = b_0 + b_1 * X + b_2 * X^2$

Raíz Cuadrada; $Y = b_0 + b_1 * X + b_2 * X$

Gamma; $Y = b_0 * \exp(b_1 * X) * X^{b_2}$

donde:

Y = Variable dependiente

X = Variable independiente

b_0, b_1, b_2 = Estimadores de los coeficientes de regresión.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Período de conducción y época de la investigación

La etapa de campo para la investigación duró un poco más de 5 meses, abarcando desde la preparación del semillero hasta el final de la cosecha. La época en que se desarrolló la investigación en su fase de campo comprende desde Octubre de 1 983 hasta Marzo de 1 984, y en su fase de gabinete comprende desde Marzo hasta Agosto de 1 984.

5.2. Análisis y determinaciones preliminares

Estos se realizaron con el propósito de establecer ciertos parámetros que serían de utilidad para realizar en mejor forma la investigación.

5.2.1. Análisis físico del suelo

Este análisis incluyó la determinación de textura, densidad aparente y capacidad de campo para cada uno de los estratos contemplados de acuerdo al cultivo.

Las determinaciones de capacidad de campo y densidad aparente fueron realizadas en el campo siguiendo los procedimientos que se indican en los numerales 4.3.1. y 4.4.1. respectivamente.

La determinación de textura y clase textural fué realizada en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (I. C. T. A.).

Los resultados obtenidos para estos análisis se presentan en el cuadro 1.

CUADRO No. 1

Textura, clase textural, densidad aparente y capacidad de campo de los estratos analizados.

Estrato. (cm)	Arcilla* %	Limo* %	Arena* %	Clase textural*	Da. ^a	C. C. ^b %
0 - 30	29.54	16.17	54.29	Franco-arcillo-arenoso	1.51	22.59
30 - 60	32.20	15.09	52.71	Franco-arcillo-arenoso	1.65	20.76

* Determinados en el laboratorio de suelos del ICTA.

^a Da. = Densidad aparente.

^b C. C. = Capacidad de campo.

5.2.2. Análisis químico del suelo

Para la realización del análisis químico del suelo, se tomaron varias muestras en el lote experimental para formar una muestra compuesta, enviándose posteriormente al laboratorio de suelos del ICTA.

La finalidad de este análisis fué para tener recomendaciones en relación a la fertilización del cultivo. El cuadro 2 presenta los resultados proporcionados por el laboratorio.

CUADRO No. 2

Análisis químico del suelo.

pH.	Microgr/ml		Meq/100 ml de suelo	
	P	K	Ca	Mg
8.2	7.5	120	15.21	5.43

Fuente: Laboratorio de suelos del ICTA.

Nota: Se reporta mediana presencia de sodio, pero no se indica la cantidad de sodio existente, por lo cual no puede estimarse el efecto de las sales sobre la disponibilidad de agua en el suelo.

5.3. Manejo del cultivo

El cultivo se manejó de acuerdo a las recomendaciones y tecnología del ICTA, empleándose la variedad de tipo industrial compacto UC 82 C, el cual también tiene aceptación para consumo en fresco.

5.3.1. Almacigo o semillero

El almacigo se preparó haciendo un tablón de 20 m de largo por 1 m de ancho y 0.20 m de alto. Se dejó bien mullido el suelo y posteriormente se desinfectó con productos a base de Carbofuran y Hexacloro hexa hidro dimetano naftaleno. El 21 de Octubre de 1983 se sembró la semilla en surcos separados a 0.10 m y dejando aproximadamente una semilla a cada centímetro. Durante todo el período se mantuvo control sobre el mal del talluelo (Damping-off) e insectos del semillero, efectuando aplicaciones constantes de mezclas de fungicidas (a base de Bis [methoxi carbonil thoureido] benzeno), e insecticidas (a base de Metamidophos), por lo cual la incidencia de estos organismos fué muy poca. A los 15 días después de la siembra se hizo una aplicación de fertilizante foliar (fertilizante completo con suplementos de elementos menores en forma de quelatos). También se efectuó un raleo o entresaque en las partes donde había demasiadas plantas y así homogenizar la población de plantas en cada uno de los surcos del tablón.

5.3.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en dos pasadas de rastra pesada y se efectuó el surqueado dándole una pendiente del 0.4%.

5.3.3. Trasplante y resiembra

El trasplante se efectuó el 14 de Noviembre, cuando el semillero tenía 24 días, el tamaño de las plantas era de 20 a 25 cm. Ese mismo día se aplicó un riego previo para poder realizar el trasplante, al día siguiente hubo una lluvia de 5.5 mm por lo que no fué necesario realizar el riego de pegue.

La resiembra se efectuó en dos fechas, el 16 y el 23 de Noviembre, la resiembra en el campo experimental se realizó con el objeto de tener asegurada en cada parcela una población de plantas de por lo menos el 80% de las sembradas para que la parcela fuera representativa.

5.3.4. Método de siembra

Se surqueo 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 en cada cama.

5.3.5. Distancias de siembra

Se empleo un ancho de cama de 1.50 m, una distancia entre plantas de 0.20 m y un espaciamento entre hileras de 0.45 m, lo que dió una población de 66 667 plantas/ha.

5.3.6. Control de plagas y enfermedades

Para el mismo se aplicó semanalmente una mezcla de fungicida y de insecticida; las dosis aplicadas fueron de 2 kg/ha de fungicida a base de Etileno bisditio carbamato, para el insecticida se aplicó 1.4 lt/ha de producto comercial a base de Metamidophos. El control fué adecuado no presentandose problemas fitosanitarios durante todo el ciclo.

5.3.7. Control de malezas

Para controlar las malezas dentro de las parcelas se realizaron 2 limpieas y aporques. La primera se efectuó a los 14 días después del trasplante y la segunda a los 26 días. Con la segunda limpia y aporque, se formaron las camas definitivas.

5.3.8. Fertilización

Se realizó de acuerdo a la recomendación del laboratorio de suelos del ICTA. Se hicieron dos aplicaciones de fertilizantes, la primera con 8 qq/Mz de triple quince (15-15-15) y la segunda con 1.5 qq/Mz de Urea (46-0-0), en las mismas fechas en que se realizaron las limpieas y aporques. también con la segunda limpia se hizo una aplicación de un insecticida nematicida a base de Carbofuran, la dosis aproximada fué de 75 kg/ha.

5.3.9. Cosecha

La cosecha se efectuó por cortes semanales entre el 26 de Enero y el 16 de Febrero de 1 984, realizandose 4 cortes en total.

5.4. Manejo de la investigación

5.4.1. Material y equipo

Se utilizaron los siguientes: Horno eléctrico, termómetro de mer.

curio con escala en grados centígrados, barreno tipo helicoidal, balanza con precisión de 0.1 gr, cajas metálicas, sifones, mangueras plásticas y rafia.

5.4.2. Trazo del experimento

Después del paso de rastra y del surqueo del terreno se procedió a contar 12 surcos que eran necesarios para cada parcela, además se dejó 3 surcos entre parcelas; en total fueron 72 surcos los necesarios para las 5 parcelas del bloque. La distancia que se dió entre surcos fué de 0.75 m, el lote experimental quedó con 54 m de frente. El área total del lote fué de 1 728 m² y el área experimental fué de 1 080 m².

Se construyeron dos tomas para el riego de las parcelas, una frente al primer bloque y otra toma entre el segundo y tercer bloques, con la finalidad de evitar el uso de mangueras muy largas.

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

5.4.3. Método de riego

Se usó el método de riego por gravedad, superficial en surcos. Para conducir el agua desde las tomas hasta las parcelas se emplearon sifones y mangueras de plástico, forma más conveniente para evitar mojar parcelas que no se desea regar, además permite hacer una estimación del volumen de agua aplicado en cada surco, al aforar los sifones.

5.4.4. Lámina de agua a reponer

La lámina de agua que era necesario reponer a cada parcela en cada riego se calculaba usando la fórmula de la lámina que aparece en el numeral 4.4.2.

5.4.5. Riegos generales e inicio de tratamientos

Después del trasplante se esperó a que el cultivo se estableciera bien en el campo definitivo para dar inicio a los tratamientos. Ocho días después del trasplante se dió un riego general; a los 17 días se dió el último riego general, el cual a la vez fué el riego inicial para los tratamientos, puesto que a partir de éste riego se empezó a con

tar los intervalos para aplicar cada tratamiento.

5.4.6. Método y momento de muestreo

Para efectuar los muestreos se emplearon barrenos de tipo helicoidal. Se extraían tres muestras para los estratos de 0 - 30 y 30 - 60 cm y una muestra para el estrato de 60 - 90 cm. Los puntos donde se tomaban las muestras eran escogidos al azar procurando cubrir toda la parcela, para sacar las muestras se introducía el barreno hasta el tercio medio del estrato considerado y está porción era la que se consideraba para determinar la humedad del suelo.

El momento para efectuar los muestreos se considero de la manera siguiente, para las muestras correspondientes al control después de riego se tomaban 48 horas después de aplicado el riego y las correspondientes al control antes de riego, se tomaban 24 horas antes de aplicar el mismo.

5.4.7. Diseño estadístico del ensayo

Grassi (11) y Rodriguez Zavaleta (25), recomiendan para la ejecución de este tipo de investigaciones utilizar:

Diseño experimental:	Bloques al azar.
Número de tratamientos:	5
Número de repeticiones:	4
Modelo estadístico:	$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$ (ver numeral 4.11.1.)

5.4.8. Parcela experimental

Las dimensiones se tomaron de acuerdo a las recomendaciones dadas por el ICTA para el cultivo de tomate, siendo las siguientes:

Parcela bruta:	54 m ² .
Parcela neta:	34.8 m ² .
Camas/parcela bruta:	6.
Camas/parcela neta:	4.
Ancho de cama:	1.50 m.
Largo de cama:	6.00 m.
Distancia entre plantas:	0.20 m.
Hileras/cama:	2
Distancia entre hileras:	0.45 m.

5.4.9. Variable de estudio

Los tratamientos consistieron en diferentes frecuencias de riego, comprendiendo las mismas los siguientes intervalos:

Tratamiento A =	Riego cada 8 días.
Tratamiento B =	Riego cada 12 días.
Tratamiento C =	Riego cada 16 días.
Tratamiento D =	Riego cada 20 días.
Tratamiento E =	Riego cada 24 días.

5.4.10. Variables de respuesta

Las variables que se utilizaron en la investigación para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el cultivo fueron las siguientes:

Rendimiento (Tm/ha).
Número de frutos totales.
Número de frutos comerciales.
Número de frutos no comerciales.
Número de plantas vivas finales.
Número de plantas muertas durante el ciclo.
Calidad industrial del fruto, analizando los factores, grados brix, pH y porcentaje de acidez.

Para evaluar el efecto sobre la calidad industrial del fruto se llevó una muestra de 1 kg por parcela y por corte, dando un total de 80 muestras en todo el período de cosecha, al laboratorio de la Industria Cooperativa Oriental de Productos Alimenticios (INCODEPA), ubicado en el municipio de Estanduela, Zacapa.

5.5. Métodos de análisis de la información

Los resultados fueron analizados de la siguiente forma:

- a) Análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables de respuesta.
- b) Comparación de medias o prueba de t y análisis de regresión y correlación, efectuando transformación de los coeficientes de correlación a valores de t, para la evapotranspiración medida en el campo para cada tratamiento y la estimada por los métodos de Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro o Tanque tipo "A".

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Para darle más claridad a los mismos, se ha dividido este capítulo en tres secciones:

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

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

6.1. Aspectos agronómicos

En el cuadro 3 se puede observar los resultados promedio obtenidos de cada una de las variables de respuesta, excluyendo la variable calidad industrial del fruto.

CUADRO No. 3

Resultados promedio de las variables de respuesta

Tratamiento.	Rendimiento (Tm/ha)	Número de frutos ^a			Número de plantas	
		Totales.	Comerciales.	No comerciales.	Vivas finales	M.D.C.*
A	30.71	2 464	2 047	417	214	20
B	28.56	2 302	1 960	342	220	16
C	27.62	2 208	1 985	223	221	9
D	22.91	1 805	1 604	201	209	13
E	18.78	1 677	1 443	234	210	21

Nota: El número de frutos y de plantas es por parcela.

a: El número de frutos se dividió en; i) Totales, que equivale a todos los frutos producidos por parcela; ii) Comerciales, todos aquellos frutos que no muestran ningún daño causado por insectos, pudrición, rajadura etc. iii) No comerciales, son los frutos que muestran algún tipo de daño debido a pudrición, rajadura, perforación por insectos, etc., que no son aceptables para el consumo.

*: Muertas durante el ciclo.

6.1.1. Rendimiento

Los promedios de rendimiento en Tm/ha pueden observarse en el cuadro 3. Puede notarse que el rendimiento más alto corresponde al tratamiento A (riego cada 8 días), con 30.71 Tm/ha, el rendimiento más bajo lo dió el tratamiento E (riego cada 24 días), con 18.78 Tm/ha.

Los resultados organizados de rendimiento por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza y prueba de Tukey se presentan en los cuadros 1, 2 y 3 del apéndice. El análisis de varianza muestra que existe diferencia entre tratamientos, al realizar la prueba de Tukey, se manifiesta que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos A, B, C y D. Es de hacer notar que el tratamiento A tiene 7.8 Tm/ha de diferencia sobre el tratamiento D, 3.09 Tm/ha sobre el tratamiento C y 2.15 Tm/ha sobre el tratamiento B. Lo anterior coincide con lo expuesto por Casseres (4), de que los mejores rendimientos se obtienen cuando la humedad aprovechable se mantiene arriba del 50% como puede observarse en las figuras 1 y 2 del apéndice, correspondientes a los tratamientos A y B respectivamente.

No se pudo considerar criterio económico en el que el costo del agua (servicio y mano de obra) sería el que determinaría cual es el tratamiento más recomendable, debido a que en la actualidad se carece de registros confiables en cuanto a costos del agua en las distintas unidades de riego.

6.1.2. Número de frutos totales

En el cuadro 3 puede observarse que el tratamiento A produjo el mayor número de frutos totales con un promedio de 2 464 frutos, el tratamiento E produjo en promedio 1 677 frutos totales; puede apreciarse así mismo que mientras menor humedad aprovechable existe en el suelo, es decir, más grande es el intervalo de riego menor es el número promedio de frutos producidos.

El cuadro 4 del apéndice contiene organizados por tratamiento y repetición, el número de frutos totales obtenidos por parcela. El cuadro 5 del apéndice presenta el análisis de varianza para el número de frutos totales, en el mismo no se manifiesta diferencia estadística entre tratamientos.

6.1.3. Número de frutos comerciales

En el cuadro 3 puede apreciarse que el tratamiento A dio el mayor número de frutos comerciales con un promedio de 2 047, mientras que el tratamiento E produjo 1 443 frutos comerciales.

El cuadro 6 del apéndice muestra, organizados por tratamiento y repetición los números de frutos comerciales obtenidos por parcela. El cuadro 7 del apéndice, contiene el análisis de varianza, en el cual no se manifiesta diferencia entre tratamientos, el tratamiento más humedo, el A, presenta el mayor número de frutos comerciales, siguiéndole en su orden los tratamientos C, B, D y E.

6.1.4. Número de frutos no comerciales

En cuanto a ésta variable puede observarse en el cuadro 3 que, el tratamiento A tiene 417 frutos no comerciales y el tratamiento B, 342; los cuales fueron los tratamientos más humedos, por otro lado, el tratamiento más seco, el E, tiene 234 frutos no comerciales. Los tratamientos que menor número de frutos no comerciales produjeron fueron, el tratamiento D con 201 y el tratamiento C con 223 frutos no comerciales.

El cuadro 8 del apéndice contiene el número de frutos no comerciales organizados por tratamiento y repetición. El cuadro 9 del apéndice, muestra el análisis de varianza respectivo en el cual se puede observar que sí existe diferencia entre tratamientos. El cuadro 10 del apéndice corresponde a la prueba de Tukey, la cual indica que el tratamiento D (riego cada 20 días), es el que menos frutos no comerciales aporta, no existiendo diferencia estadística con los tratamientos C, E y B, pero sí con el tratamiento A.

Los tratamientos A y B tienen el mayor número de frutos no comerciales, en su mayoría afectados por pudrición; luego se encuentra el tratamiento E, en el que los frutos se ven afectados especialmente por rajamiento, causado por un riego abundante después de una escasez prolongada de agua en el suelo.

6.1.5. Número de plantas vivas finales

En el cuadro 3 puede notarse que el tratamiento B (riego cada 12 días), tiene el número de plantas vivas finales más alto con 220 y el

tratamiento D tiene el menor número de plantas vivas finales con 209.

El cuadro 11 del apéndice muestra el número de plantas vivas finales por tratamiento y repetición. El análisis de varianza, cuadro 12 del apéndice, indica que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Por observaciones de campo se notó que en los tratamientos D y E el tamaño y coloración de las plantas era menor respecto a las plantas de los tratamientos A, B y C (no se cuantificaron estas características entre las plantas de los distintos tratamientos).

6.1.6. Número de plantas muertas durante el ciclo

Puede notarse en el cuadro 3 que el tratamiento E (riego cada 24 días), presenta 21 plantas muertas durante el ciclo seguido por el tratamiento A con 20 plantas muertas, el tratamiento B tiene 16 plantas muertas durante el ciclo. El tratamiento C presenta el menor número de plantas muertas, siendo 9 las plantas muertas, le sigue el tratamiento D con 13 plantas muertas durante el ciclo. El cuadro 13 del apéndice contiene el número de plantas muertas durante el ciclo organizado por tratamiento y repetición; el cuadro 14 del apéndice contiene el análisis de varianza para plantas muertas observándose que estadísticamente no hay diferencia entre tratamientos.

6.1.7. Calidad industrial del fruto *

Los resultados promedio obtenidos de los factores considerados para esta variable son presentados en el cuadro 4.

Los análisis de calidad industrial fueron realizados en el laboratorio de la Industria Cooperativa Oriental de Productos Alimenticios (INCODEPA). En los mismos se determinó los siguientes factores:

- a) Grados brix a 20°C.
- b) Valor de pH.
- c) Porcentaje de acidez.

* La información referente a los aspectos analizados para la variable de respuesta Calidad industrial del fruto, fué obtenida durante una entrevista personal con el Ing. MARIO R. SOLORZANO, Director de producción de INCODEPA.

CUADRO No. 4

Resultados promedio de los factores considerados en el análisis de calidad industrial del fruto.

Tratamiento.	Factores analizados		
	° Brix.	pH.	% de Acidez
A	4.3	3.83	0.40
B	4.4	3.82	0.39
C	4.6	3.82	0.39
D	4.8	3.77	0.43
E	4.9	3.78	0.41

Fuente: Laboratorio de INCODEPA

6.1.7.1. Grados brix

Este factor se refiere a la concentración de azúcares del fruto, y casi equivale al porcentaje cuando los valores son bajos. Es deseable el fruto que tenga el valor más alto, debido a que con esto se facilita el proceso para la elaboración de pasta puesto que así se tiene que evaporar una menor cantidad de agua, para llevar a 30° brix la concentración de la pasta, con lo cual el proceso de fabricación resulta más económico.

El cuadro 15 del apéndice presenta los promedios de calidad industrial para grados brix organizados por tratamiento y repetición, y como puede observarse en el cuadro 4 el tratamiento E presenta un valor de 4.9 mientras que el tratamiento A tiene 4.3. El cuadro 16 del apéndice contiene el análisis de varianza respectivo, en el cual se establece que no hay diferencia estadística entre los tratamientos.

6.1.7.2. pH

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

En el cuadro 4 puede apreciarse que los tratamientos E y D, tienen valores de pH más bajos, pero por estar muy cerca del límite inferior de 4 son aceptables desde el punto de vista industrial. El cuadro 17 del apéndice contiene organizados por tratamiento y repetición el análisis de calidad para pH por parcela.

Al realizar el análisis de varianza, el cual se presenta en el cuadro 18 del apéndice, indica que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos.

6.1.7.3. Porcentaje de acidez

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

Al observar los valores promedio de este factor en el cuadro 4 y, organizados por tratamiento y repetición en el cuadro 19 del apéndice, puede verse que los tratamientos B y C se encuentran ligeramente abajo del rango aceptable, no así los demás tratamientos, el análisis de varianza del cuadro 20 del apéndice muestra que no hay diferencia estadística significativa, para este factor, entre los tratamientos.

6.2 Uso del agua

Comprende lo relacionado a la lámina de agua consumida y al agotamiento de la humedad aprovechable por los cinco tratamientos.

6.2.1. Lámina de agua consumida

En el cuadro 5 se presentan, el número de riegos aplicados y la lámina total consumida por cada tratamiento durante el ciclo del cultivo.

CUADRO No. 5

Número de riegos y lámina total de agua consumida por cada tratamiento.

Tratamiento	Número de riegos		Lámina total consumida (cm)
	Diferenciales	Totales*	
A (8 días)	8	10	40.60
B (12 días)	5	7	28.21
C (16 días)	4	6	26.40
D (20 días)	3	5	23.84
E (24 días)	2	4	19.89

*Incluye dos riegos generales.

Se hizo la división en riegos diferenciales y totales debido a que los tratamientos se iniciaron cuando el cultivo ya se había establecido, después de la primera limpia y aporque. El riego inicial se efectuó a los 17 días después del trasplante. En el período de establecimiento se efectuó un riego general a los 8 días después del trasplante, en el siguiente riego general se dió principio a los tratamientos lo cual se realizó el primer día del mes de Diciembre de 1 983.

Para el período que va desde el trasplante hasta la aplicación del riego inicial se estimó una lámina de 3.23 cm para todos los tratamientos, que equivale a 2 veces el consumo del primer riego del tratamiento A (8 días), debido a que durante estos 16 días, desde el trasplante hasta el inicio de los tratamientos, no se efectuaron muestreos de control de la humedad.

El cálculo de las láminas de consumo para cada riego se efectuó con base en los datos de porcentajes de humedad obtenidos en los muestreos realizados después y antes de cada riego.

Los datos obtenidos en los muestreos y el cálculo de la lámina consumida en cada intervalo, de los distintos tratamientos, se presentan en los cuadros 21, 22, 23, 24 y 25 del apéndice.

En el cuadro 5 puede observarse que el tratamiento A tuvo una lámina de consumo de 40.60 cm con un total de 8 riegos diferenciales y 2 generales, el intervalo para el mismo fué de 8 días. Con el tratamiento E sucede lo contrario puesto que su lámina de consumo fué de 19.89 cm y el número de riegos diferenciales fué de 2 con un total de 4 riegos, dándose un intervalo entre riegos de 24 días. Con lo cual se observa que a mayor disponibilidad de agua se da un mayor consumo total, o sea que, hay mayor evapotranspiración.

Cabe hacer notar que el tratamiento A presenta una diferencia entre láminas de 12.39 cm respecto al tratamiento B, 14.20 respecto al C y 16.76 cm respecto al D. Sin embargo según lo observado no hay diferencia estadísticamente significativa en cuanto al rendimiento para estos tratamientos.

6.2.2. Agotamiento de la humedad aprovechable

En las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 del apéndice puede observarse como era consumida la humedad aprovechable durante el ciclo, dentro de los

estratos estudiados.

En todos los tratamientos se nota un incremento en el consumo de agua a partir del inicio de la fructificación (40 a 50 días después del trasplante), así mismo, un mayor agotamiento de la humedad aprovechable en los estratos conforme el intervalo de riego se incrementa.

6.2.2.1. Agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento A (riego cada 8 días)

Para el tratamiento A, en la figura 1 del apéndice, puede notarse que la etapa de mayor consumo se da entre 45 y 60 días, llegando a agotar la humedad cerca de un 60% con una media de consumo del 45% para el estrato 0 - 30. En el estrato 30 - 60 se agotó un máximo del 45% de la humedad aprovechable, con un promedio del 27.8% lo cual indica que la planta necesitó en este tratamiento emplear menos energía para extraer el agua del suelo, dando lugar a que el rendimiento fuera más alto.

6.2.2.2. Agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento B (riego cada 12 días)

Para el tratamiento B, figura 2 del apéndice, se observa que el agotamiento de la humedad aprovechable es bastante homogéneo durante todo el ciclo manteniéndose el nivel de consumo entre 50 a 60% de la humedad aprovechable, esto se apreció para el estrato 0 - 30. Para el estrato 30 - 60 se observa que entre los 40 días después del trasplante hay más utilización del agua disponible para este estrato, así también, a los 65 días aproximadamente se llegó a consumir un 43% de la humedad aprovechable.

6.2.2.3. Agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento C (riego cada 16 días)

Con el tratamiento C el consumo es un tanto más marcado llegando a agotar un máximo del 75% de la humedad aprovechable en el estrato de 0 - 30 cm durante la etapa de fructificación. Para el estrato 30 - 60 se llegó a utilizar un máximo del 45% del agua aprovechable. La figura 3 del apéndice muestra el comportamiento de la humedad del tratamiento C.

6.2.2.4. Agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento D (riego cada 20 días)

Para el tratamiento D se efectuaron muestreos intermedios, como puede apreciarse en la figura 4 del apéndice por los quiebres en las curvas de consumo, dándose un mayor consumo de la humedad en los primeros días después del riego y reduciéndose conforme se aproximaba al siguiente riego. Para este tratamiento el agua del suelo en el estrato 0 - 30 se consumió un máximo del 72%. Para el estrato 30 - 60 el consumo máximo de la humedad aprovechable fué del 49%.

6.2.2.5. Agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento E (riego cada 24 días)

Para el tratamiento E al igual que en el tratamiento D, se efectuaron muestreos intermedios. Al observar la figura 5 del apéndice se aprecian quiebres en las curvas de consumo los cuales son más notorios en la curva de consumo del estrato 0 - 30. Puede apreciarse así mismo que el consumo es mayor durante los primeros días después del riego, es decir, antes del muestreo intermedio; el consumo se va haciendo menor a partir del muestreo intermedio, etapa en la cual la tensión a la que es ta retenida el agua por las partículas del suelo se ha incrementado. Pa ra el tratamiento E, la humedad del suelo en el estrato 0 - 30 se consu mió el 73% como máximo, para el estrato 30 - 60 se dió un consumo máximo de la humedad aprovechable equivalente al 47%.

En los resultados obtenidos pudo haber influido el hecho de que du rante los riegos en algunas ocasiones hubo escurrimiento de una parcela que se regaba, mojando algún surco de otra parcela que no le correspondía riego; además durante el transcurso del período de riego las tomas de conducción se llenaban de agua en su totalidad, el agua infiltrada pudo afectar de alguna manera para que el consumo apareciese en menor grado cuando se llegaba a efectuar el muestreo correspondiente. También hubo un desborde del canal de conducción el cual afectó el área experimental inundando las parcelas 101, 102 y 205 (ver figura 13 del apéndice), esto sucedió el día 16 de Enero de 1984.

6.3. Comparaciones entre evapotranspiración medida y evapotranspiración estimada por medio de fórmulas

Como se indica en uno de los objetivos de esta investigación, los

métodos utilizados para estimar evapotranspiración son: Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro (tipo "A"), empleando valores de coeficiente del cultivo (K_c) proporcionados por el Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S.) y obtenidos de la curva única de Hansen (C. Han) para los métodos de Blaney - Criddle y Tanque evaporímetro.

Los cuadros 26, 27 y 28 del apéndice presentan los cálculos de evapotranspiración quincenal para los métodos de Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro respectivamente.

La evapotranspiración de los tratamientos y de las fórmulas dividida en quincenas y el total aparecen en el cuadro 7. Este cuadro contiene los datos que se utilizaron para elaborar las distintas gráficas de evapotranspiración, también se empleo para efectuar la prueba de comparación de medias (prueba de t) y el análisis de regresión y correlación excluyéndose de estos análisis estadísticos la quincena correspondiente al mes de Noviembre, en la cual no se determinó la evapotranspiración para los tratamientos, tal como oportunamente se indico en la sección 6.2.1. de este capítulo.

6.3.1. Comportamiento de la evapotranspiración medida y la evapotranspiración calculada

En el cuadro 6 se resume los resultados de la evapotranspiración total para los tratamientos y los métodos empleados.

CUADRO No. 6

Evapotranspiración total de los tratamientos y las fórmulas.

Tratamiento	Et. Total (cm)	Fórmula	Et. Total (cm)
A	40.60	Blaney - Criddle S. C. S.	32.30
B	28.21	Blaney - Criddle C. Han.	32.23
C	26.40	Hargreaves	38.38
D	23.84	Tanque evaporímetro S. C. S.	29.91
E	19.89	Tanque evaporímetro C. Han.	28.06

Como puede notarse, la fórmula de Hargreaves tiene el valor de evapotranspiración más alto respecto a los demás métodos y que los tratamientos B, C, D y E; siendo éste método el que más se aproxima al tratamiento A, en relación a evapotranspiración total.

CUADRO No. 7

Evapotranspiración quincenal y total en centímetros de los
tratamientos, Blaney - Criddle, Hargreaves y Tanque evaporímetro

Quincena y Mes	T r a t a m i e n t o s					Blaney - Criddle		Har- greaves	Tanque evaporímetro	
	A	B	C	D	E	S.C.S. ^a	C. Han. ^b		S.C.S.	C. Han.
II Nov. ^c	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.91	4.88	5.58	3.19	3.97
I Dic.	5.48	3.84	4.35	3.55	3.68	4.82	6.50	7.89	4.25	5.43
II Dic.	9.12	5.89	6.10	4.53	3.60	7.51	7.60	9.52	6.33	6.07
I Ene.	9.11	5.51	3.49	4.68	2.92	6.25	6.39	7.80	6.69	6.49
II Ene.	7.61	4.94	4.79	4.37	3.65	6.45	5.24	5.62	5.72	4.39
I Feb. ^d	6.05	4.80	4.44	3.48	2.81	3.36	1.62	1.97	3.73	1.71
Total	40.60	28.21	26.40	23.84	19.89	32.30	32.23	38.38	29.91	28.06

a: Evapotranspiración real usando Kc del S.C.S.

b: Evapotranspiración real usando Kc de la Curva de Hansen.

c: Consumo durante el período de riegos generales.

d: Comprende hasta el 11 de Febrero.

En el cuadro 6 se observa que el método de Blaney - Criddle, en este caso, presentó valores de evapotranspiración más altos que los que se obtienen con el método del tanque evaporímetro. Además puede apreciarse que los valores de evapotranspiración total, se manifiestan más altos para los métodos de Blaney - Criddle y tanque evaporímetro cuando se emplea el Kc. del S.C.S. que cuando se emplea el Kc. de la curva única de Hansen.

En las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 del apéndice puede apreciarse como fué el comportamiento de la evapotranspiración medida para cada tratamiento y la calculada por los métodos utilizados para estimar evapotranspiración. Se aprecia que los métodos tienden a seguir el comportamiento de una curva normal.

Para los tratamientos A, B y C (figuras 6, 7 y 8 respectivamente), se aprecia que al final del ciclo los valores de evapotranspiración son superiores a los valores de evapotranspiración estimados por los distintos métodos. Para el tratamiento D (figura 9 del apéndice) se observa que únicamente el método del Tanque evaporímetro con Kc. del S.C.S. el valor de evapotranspiración, al final del ciclo del cultivo, es mayor que el correspondiente al tratamiento D. Con el tratamiento E (figura 10 del apéndice) al final del ciclo del cultivo se observa que el valor de evapotranspiración es menor que el calculado para los métodos de Blaney - Criddle y Tanque evaporímetro que usan el Kc. del S.C.S. Sin embargo a excepción del tratamiento A los valores obtenidos por los métodos indirectos tienden a ser mayores que los obtenidos por los tratamientos restantes (B, C, D y E).

6.3.1.1. Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento A y los métodos

En la figura 6 del apéndice puede apreciarse como fué el comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento A y los métodos indirectos empleados.

Puede observarse que para el tratamiento A durante los primeros días del ciclo del cultivo (durante las quincenas I y II Dic. cuadro 7), los valores de evapotranspiración van en aumento llegando a alcanzar valores máximos de 9.12 y 9.11 cm hacia los 45 - 60 días del ciclo del cultivo, período que coincide con la etapa de fructificación. Pasado de esta etapa la curva de evapotranspiración empieza a decrecer.

En general puede apreciarse que el método de Hargreaves presenta los valores de evapotranspiración más altos comparándolo con los otros métodos; también se observa que la máxima demanda evapotranspirativa para el tratamiento A y los métodos de Blaney - Criddle y Hargreaves se da a los 48 días (que coincide con la etapa de fructificación), en cambio para el método del Tanque evaporímetro la máxima demanda ocurre aproximadamente a los 63 días del ciclo del cultivo.

6.3.1.2. Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento B y los métodos

En la figura 7 del apéndice se aprecia el comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento B y los métodos. Se observa que la evapotranspiración, para el tratamiento B, desde el trasplante hasta los 48 días va aumentando alcanzando en este período un valor máximo de 5.89 cm después de esta etapa la curva de evapotranspiración es decreciente. Puede observarse que durante todo el ciclo los valores de evapotranspiración del tratamiento B son menores que los obtenidos para los diferentes métodos.

Durante los primeros 45 días aproximadamente el comportamiento de la curva de evapotranspiración para el tratamiento B se asemeja a las curvas obtenidas para los métodos de Blaney - Criddle y Tanque evaporímetro que usan el Kc. del S.C.S. Pasado de este período el comportamiento de la curva de evapotranspiración para el tratamiento B se manifiesta diferente a las curvas de todos los métodos estudiados.

6.3.1.3. Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento C y los métodos

El comportamiento de la evapotranspiración quincenal medida en el campo para el tratamiento C y la estimada para los distintos métodos es estudiados puede observarse en el cuadro 7 y en la figura 8 del apéndice.

Se aprecia que la curva de evapotranspiración para el tratamiento C, desde el trasplante hasta los 30 días es muy similar a la curva de evapotranspiración obtenida para el Tanque evaporímetro (siendo levemente superior a éste), a los 48 días se observa que alcanza el valor máximo de evapotranspiración con 6.1 cm. En el período de 48 hasta 63 días se da una disminución en la evapotranspiración para luego incrementarse

hasta llegar a los 80 días donde decrece nuevamente. Este fenómeno se observa que ocurre también en la curva de evapotranspiración obtenida para el método de Blaney - Criddle que usa el Kc. del S.C.S.

En general el comportamiento de la curva de evapotranspiración para el tratamiento C es similar al método de Blaney - Criddle que usa el Kc. del S.C.S. pero con valores menores que éste.

6.3.1.4. Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento D y los métodos

En la figura 9 del apéndice se presentan las curvas de evapotranspiración quincenal para el tratamiento D y los métodos indirectos estudiados.

Se aprecia que los valores de evapotranspiración para el tratamiento D son menores que los calculados para los métodos de Hargreaves, Blaney - Criddle y Tanque evaporímetro empleados en esta investigación. El tratamiento D alcanza el valor máximo de evapotranspiración a los 63 días después del trasplante con 4.68 cm, tal como ocurre con el método del Tanque evaporímetro.

Durante todo el ciclo del cultivo el comportamiento de la curva de evapotranspiración para el tratamiento D, es similar a la curva del Tanque evaporímetro con Kc. del S.C.S. pero con valores de evapotranspiración más bajos para el tratamiento D.

6.3.1.5. Comportamiento de la evapotranspiración quincenal del tratamiento E y los métodos

La figura 10 del apéndice muestra el comportamiento de la evapotranspiración quincenal para el tratamiento E y los métodos para estimar evapotranspiración empleados en esta investigación. Se observa que el tratamiento E muestra valores máximos de evapotranspiración a los 30 y 80 días con 3.68 y 3.65 cm respectivamente y un decremento de la evapotranspiración a los 68 días.

Durante todo el ciclo los valores de evapotranspiración medidos para el tratamiento E son menores que los estimados para los diferentes métodos. Se observa una leve similitud entre las curvas de evapotranspiración del tratamiento E y el método de Blaney - Criddle que usa el Kc. proporcionado por el S.C.S.

6.3.2. Relación evapotranspiración - evaporación

En el cuadro 8 se observa los valores de evaporación reportados por el Tanque evaporímetro y los valores de evapotranspiración obtenidos para los 5 tratamientos, también la evaporación y la evapotranspiración quincenal acumulada.

La evaporación en tanque es un fenómeno afectado por los mismos factores que influyen sobre la evapotranspiración, a excepción del factor planta, por lo cual los valores de evaporación normalmente son diferentes cuantitativamente a los valores de evapotranspiración. La figura 11 del apéndice muestra el comportamiento de las curvas de evaporación y evapotranspiración acumuladas para los cinco tratamientos.

En todo el ciclo los valores de evaporación siempre fueron superiores a los valores de evapotranspiración obtenidos para los 5 tratamientos.

La relación evapotranspiración - evaporación varía a lo largo del ciclo del cultivo como puede observarse en el cuadro 9. También puede apreciarse que la relación evapotranspiración - evaporación es más alta conforme más humedad exista dentro del suelo, lo que equivale a decir que a tratamientos más húmedos la relación será más alta, mientras que a tratamientos más secos les corresponderán valores más bajos en la relación de evapotranspiración - evaporación. También se aprecia que el valor máximo de la relación evapotranspiración - evaporación para los tratamientos A, B y D se dio en la quincena I Ene., para los tratamientos C y E fue en la quincena II Dic. cuando se dio el valor máximo. Además se observa que antes de este período la relación es creciente, pero después decrece para encontrarse un nuevo incremento hacia el final del ciclo del cultivo.

En la figura 12 del apéndice puede observarse el comportamiento de las curvas de la relación evapotranspiración - evaporación para los 5 tratamientos, con ésta figura se da más claridad a lo observado en el cuadro 9 acerca de la relación evapotranspiración - evaporación.

6.3.3. Comparación de medias o prueba de t para evapotranspiración quincenal entre los tratamientos y los métodos

En el cuadro 10 se presentan los valores obtenidos para la comparación de medias o prueba de t de la evapotranspiración quincenal medida

CUADRO No. 8

Evaporación quincenal y acumulada del tanque evaporímetro y
evapotranspiración quincenal y acumulada de los tratamientos.

Quincena y Mes	Evaporacion del tanque		Evapotranspiración de los tratamientos									
	Ev.	Ev. a.	A		B		C		D		E	
			Et.	Et. a.	Et.	Et. a.	Et.	Et. a.	Et.	Et. a.	Et.	Et. a.
II Nov. ^a	9.45	9.45	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23
I Dic.	8.72	18.17	5.48	8.71	3.84	7.07	4.35	7.58	3.55	6.78	3.68	6.91
II Dic.	8.61	26.78	9.12	17.83	5.89	12.96	6.10	13.68	4.53	11.31	3.60	10.51
I Ene.	9.11	35.89	9.11	26.94	5.51	18.47	3.49	17.17	4.68	15.99	2.92	13.43
II Ene.	10.73	46.62	7.61	34.55	4.94	23.41	4.79	21.96	4.37	20.36	3.65	17.08
I Feb. ^b	8.20	54.82	6.05	40.60	4.80	28.21	4.44	26.40	3.48	23.84	2.81	19.89
Total	54.82		40.60		28.21		26.40		23.84		19.89	

Nota: todos los valores estan expresados en centímetros.

a = Los datos de Et. corresponden al período de riegos generales.

b = Comprende hasta el 11 de Febrero.

Et.= Evapotranspiración.

Et. a. = Evapotranspiración acumulada.

Ev.= Evaporación.

Ev. a. = Evaporación acumulada.

CUADRO No. 9

Relación entre evapotranspiración quincenal acumulada de los
tratamientos y la evaporación quincenal acumulada del tanque evaporímetro.

Quincena y Mes	Ev. Acu- mulada en tanque	T r a t a m i e n t o s									
		A		B		C		D		E	
		Et. a.	Et/Ev	Et. a.	Et/Ev	Et. a.	Et/Ev	Et. a.	Et/Ev	Et. a.	Et/Ev
II Nov. ^a	9.45	3.23	0.34	3.23	0.34	3.23	0.34	3.23	0.34	3.23	0.34
I Dic.	18.17	8.71	0.48	7.07	0.39	7.58	0.42	6.78	0.37	6.91	0.38
II Dic.	26.78	17.83	0.67	12.96	0.48	13.68	0.51	11.31	0.42	10.51	0.39
I Ene.	35.89	26.94	0.75	18.47	0.51	17.17	0.48	15.99	0.45	13.43	0.37
II Ene.	46.62	34.55	0.74	23.41	0.50	21.96	0.47	20.36	0.44	17.08	0.37
I Feb. ^b	54.82	40.60	0.74	28.21	0.51	26.40	0.48	23.84	0.43	19.89	0.36

Nota: Los valores de evapotranspiración y evaporación estan expresados en centímetros.

a: Los datos de Et. corresponden al período de riegos generales.

b: Comprende hasta el 11 de Febrero.

para los tratamientos y la calculada por los métodos utilizados.

CUADRO No. 10

Comparación de medias o prueba de t,
entre Et. quincenal de los tratamientos y los métodos

Tratamientos	A	B	C	D	E
Fórmulas					
Blaney - Criddle S. C. S.	4.19*	-1.23	-1.62	-3.05*	-3.64*
Blaney - Criddle C. Han.	2.25	-0.48	-0.84	-1.50	-2.64
Hargreaves	0.83	-1.25	-1.55	-2.08	-2.68
Tanque evaporímetro S. C. S.	7.98*	-0.91	-1.05	-3.69*	-3.43*
Tanque evaporímetro C. Han.	3.74*	0.22	-0.20	-0.99	-1.87

t tabulada al 0.05 = 2.78

Esta comparación de medias se realizó para verificar la similitud de los valores de evapotranspiración medidos y los calculados; se efectuó con un nivel de significancia del 5%. Los valores de t calculados que aparecen con signo negativo, indican que las medias de los tratamientos se encuentran por debajo de las medias de los métodos usados.

6.3.3.1. Método de Blaney - Criddle con Kc. del S.C.S.

Se observa en el cuadro 10 que con este método hay diferencia estadística entre las medias de evapotranspiración de los tratamientos A, D y E, no hay diferencia significativa con los tratamientos B y C. Esto orienta a pensar que éste método se adapta mejor para estimar la evapotranspiración cuando las condiciones de humedad en el suelo no son demasiado húmedas como en el tratamiento de 8 días (A), ni demasiado secas como sucede con los tratamientos de 20 y 24 días de intervalo de riego.

6.3.3.2. Método de Blaney - Criddle con Kc. de la curva única de Hansen

Este método no presenta diferencia significativa estadísticamente con las medias de evapotranspiración en los cinco tratamientos, como se observa en el cuadro 10. Además puede apreciarse que los tratamientos B y C presentan los valores de t más bajos respecto a este método, es decir que para este caso, las medias quincenales de evapotranspiración para el método de Blaney - Criddle con Kc. de la C. Han. se aproximan

más a las medias de evapotranspiración quincenal obtenidas para los tratamientos B y C, no siendo así con los tratamientos A, D y E que presentan valores un poco diferentes.

6.3.3.3. Método de Hargreaves

El método de Hargreaves no presenta diferencia significativa entre las medias de evapotranspiración quincenal respecto a los 5 tratamien-tos. En el cuadro 10 se aprecia que el valor de t más bajo lo presenta con el tratamiento A, lo cual quiere decir que, los datos estimados por este método se aproximan más a los valores obtenidos para el tratamien-to A, además se observa que conforme más seco es el tratamiento el va-lor de t calculado se va haciendo más grande en este caso.

6.3.3.4. Método del Tanque evaporímetro con K_c del S.C.S.

En el cuadro 10 puede observarse que para el método del tanque evaporímetro existe diferencia significativa entre las medias de evapotranspiración quincenal de los tratamientos A, D y E pero no hay diferencia estadística con los tratamientos B y C. El valor de t más bajo se observa con el tratamiento B (riego cada 12 días).

En este método se presenta una situación similar a la ocurrida con el método de Blaney - Criddle con K_c del S.C.S. en la que cuando el suelo tiene mucha humedad como en el tratamiento A, o bien cuando está muy seco como en los tratamientos D y E la estimación de la evapotranspira-ción presenta diferencia con respecto a los valores de evapotranspira-ción obtenidos en el campo.

6.3.3.5. Método del Tanque evaporímetro con K_c de la curva única de Hansen

Para el método del Tanque evaporímetro con K_c de la C. Han., se aprecia en el cuadro 10 que, únicamente el tratamiento A tiene diferen-cia estadística respecto a las medias de evapotranspiración quincenal de éste método y las del tratamiento de 8 días (A).

Puede observarse también que los valores de t calculados de los tratamientos B y C son los más bajos respecto a los demás tratamientos.

Por medio de esta prueba de t puede observarse que, para este caso, el método del Tanque evaporímetro con K_c de la C. Han. se adapta mejor

para la estimación de evapotranspiración cuando las condiciones de humedad del suelo no son muy altas, no siendo muy conveniente su empleo cuando se tiene condiciones de humedad como las observadas en el tratamiento A (riego cada 8 días).

6.3.4. Análisis de regresión y correlación para la evapotranspiración quincenal entre los tratamientos y los métodos

Para los análisis de regresión y correlación se utilizaron seis modelos, siendo los siguientes: Lineal, Geométrico, Logarítmico, Cuadrático, Raíz cuadrada y Gamma; también se determinó el valor de F para evaluar la ecuación de la regresión.

Los cuadros 29, 30, 31, 32 y 33 del apéndice presentan los coeficientes de correlación y los valores de F de los seis modelos de regresión para los tratamientos A, B, C, D y E respectivamente.

Debido a que los valores críticos de correlación varían de acuerdo al modelo de regresión que se emplee, fué necesario estandarizar estos coeficientes, haciendo una transformación a valores de "t", planteandose la hipótesis siguiente: "Los coeficientes de correlación son iguales a cero"; la hipótesis alternativa planteada es: "Los coeficientes de correlación son distintos de cero". Con los valores de t, se tiene más facilidad para realizar la prueba de las hipótesis para los coeficientes de correlación.

Con esta prueba de hipótesis y los valores de F, se trato de determinar cual modelo de regresión describe en mejor forma el comportamiento de la evapotranspiración observada para cada uno de los tratamientos y la calculada por los métodos utilizados en esta investigación.

6.3.4.1. Método de Blaney - Criddle con K_c del S.C.S.

En el cuadro 34 del apéndice aparecen las transformaciones de los coeficientes de correlación a valores de t y los valores de F para el método de Blaney - Criddle con K_c del S.C.S. respecto a los cinco tratamientos.

Se observa que de acuerdo a la hipótesis planteada no hay correlación para los 6 modelos con los tratamientos A, B y C; con el tratamiento D si hay correlación para los 6 modelos y con el tratamiento E no hay correlación con los modelos lineal, geométrico y logarítmico y si

hay correlación con los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma.

Por la prueba de F se aprecia que para los tratamientos A, B y C todos los modelos de regresión describen el comportamiento de la evapotranspiración; para el tratamiento D únicamente los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma describen el comportamiento de la evapotranspiración; con el tratamiento E los modelos lineal, geométrico, logarítmico y raíz cuadrada, sí describen el comportamiento de la evapotranspiración, los modelos cuadrático y gamma no describen el comportamiento de la evapotranspiración para este tratamiento.

6.3.4.2. Método de Blaney - Criddle con Kc. de la curva de Hansen

En el cuadro 35 del apéndice aparecen los coeficientes de correlación transformados a valores de t y los valores de F para el método de Blaney - Criddle con Kc. de la C. Han. respecto a los 5 tratamientos.

Se puede observar que no hay correlación, en los seis modelos, entre este método y los tratamientos A, B, C y D; con el tratamiento E hay correlación en los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma.

Al observar los valores de F se encuentra que todos los modelos de regresión describen el comportamiento de la evapotranspiración para los cinco tratamientos.

6.3.4.3. Método de Hargreaves

El cuadro 36 del apéndice contiene los coeficientes de correlación transformados a valores de t, además los valores de F para evaluar los modelos de regresión para el método de Hargreaves respecto a los cinco tratamientos contemplados dentro de la investigación.

Se observa que para los tratamientos A, C y D no hay correlación en los seis modelos para este método; para el tratamiento B no hay correlación con los modelos lineal, geométrico, logarítmico y gamma, en los modelos cuadrático y raíz cuadrada sí hay correlación; con el tratamiento E no hay correlación en los modelos lineal, geométrico y logarítmico pero en los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma sí hay correlación.

Puede apreciarse además por los valores de F que todos los modelos de regresión describen el comportamiento de la evapotranspiración obser

vada para los 5 tratamientos.

6.3.4.4. Método del Tanque evaporímetro con K_c del S.C.S.

Los coeficientes de correlación transformados a valores de t y los valores de F para los modelos de regresión obtenidos para el método del Tanque evaporímetro con K_c del S.C.S. aparecen en el cuadro 37 del apéndice.

Se observa que para los tratamientos A y D sí hay correlación en todos los modelos, para los tratamientos B y C no hay correlación con ningún modelos y para el tratamiento E hay correlación en los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma, en los modelos lineal, geométrico y logarítmico no hay correlación.

Para el tratamiento A solo los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma describen el comportamiento de la evapotranspiración, según los valores de F obtenidos.

Para los tratamientos B y C todos los modelos describen el comportamiento de la evapotranspiración; con el tratamiento D ningún modelo se adecúa para describir el comportamiento de la evapotranspiración empleando este método de cálculo; para el tratamiento E los modelos que describen el comportamiento de la evapotranspiración según los valores de F obtenidos son el lineal, el geométrico y el logarítmico, los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma no son adecuados para describir la evapotranspiración de este tratamiento empleando este método.

6.3.4.5. Método del Tanque evaporímetro con K_c de la curva de Hansen

En el cuadro 38 del apéndice puede apreciarse que con este método no hay correlación con los tratamientos A, B, C y D en ninguno de los seis modelos; con el tratamiento E se observa que sí hay correlación en los modelos cuadrático, raíz cuadrada y gamma; en los modelos lineal, geométrico y logarítmico no hay correlación.

Se observa también que de acuerdo con los valores de F obtenidos, todos los modelos de regresión describen el comportamiento de la evapotranspiración para los cinco tratamientos respecto a la estimada por el método del Tanque evaporímetro con K_c de la curva única de Hansen.

7. CONCLUSIONES

1. El empleo de diferentes frecuencias de riego sí tiene influencia sobre el rendimiento y el número de frutos no comerciales en el cultivo de tomate; no influye estadísticamente en este caso sobre las variables número de frutos totales y comerciales, número de plantas vivas finales y muertas durante el ciclo.
2. El rendimiento estadísticamente es igual para los tratamientos con intervalo de riego de 8, 12, 16 y 20 días, siendo diferente solo en el tratamiento con riego cada 24 días. Sin embargo el tratamiento de 8 días supera en 2.15 Tm/ha al tratamiento de 12 días, en 3.09 Tm/ha al tratamiento de 16 días y en 7.8 Tm/ha al tratamiento de 20 días. Sería el criterio económico el que ayudaría a determinar cual es el tratamiento más recomendable para utilizar en la región, pero actualmente no existe la información necesaria.
3. En el número de frutos totales no existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, sin embargo se observó que el número de frutos varía directamente con la humedad del suelo.
4. En el tratamiento de 8 días se obtuvo el mayor número de frutos comerciales debido posiblemente a que la disponibilidad de agua fué mayor, para los tratamientos de 12 y 16 días el comportamiento para esta variable fué similar siendo levemente superior el tratamiento de 16 días; el tratamiento de 24 días produjo el menor número de frutos comerciales.
5. Los tratamientos más húmedos (riego cada 8 y 12 días), produjeron más frutos no comerciales perdiéndose el 16.92 y 14.86% del total de frutos respectivamente. Sin embargo el tratamiento más seco (riego cada 24 días) les siguió en su orden perdiéndose el 13.95% del total de frutos. Estadísticamente hay diferencia entre

los tratamientos para la variable número de frutos no comerciales. El tratamiento con el promedio más bajo fué el tratamiento de 20 días, seguido por el tratamiento de 16 días, presentando una pérdida del 11.14 y 10.10% del total de frutos respectivamente.

6. El análisis de calidad industrial del fruto manifiesta que las diferentes frecuencias de riego no tiene efecto estadísticamente significativo sobre los factores considerados (grados brix, pH y porcentaje de acidez), sin embargo los valores obtenidos para pH y porcentaje de acidez en algunos tratamientos se encuentran ligeramente fuera de los rangos aceptables.
7. Las diferentes frecuencias de riego influyen en las tasas de evapotranspiración, así se tiene que, el tratamiento de 8 días fué el que más evapotranspiró; a medida que el intervalo de riego se hace más amplio la tasa de evapotranspiración se reduce, hasta llegar al tratamiento de 24 días en el que la tasa de evapotranspiración que se tuvo fué la más pequeña. En general se observa que el agotamiento de la humedad aprovechable, para los estratos estudiados, va aumentando conforme se amplía el intervalo de riego.
8. Para los tratamientos de 8, 12 y 16 días los valores de evapotranspiración son máximos durante la etapa de fructificación.
9. El valor de la evapotranspiración estimada por los distintos métodos manifiesta diferencia respecto a la evapotranspiración medida en el campo. Según la prueba de "t" los métodos de Blaney - Criddle y Tanque evaporímetro con Kc. del servicio de conservación de suelos son aplicables para estimar evapotranspiración para condiciones de humedad como las observadas en los tratamientos de 12 y 16 días; no siendo así para condiciones como las observadas para tratamientos relativamente húmedos como el de 8 días, o relativamente secas como en los tratamientos de 20 y 24 días. Para esta investigación, con los métodos de Blaney - Criddle con Kc. de la curva única de Hansen, los valores de evapotranspiración quincenal estimados estuvieron más próximos a los obtenidos para los tratamientos de 12 y 16 días; para el tratamiento de 20 días se dió una buena a-

proximación con los métodos de Blaney - Criddle y del Tanque evaporímetro con K_c de la curva de Hansen. El método de Hargreaves, se adecúa mejor para estimar evapotranspiración cuando las condiciones de humedad del suelo son relativamente altas como las observadas en el tratamiento de riego cada 8 días.

10. Para determinar cual es el método más recomendable para estimar la evapotranspiración es necesario contar con mayor cantidad de datos que los generados en una sola investigación, sin embargo preliminarmente se consideran aceptables los métodos de Blaney - Criddle y Tanque evaporímetro utilizando coeficientes de desarrollo propuestos por el servicio de conservación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la curva única de Hansen.

8. RECOMENDACIONES

1. Que este tipo de investigaciones se continúe realizando en la misma región, época y cultivo para confirmar los resultados obtenidos, así mismo, se realice en otras regiones y con otros cultivos para tener una información más completa de las necesidades de agua y la aplicabilidad de los métodos para estimar evapotranspiración.
2. Para futuras investigaciones similares a ésta, es conveniente que se inicie los tratamientos desde el momento del trasplante, pues dejando un período de establecimiento del cultivo podría afectar los resultados obtenidos.
3. Para facilitar la conducción y el manejo del agua hacia las parcelas se recomienda levantar tomas de conducción entre cada dos bloques, permitiendo de esta forma regar un bloque hacia cada lado de la toma.
4. Se recomienda revestir con plástico las tomas de conducción dentro del área experimental, para evitar en lo posible el efecto que pudiera tener la infiltración lateral.
5. Por los resultados observados se recomienda se diseñen posteriores trabajos en función de varias etapas fenológicas del cultivo. Pudiendo iniciarse con dos etapas, así, antes y después de la fructificación.
6. Considerando que los rendimientos de los tratamientos de 8, 12 y 16 días son superiores a la media de la región, se recomienda buscando los medios de transferencia hacia los agricultores de la región, usar un intervalo de riego que varíe entre estas frecuencias.

7. Se recomienda establecer cuales son los costos del agua al emplear diferentes frecuencias de riego para que sea a través del criterio económico la determinación de cual es la frecuencia de riego que se adecúa más para el cultivo en cada región.

9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA CONTRERAS, M. Relaciones agua-suelo-planta atmósfera. Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Universidad de Chapingo, Facultad de Agronomía, 1979. 321 p.
2. BARILLAS KLE, 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.
3. BERNARD, O. Estadística aplicada, técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. México, Limusa, 1981. 629 p.
4. CASSERES, E. Producción de hortalizas. 3a ed. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 387 p.
5. DETERMINACION DEL uso consuntivo por el método gravimétrico; aplicación del método racional para el cálculo de uso consuntivo. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. Apuntes Técnicos no. 12. 1979. 16 p.
6. DOOREMBOS, J. y KASSAM, A. H. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO. Riego y Drenaje no. 33. 1979. 212 p.
7. EDMON, J. B., SENN, T. L. y ANDREWS, F. S. Principios de horticultura. 3a ed. México, CECSA, 1976. 575 p.
8. FARRINGTON, W. y PORRES GRAJEDA, O. Proyecto de irrigación del valle de La Fragua. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Depto. de Recursos Hidráulicos, 1964. 118 p.
9. FORSYTHE, W. Física de suelos; manual de laboratorio. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 212 p.
10. GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje, Material Didáctico no. RD-8. 1975. 88 p.

11. _____. Aspectos metodológicos para la determinación experimental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje, Material Didáctico no. RD-26. 1978. 110 p.
12. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Proyecto de riego de La Fragua, Guatemala. Guatemala, Piedra Santa, s. n. t.
13. _____. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS, DIRECCION TECNICA DE RIEGO Y AVENAMIENTO. Boletín Estadístico (Guatemala) no. 11:155. 1983.
14. HERNANDEZ YAÑEZ, C. Guía para el establecimiento de experimentos en riego superficial en los distritos y unidades de riego. México, SARH, 1981. 64 p.
15. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. E. Principios y aplicaciones del riego. Traducido por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté, 1979. 396 p.
16. MORTENSEN, E. y BULLARD, E. Horticultura tropical y subtropical. Traducido por José Meza Falliner. 2a ed. México, Pax, 1971. 182 p.
17. PALACIOS VELEZ, E. Cuanto, cuando y como regar. México, Dirección General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico no. 195. 1963. 138 p.
18. _____. Estimación de los requerimientos de agua de los cultivos para conocer el cuando y cuanto regar. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. Boletín Técnico no. 11. 1981. 29 p.
19. PERU. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Generalidades en el cultivo de hortalizas. Perú, 1977. pp. 117-143, 196-198.
20. RABIN, S., GAN, R. y BAGG, J. Cultivo de tomate. Guatemala, Ministerio de Agricultura, s. f. 18 p.
21. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. Traducido por Emilio Avila de la Torre. México, Diana, 1972. 99 p.

10. APENDICE

CUADRO No. 1

Resultados organizados para rendimiento en Tm/ha
por tratamiento y repetición.

Frecuencias Bloques	A 8 días	B 12 días	C 16 días	D 20 días	E 24 días
I	29.72	32.44	32.11	22.47	25.64
II	24.89	26.97	23.50	26.67	7.53
III	35.94	25.00	23.17	13.64	20.64
IV	32.28	29.81	31.69	28.86	21.33
Total	122.83	114.22	110.47	91.64	75.14
$\bar{X}$	30.71	28.56	27.62	22.91	18.79

CUADRO No. 2

Análisis de varianza para rendimiento.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	178.67	59.56	2.30	3.49
Tratamientos	4	370.08	92.52	3.57	3.26
Error	12	310.75	25.90		
Total	19	859.50			

CUADRO No. 3

Prueba de Tukey para rendimiento.

Tratamientos	Promedios
A (8 días)	30.71
B (12 días)	28.56
C (16 días)	27.62
D (20 días)	22.91
E (24 días)	18.79

CUADRO No. 4

Resultados organizados para número de frutos totales por tratamiento y repetición.

Frecuencias	A	B	C	D	E
Bloques	8 días	12 días	16 días	20 días	24 días
I	2 666	2 376	2 623	1 702	2 309
II	2 197	2 385	1 924	2 193	753
III	2 592	2 200	2 006	1 170	1 803
IV	2 401	2 246	2 277	2 156	1 842
Total	9 856	9 207	8 830	7 221	6 707
$\bar{X}$	2 464	2 302	2 208	1 805	1 677

CUADRO No. 5

Análisis de varianza para número de frutos totales.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	6.365 6 E5	2.121 9 E5	1.41	3.49
Tratamientos	4	1.801 5 E6	4.503 7 E5	3.00	3.26
Error	12	1.804 1 E6	1.503 4 E5		
Total	19	4.242 2 E6			

CUADRO No. 6

Resultados organizados para número de frutos comerciales por tratamiento y repetición.

Frecuencias	A	B	C	D	E
Bloques	8 días	12 días	16 días	20 días	24 días
I	2 025	2 069	2 292	1 459	1 915
II	1 793	1 967	1 715	1 970	670
III	2 277	1 853	1 783	1 038	1 584
IV	2 094	1 951	2 150	1 949	1 604
Total	8 189	7 840	7 940	6 416	5 773
$\bar{X}$	2 047	1 960	1 985	1 604	1 443

CUADRO No. 7

Análisis de varianza para número de frutos comerciales

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	4.256 9 E5	1.419 0 E5	1.21	3.49
Tratamientos	4	1.145 8 E6	2.864 5 E5	2.43	3.26
Error	12	1.513 0 E6	1.177 5 E5		
Total	19	2.984 5 E6			

CUADRO No. 8

Resultados organizados para número de frutos no comerciales por tratamiento y repetición.

Frecuencias	A	B	C	D	E
Bloques	8 días	12 días	16 días	20 días	24 días
I	641	307	331	243	394
II	404	418	209	223	83
III	315	347	223	132	219
IV	307	295	127	207	238
Total	1 667	1 367	890	805	934
$\bar{X}$	417	342	223	201	234

CUADRO No. 9

Análisis de varianza para número de frutos no comerciales.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	69 440.95	23 146.98	3.11	3.49
Tratamientos	4	136 536.30	34 134.08	4.58	3.26
Error	12	89 403.30	7 450.28		
Total	19	295 380.55			

CUADRO No. 10

Prueba de Tukey para número de frutos no comerciales.

Tratamientos	Promedios
A (8 días)	417
B (12 días)	342
E (24 días)	234
C (16 días)	223
D (20 días)	201

CUADRO No. 11

Resultados organizados para número de plantas vivas finales por tratamiento y repetición.

Frecuencias	A	B	C	D	E
Bloques	8 días	12 días	16 días	20 días	24 días
I	230	233	225	226	224
II	203	215	220	209	187
III	223	216	212	200	217
IV	199	216	187	200	212
Total	855	880	844	835	840
$\bar{X}$	214	220	211	209	210

CUADRO No. 12

Análisis de varianza para número de plantas vivas finales.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	1 778.19	592.73	5.86	3.49
Tratamientos	4	320.69	80.17	0.79	5.91
Error	12	1 213.31	101.11		
Total	19	3 312.19			

CUADRO No. 13

Resultados organizados para número de plantas muertas durante el ciclo por tratamiento y repetición.

Frecuencias Bloques	A 8 días	B 12 días	C 16 días	D 20 días	E 24 días
I	14	30	2	8	9
II	29	10	10	3	41
III	9	17	14	27	15
IV	27	8	9	12	18
Total	79	65	35	50	83
$\bar{X}$	20	16	9	13	21

CUADRO No. 14

Análisis de varianza para número de plantas muertas durante el ciclo.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	96.4	32.13	0.26	8.74
Tratamientos	4	402.8	100.70	0.82	5.91
Error	12	1 471.6	122.63		
Total	19	1 970.8			

CUADRO No. 15

Resultados organizados del análisis de calidad industrial para grados brix.

Frecuencias Bloques	A 8 días	B 12 días	C 16 días	D 20 días	E 24 días
I	3.9	4.0	4.5	4.6	5.0
II	4.3	4.2	4.4	4.8	5.7
III	4.6	5.0	4.8	5.0	4.4
IV	4.2	4.3	4.7	4.8	4.6
$\bar{X}$	4.3	4.4	4.6	4.8	4.9

CUADRO No. 16

Análisis de varianza para grados brix.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	0.405 5	0.135 2	1.02	3.49
Tratamientos	4	1.343 0	0.335 8	2.52	3.26
Error	12	1.597 0	0.133 1		
Total	19	3.345 5			

CUADRO No. 17

Resultados organizados del análisis de calidad industrial para pH.

Frecuencias	A	B	C	D	E
Bloques	8 días	12 días	16 días	20 días	24 días
I	3.82	3.79	3.84	3.78	3.80
II	3.85	3.85	3.82	3.79	3.71
III	3.82	3.79	3.81	3.77	3.84
IV	3.81	3.85	3.82	3.75	3.78
$\bar{X}$	3.83	3.82	3.82	3.77	3.78

CUADRO No. 18

Análisis de varianza para pH.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	0.000 1	0.000 0	0.01	8.74
Tratamientos	4	0.010 0	0.002 5	2.04	3.26
Error	12	0.014 7	0.001 2		
Total	19	0.024 7			

CUADRO No. 19

Resultados organizados del análisis de calidad industrial para porcentaje de acidez.

Frecuencias Bloques	A 8 días	B 12 días	C 16 días	D 20 días	E 24 días
I	0.43	0.41	0.38	0.41	0.43
II	0.39	0.36	0.37	0.45	0.42
III	0.39	0.43	0.41	0.41	0.38
IV	0.38	0.37	0.40	0.44	0.42
$\bar{X}$	0.40	0.39	0.39	0.43	0.41

CUADRO No. 20

Análisis de varianza para porcentaje de acidez.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc.	Ft.
Repeticiones	3	0.000 5	0.000 2	0.26	8.74
Tratamientos	4	0.004 0	0.001 0	1.50	3.26
Error	12	0.008 0	0.000 7		
Total	19	0.012 5			

CUADRO No. 21

Control de la humedad y cálculo de la
lámina consumida, tratamiento "A".

Estrato. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)		Diferencia		D. A. ^a	L. T. C. ^b (cm)
	Después de riego Fecha	% Ajustado ^c	Antes de riego Fecha	Porcentaje		
0 - 30	3-12-83	24.23	8-12-83	20.67	3.56	1.51
30 - 60		22.55		20.68	1.87	1.65
0 - 30	11-12-83	22.82	16-12-83	17.08	5.74	1.51
30 - 60		22.46		19.79	2.67	1.65
0 - 30	19-12-83	22.51	24-12-83	17.15	5.36	1.51
30 - 60		21.57		18.13	3.44	1.65
0 - 30	27-12-83	23.84	1-1-84	16.54	7.30	1.51
30 - 60		22.52		18.40	4.12	1.65
0 - 30	4-1-84	22.04	9-1-84	15.42	6.62	1.51
30 - 60		21.07		16.19	4.88	1.65
0 - 30	12-1-84	23.74	17-1-84	18.81	4.93	1.51
30 - 60		20.36		17.24	3.12	1.65
0 - 30	20-1-84	23.93	25-1-84	20.52	3.41	1.51
30 - 60		23.08		20.08	3.00	1.65
0 - 30	28-1-84	24.15	2-2-84	17.94	6.21	1.51
30 - 60		21.54		17.02	4.52	1.65
0 - 30	5-2-84	22.94	11-2-84	17.34	5.60	1.51
30 - 60		21.44		18.17	3.27	1.65
Lámina parcial						37.38
Consumo riegos generales						3.23
Lámina total						40.61

a: Densidad aparente.

b: Lámina total consumida.

c: Ajuste por los días no incluidos entre los muestreos.

CUADRO No. 22

Control de la humedad y cálculo de la
lámina consumida, tratamiento "B".

Estrato. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)		Diferencia		D. A.	L. T. C. (cm)
	Después de riego Fecha	% Ajustado	Antes de riego Fecha	Porcentaje		
0 - 30	3-12-83	23.12	12-12-83	17.44	5.66	2.57
30 - 60		20.19		19.22	0.97	0.48
0 - 30	15-12-83	21.60	24-12-83	16.51	5.09	2.31
30 - 60		21.46		16.61	4.85	2.40
0 - 30	27-12-83	21.91	5-1-84	15.30	6.61	2.99
30 - 60		19.44		17.55	1.89	0.94
0 - 30	8-1-84	23.19	17-1-84	16.55	6.64	3.01
30 - 60		19.76		16.31	3.45	1.71
0 - 30	20-1-84	22.78	29-1-84	17.20	5.58	2.53
30 - 60		19.61		18.02	1.59	0.79
0 - 30	1-2-84	21.96	11-2-84	14.84	7.12	3.23
30 - 60		21.02		16.95	4.07	2.02
Lámina parcial						24.98
Consumo riegos generales						3.23
Lámina total						28.21

CUADRO No. 23

Control de la humedad y cálculo de la
lámina consumida, tratamiento "C".

Estrato. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)				Diferencia %	D. A.	L. T. C. (cm)
	Después de riego Fecha	% Ajustado	Antes de riego Fecha	Porcentaje			
0 - 30	3-12-83	23.11	16-12-83	15.78	7.33	1.51	3.32
30 - 60		20.30		17.63	2.67	1.65	1.32
0 - 30	19-12-83	23.14	1-1-84	14.13	9.01	1.51	4.08
30 - 60		21.65		16.49	5.16	1.65	2.55
0 - 30	4-1-84	20.84	17-1-84	15.58	5.26	1.51	2.38
30 - 60		18.44		16.65	1.79	1.65	0.89
0 - 30	20-1-84	22.01	2-2-84	15.51	6.50	1.51	2.95
30 - 60		20.47		16.03	4.44	1.65	2.20
0 - 30	5-2-84	22.40	11-2-84	18.36	4.04	1.51	1.83
30 - 60		20.21		16.88	3.33	1.65	1.65
Lámina parcial							23.17
Consumo riegos generales							3.23
Lámina total							26.40

CUADRO No. 24

Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento "D".

Estrato. (cm)	Porcentaje de humedad (P s)						Diferencia porcentaje		D. A.	L . T . C . (cm)	
	Después de riego Fecha	% Ajustado	Intermedio Fecha	Porcentaje	Antes de riego Fecha	Porcentaje	1	2		1	2
0 - 30	3-12-83	23.10	11-12-83	19.70	20-12-83	16.70	3.40	3.00	1.51	1.54	1.36
30 - 60		22.76		19.59		19.05	3.17	0.54	1.65	1.57	0.27
0 - 30	23-12-83	23.81	31-12-83	16.67	9-1-84	15.12	7.14	1.55	1.51	3.23	0.70
30 - 60		21.74		19.09		16.20	2.65	2.89	1.65	1.31	1.43
0 - 30	12-1-84	22.44	20-1-84	18.45	29-1-84	14.75	3.99	3.70	1.51	1.81	1.68
30 - 60		20.28		18.40		16.49	1.88	1.91	1.65	0.93	0.95
0 - 30	1-2-84	21.26	11-2-84	15.54			5.72		1.51	2.59	
30 - 60		18.80		16.30			2.50		1.65	1.24	
Lámina por períodos										14.22	6.38
Lámina parcial										20.61	
Consumo riegos generales										3.23	
Lámina total										23.84	

Notas: 1 = Desde después de riego hasta intermedio.
 2 = Desde intermedio hasta antes de riego.

CUADRO No. 25

Control de la humedad y cálculo de la lámina consumida, tratamiento "E".

Estrato. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps)						Diferencia porcentaje		D. A.	L. T. C. (cm)	
	Después de riego Fecha	% Ajustado	Intermedio Fecha	Porcentaje	Antes de riego Fecha	Porcentaje	1	2		1	2
0 - 30	3-12-83	23.08	11-12-83	17.68	24-12-83	16.50	5.40	1.18	1.51	2.45	0.54
30 - 60		22.70		20.30		16.85	2.40	3.45	1.65	1.19	1.71
0 - 30	27-12-83	22.18	6-1-84	18.50	17-1-84	15.73	3.68	2.77	1.51	1.67	1.26
30 - 60		20.79		17.79		17.36	3.00	0.43	1.65	1.49	0.21
0 - 30	20-1-84	23.46	30-1-84	18.05	11-2-84	14.82	5.41	3.23	1.51	2.45	1.46
30 - 60		21.27		18.57		16.78	2.70	1.79	1.65	1.34	0.89
Lámina por períodos										10.59	6.07
Lámina parcial										16.66	
Consumo riegos generales										3.23	
Lámina total										19.89	

CUADRO No. 26

Cálculo de la evapotranspiración quincenal y total por el método de
Blaney - Criddle, período del 14-Noviembre-83 al 11-Febrero-84.

Mes	Fracción quincenal (1)	t °C	p (2)	$\frac{t + 17.8}{21.8}$ (3)	f (4) (1x2x3)	Kt (5)	Kc. (6)		Et. (4x5x6)		Et'.	
							S.C.S.	C. Han.	S.C.S.	C. Han.	S.C.S. ^a	C. Han. ^b
Noviembre	1.13	26.70	3.88	2.04	8.47	1.07	0.45	0.56	4.30	5.08	3.91	4.88
Diciembre	1.00	25.61	3.94	1.99	7.84	1.04	0.65	0.83	5.30	6.77	4.82	6.50
Diciembre	1.07	24.97	3.94	1.96	8.26	1.02	0.98	0.94	8.26	7.92	7.51	7.60
Enero	1.00	22.68	3.97	1.86	7.38	0.95	0.98	0.95	6.87	6.66	6.25	6.39
Enero	1.07	25.46	3.97	1.98	8.41	1.03	0.82	0.63	7.10	5.46	6.45	5.24
Febrero	0.73	24.62	3.68	1.95	5.24	1.01	0.70	0.32	3.70	1.69	3.36	1.62
Total					46.07				35.53	33.58	32.30	32.23

$$a: K = 0.70 \quad K' = \frac{35.53}{46.07} = 0.77 \quad K/K' = \frac{0.70}{0.77} = 0.91 = c \quad Et' = Et \times c$$

$$b: K' = \frac{33.58}{46.07} = 0.73 \quad K/K' = \frac{0.70}{0.73} = 0.96 = c.$$

t = Temperatura media quincenal.

p = Porcentaje quincenal de las horas anuales de brillo solar.

f = Factor de uso consuntivo.

Kt = $0.24 + 0.031 \ 2 \ t$.

Kc = Coeficiente del cultivo.

S.C.S. = Servicio de conservación de suelos.

C. Han. = Curva única de Hansen.

CUADRO No. 27

Cálculo de la evapotranspiración quincenal y total por el método de Hargreaves, período del 14-Noviembre-83 al 11-Febrero-84.

Mes	Fracción quincenal (1)	t °C (2)	d (3)	Hn.	$17.37 \times (1-0.01Hn)$ (4)	Kc. (5)	Et. ~~1x2x3x4x5~~ (mm)	Correcciones		Et. corregida (cm)
								Viento (+)	Insolación (-)	
Noviembre	1.13	26.70	0.47	55.22	7.78	0.61	67.30	3.32	14.81	5.58
Diciembre	1.00	25.61	0.47	52.24	8.30	0.93	92.91	5.95	19.18	7.89
Diciembre	1.07	24.97	0.47	52.32	8.28	1.00	103.98	13.54	22.36	9.52
Enero	1.00	22.68	0.48	49.56	8.76	0.91	86.78	10.73	19.53	7.80
Enero	1.07	25.46	0.48	50.74	8.56	0.52	58.21	11.10	13.10	5.62
Febrero	0.73	24.62	0.44	51.78	8.38	0.28	18.56	4.13	3.02	1.97
Total										38.38

t = Temperatura media quincenal.

d = Coeficiente de duración del día.

Hn = Humedad relativa media al medio día.

Kc = Coeficiente del cultivo.

CUADRO No. 28

Cálculo de la evapotranspiración quincenal y total por el método del Tanque evaporímetro, período del 14-Noviembre-83 al 11-Febrero-84.

Mes	Fracción quincenal	Evaporación en tanque *	C	Etp. (cm)	K c		Et (cm)	
					S.C.S.	C. Han.	S.C.S.	C. Han.
Noviembre	1.13	9.45	0.75	7.09	0.45	0.56	3.19	3.97
Diciembre	1.00	8.72	0.75	6.54	0.65	0.83	4.25	5.43
Diciembre	1.07	8.61	0.75	6.46	0.98	0.94	6.33	6.07
Enero	1.00	9.11	0.75	6.83	0.98	0.95	6.69	6.49
Enero	1.07	10.73	0.65	6.97	0.82	0.63	5.72	4.39
Febrero	0.73	8.20	0.65	5.33	0.70	0.32	3.73	1.71
Total							29.91	28.06

C = Coeficiente de ajuste, obtenido de tablas.

Etp = Evapotranspiración potencial, $Etp = Ev. \times C$

Ev = Evaporación en tanque.

Kc = Coeficiente del cultivo.

Et = Evapotranspiración real, $Et = Etp \times Kc$.

* Evaporación en tanque en centímetros.

CUADRO No. 29

Coeficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos,
para el tratamiento "A" y los métodos.

Métodos Modelos	Blaney - Criddle				Hargreaves		Tanque Evaporímetro			
	S. C. S. R.	S. C. S. Fc.	C. Han. R.	C. Han. Fc.	R.	Fc.	S. C. S. R.	S. C. S. Fc.	C. Han. R.	C. Han. Fc.
Lineal	0.83295	6.80	0.53916	1.23	0.54096	1.24	0.95383	30.26*	0.61591	1.83
Geométrico	0.80087	5.37	0.51446	1.08	0.52045	1.11	0.93894	22.34*	0.56721	1.42
Logarítmico	0.79634	5.20	0.48920	0.94	0.49064	0.95	0.93617	21.28*	0.53943	1.23
Cuadrático	0.83296	2.27	0.70602	0.99	0.77329	1.49	0.95394	10.11	0.79024	1.66
R. Cuadrada	0.83327	2.27	0.73081	1.15	0.79693	1.74	0.95431	10.20	0.81156	1.93
Gamma	0.80268	1.81	0.66209	0.78	0.71795	1.06	0.93915	7.47	0.72923	1.14

Ft. para modelos Lineal, Geométrico y Logarítmico = 10.13

Ft. para modelos Cuadrático, Raíz Cuadrada y Gamma = 19.00

CUADRO No. 30

Coeficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos,
para el tratamiento "B" y los métodos.

Métodos Modelos	Blaney - Criddle				Hargreaves		Tanque Evaporímetro			
	S. C. S. R.	S. C. S. Fc.	C. Han. R.	C. Han. Fc.	R.	Fc.	S. C. S. R.	S. C. S. Fc.	C. Han. R.	C. Han. Fc.
Lineal	0.66217	2.34	0.18657	0.11	0.29609	0.29	0.77317	4.46	0.31919	0.34
Geométrico	0.59221	1.62	0.13448	0.06	0.22954	0.17	0.74766	3.80	0.25187	0.20
Logarítmico	0.56201	1.39	0.07475	0.02	0.17671	0.10	0.73052	3.43	0.20498	0.13
Cuadrático	0.77178	1.47	0.83590	2.32	0.87905	3.40	0.79659	1.74	0.74253	1.23
R. Cuadrada	0.77479	1.50	0.84543	2.51	0.88882	3.76	0.80040	1.78	0.75940	1.36
Gamma	0.72410	1.10	0.75668	1.34	0.79083	1.67	0.78000	1.55	0.71582	1.05

CUADRO No. 31

Coefficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos,
para el tratamiento "C" y los métodos.

Métodos Modelos	Blaney - Criddle				Hargreaves		Tanque Evaporímetro			
	S. C. S. R.	S. Fc.	C. Han. R.	C. Han. Fc.	R.	Fc.	S. C. S. R.	S. Fc.	C. Han. R.	C. Han. Fc.
Lineal	0.46520	0.83	0.28404	0.26	0.29699	0.29	0.11950	0.04	0.03934	0.00
Geométrico	0.39080	0.54	0.20372	0.13	0.21060	0.14	0.14062	0.06	0.07257	0.02
Logarítmico	0.32953	0.37	0.15121	0.07	0.15306	0.07	0.06268	0.01	0.01106	0.00
Cuadrático	0.74602	1.26	0.63931	0.69	0.69946	0.96	0.78117	1.57	0.70610	0.99
R. Cuadrada	0.75930	1.36	0.64151	0.70	0.69859	0.95	0.79973	1.77	0.70962	1.01
Gamma	0.70523	0.99	0.54897	0.43	0.59761	0.56	0.77766	1.53	0.60980	0.59

CUADRO No. 32

Coeficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos,
para el tratamiento "D" y los métodos.

Métodos Modelos	Blaney - Criddle				Hargreaves		Tanque Evaporímetro			
	S. C. S. R.	Fc.	C. Han. R.	Fc.	R.	Fc.	S. C. S. R.	Fc.	C. Han. R.	Fc.
Lineal	0.88815	11.20*	0.61440	1.82	0.58411	1.55	0.99171	178.58*	0.69084	2.74
Geométrico	0.88185	10.49*	0.62973	1.97	0.61402	1.82	0.98967	143.00*	0.67558	2.52
Logarítmico	0.88874	11.28*	0.63465	2.02	0.61732	1.85	0.98975	144.12*	0.67721	2.54
Cuadrático	0.93699	7.19	0.62835	0.65	0.58533	0.52	0.99278	68.48*	0.69677	0.94
R. Cuadrada	0.93808	7.33	0.63224	0.67	0.58663	0.52	0.99265	67.25*	0.69456	0.93
Gamma	0.93538	7.00	0.66804	0.81	0.63245	0.67	0.98978	48.19*	0.68017	0.86

CUADRO No. 33

Coeficientes de correlación (R) y valores de Fc de seis modelos,
para el tratamiento "E" y los métodos.

Métodos Modelos	Blaney - Criddle				Hargreaves		Tanque Evaporímetro			
	S. C. S. R.	Fc.	C. Han. R.	Fc.	R.	Fc.	S. C. S. R.	Fc.	C. Han. R.	Fc.
Lineal	0.51062	1.06	0.62767	1.95	0.56791	1.43	0.13078	0.05	0.41078	0.61
Geométrico	0.54028	1.24	0.65593	2.27	0.61962	1.87	0.18757	0.11	0.52511	1.14
Logarítmico	0.55163	1.31	0.66540	2.38	0.62928	1.97	0.20081	0.13	0.53563	1.21
Cuadrático	0.97960	23.76*	0.93239	6.65	0.89914	4.22	0.97955	23.70*	0.89090	3.85
R. Cuadrada	0.97162	16.87	0.94019	7.62	0.90568	4.56	0.97907	23.14*	0.90776	4.68
Gamma	0.98451	31.54*	0.95071	9.40	0.93582	7.05	0.97475	19.05*	0.92550	5.97

CUADRO No. 34

Transformación de coeficientes de correlación a valores de t , y valores de F_c para el método de Blaney - Criddle con K_c del S.C.S.

Tratamiento Modelo	"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.
Lineal	2.61	6.80	1.53	2.34	0.91	0.83	3.35*	10.20*	1.03	1.06
Geométrico	2.32	5.37	1.27	1.62	0.74	0.54	3.24*	10.49*	1.11	1.24
Logarítmico	2.28	5.20	1.18	1.39	0.60	0.37	3.36*	11.28*	1.15	1.31
Cuadrático	2.61	2.27	2.10	1.47	1.94	1.26	4.65*	7.19	8.44*	23.76*
R. Cuadrada	2.61	2.27	2.12	1.50	2.02	1.36	4.69*	7.33	7.11*	16.87
Gamma	2.33	1.81	1.82	1.10	1.72	0.99	4.58*	7.00	9.73*	31.54*

$$t_t = 3.18$$

Ft para modelos Lineal, Geométrico y Logarítmico = 10.13

Ft para modelos Cuadrático, Raíz Cuadrada y Gamma = 19.00

CUADRO NO. 35

Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y
valores de Fc para el método de Blaney - Criddle con Kc. de la C. Han.

Tratamiento Modelo	"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.
Lineal	1.11	1.23	0.33	0.11	0.51	0.26	1.35	1.82	1.40	1.95
Geométrico	1.04	1.08	0.24	0.06	0.36	0.13	1.40	1.97	1.51	2.27
Logarítmico	0.97	0.94	0.13	0.02	0.26	0.07	1.42	2.02	1.54	2.38
Cuadrático	1.73	0.99	2.64	2.32	1.44	0.69	1.40	0.65	4.47*	6.65
R. Cuadrada	1.85	1.15	2.74	2.51	1.45	0.70	1.41	0.67	4.78*	7.62
Gamma	1.53	0.78	2.00	1.34	1.14	0.43	1.51	0.81	5.31*	9.40

CUADRO No. 36

Transformación de coeficientes de correlación a valores de t, y
valores de Fc para el método de Hargreaves.

Tratamiento Modelo	"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.
Lineal	1.11	1.24	0.54	0.29	0.54	0.29	1.25	1.55	1.20	1.43
Geométrico	1.06	1.11	0.41	0.17	0.37	0.14	1.35	1.82	1.37	1.87
Logarítmico	0.98	0.95	0.31	0.10	0.27	0.07	1.36	1.85	1.40	1.97
Cuadrático	2.11	1.49	3.19*	3.40	1.70	0.96	1.25	0.52	3.56*	4.22
R. Cuadrada	2.29	1.74	3.36*	3.76	1.69	0.95	1.25	0.51	3.70*	4.56
Gamma	1.79	1.06	2.24	1.67	1.29	0.56	1.41	0.67	4.60*	7.05

CUADRO No. 37

Transformación de coeficientes de correlación a valores de t , y
valores de F_c para el método del Tanque evaporímetro con K_c del S.C.S.

Tratamiento Modelo	"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.
Lineal	5.50*	30.26*	2.11	4.46	0.21	0.04	13.37*	178.58*	0.23	0.05
Geométrico	4.73*	22.34*	1.95	3.80	0.25	0.06	11.96*	143.00*	0.33	0.11
Logarítmico	4.61*	21.28*	1.85	3.43	0.11	0.01	12.00*	144.12*	0.36	0.13
Cuadrático	5.51*	10.11	2.28	1.74	2.17	1.57	14.34*	68.48*	8.43*	23.70*
R. Cuadrada	5.53*	10.20	2.31	1.78	2.31	1.77	14.21*	67.25*	8.33*	23.14*
Gamma	4.74*	7.47	2.16	1.55	2.14	1.53	12.02*	48.19*	7.56*	19.05*

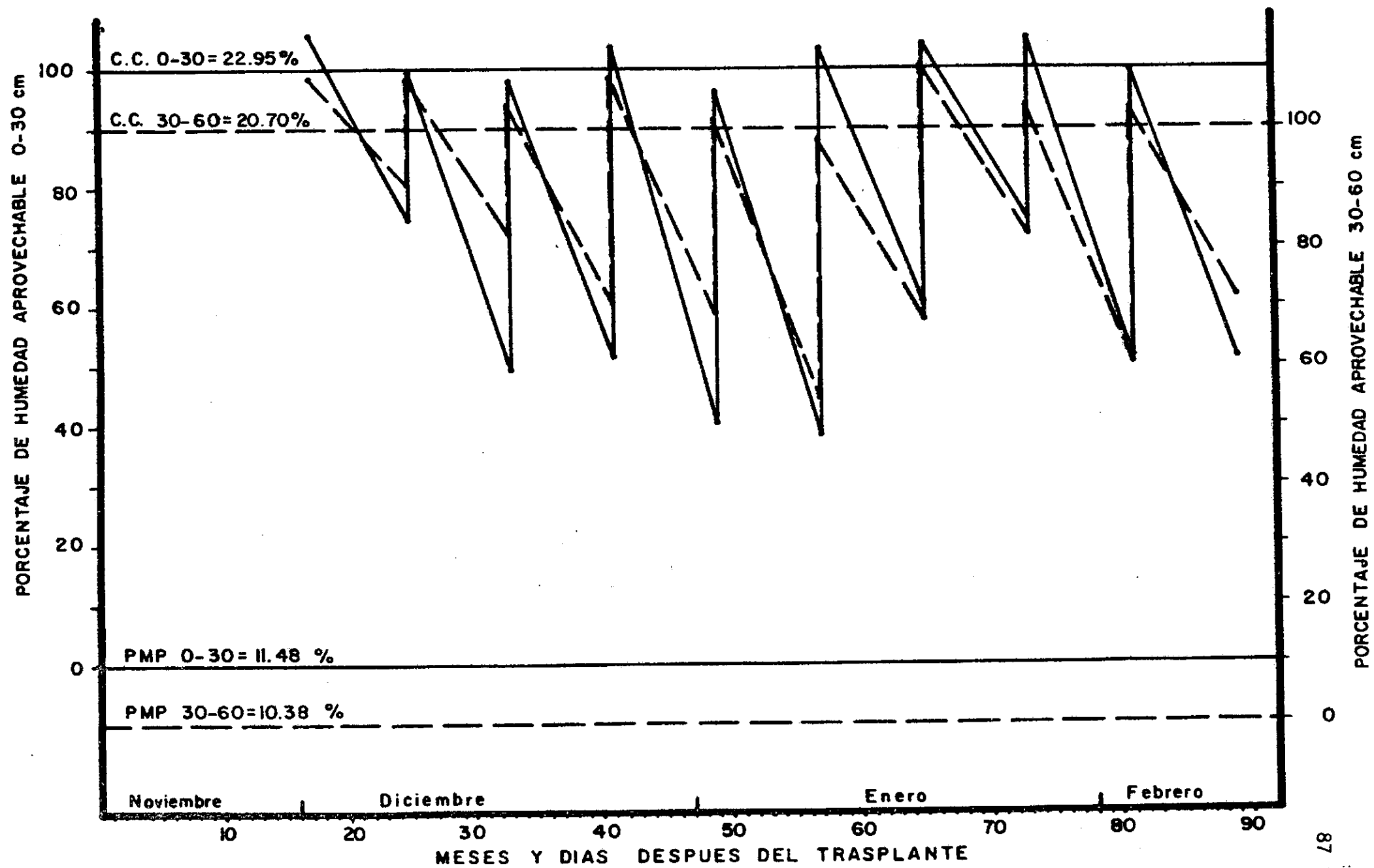
CUADRO No. 38

Transformación de coeficientes de correlación a valores de t , y
valores de F_c para el método del Tanque evaporímetro con K_c de la C. Han.

Tratamiento Modelo	"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.	tc.	Fc.
Lineal	1.35	1.83	0.58	0.34	0.07	0.00	1.65	2.74	0.78	0.61
Geométrico	1.19	1.42	0.45	0.20	0.13	0.02	1.59	2.52	1.07	1.14
Logarítmico	1.11	1.23	0.36	0.13	0.02	0.00	1.59	2.54	1.10	1.21
Cuadrático	2.23	1.66	1.92	1.23	1.73	0.99	1.68	0.94	3.40*	3.85
R. Cuadrada	2.41	1.93	2.02	1.36	1.74	1.01	1.67	0.93	3.75*	4.68
Gamma	1.85	1.14	1.78	1.05	1.33	0.59	1.61	0.86	4.23*	5.97

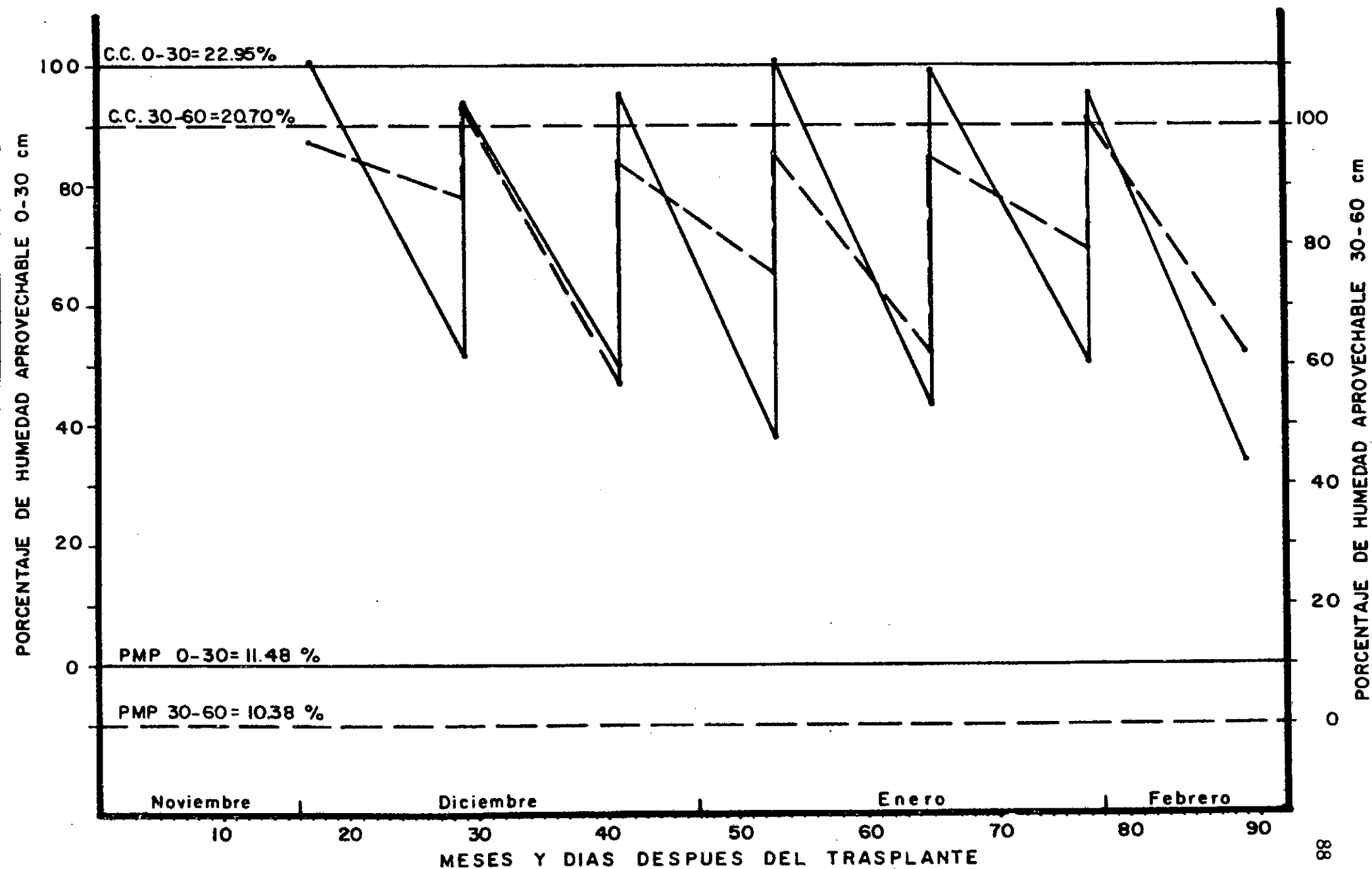
CONTROL DE HUMEDAD, TRATAMIENTO A

Figura 1



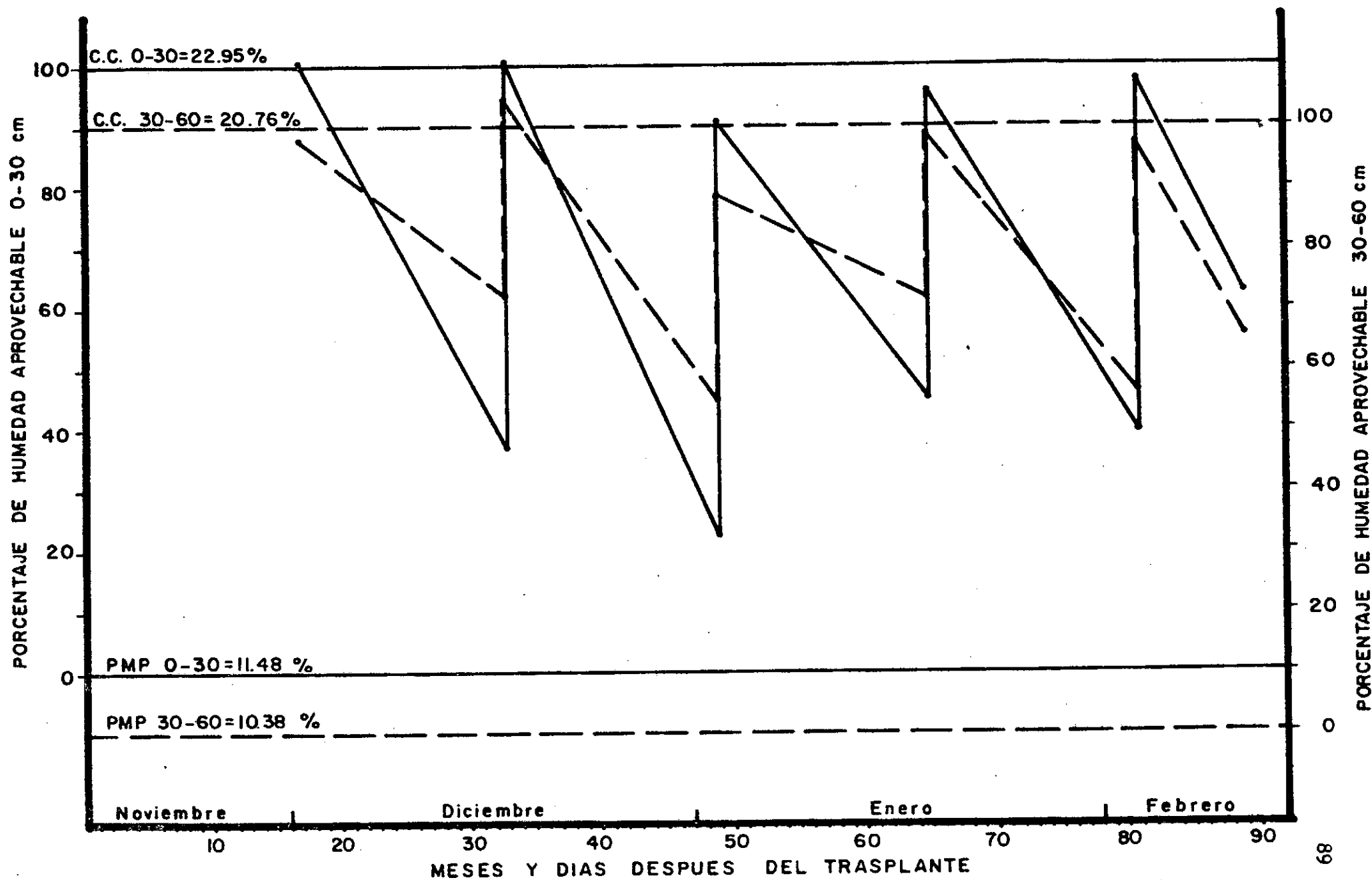
CONTROL DE HUMEDAD, TRATAMIENTO B

Figura 2



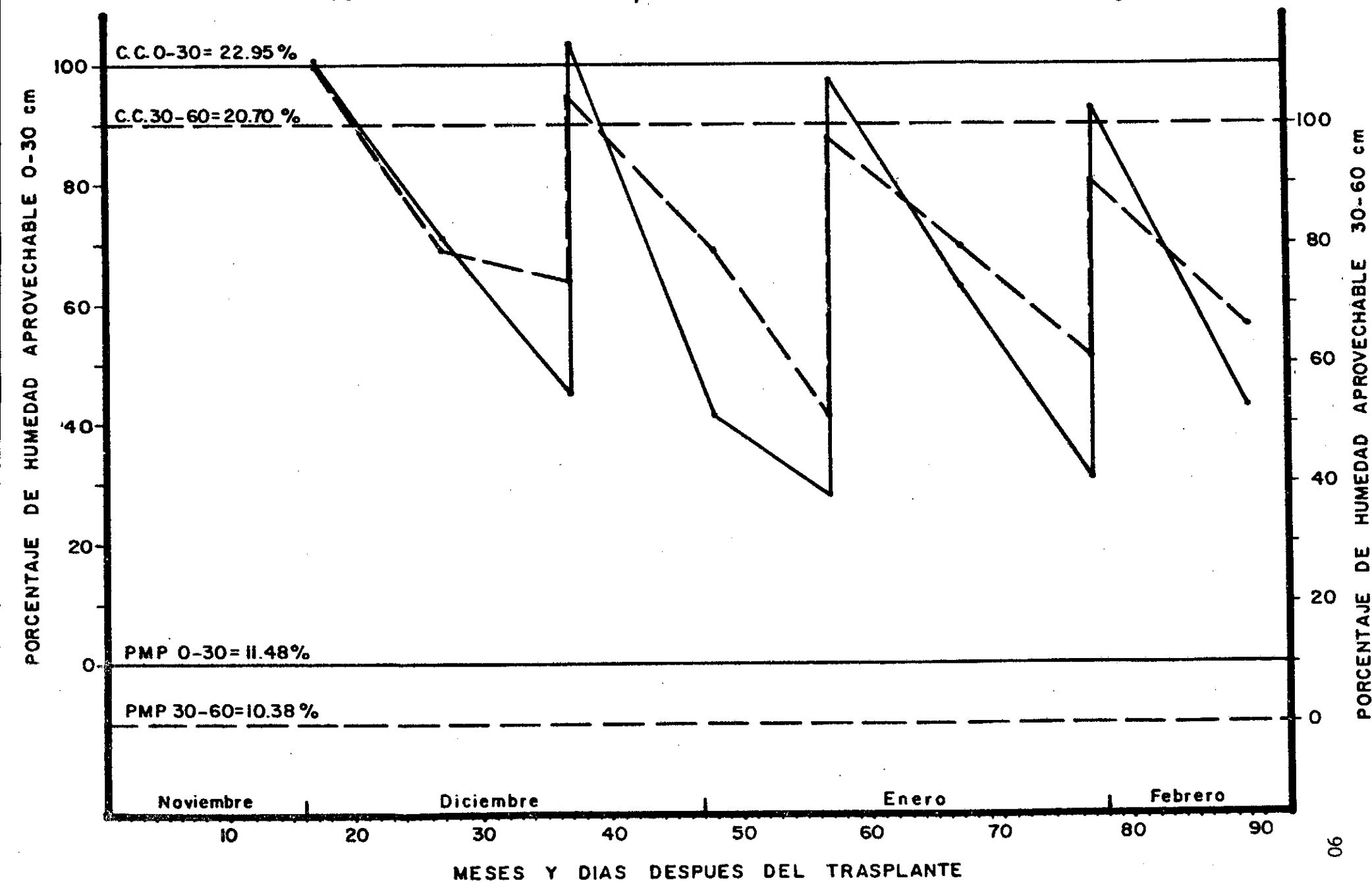
CONTROL DE HUMEDAD, TRATAMIENTO C

Figura 3



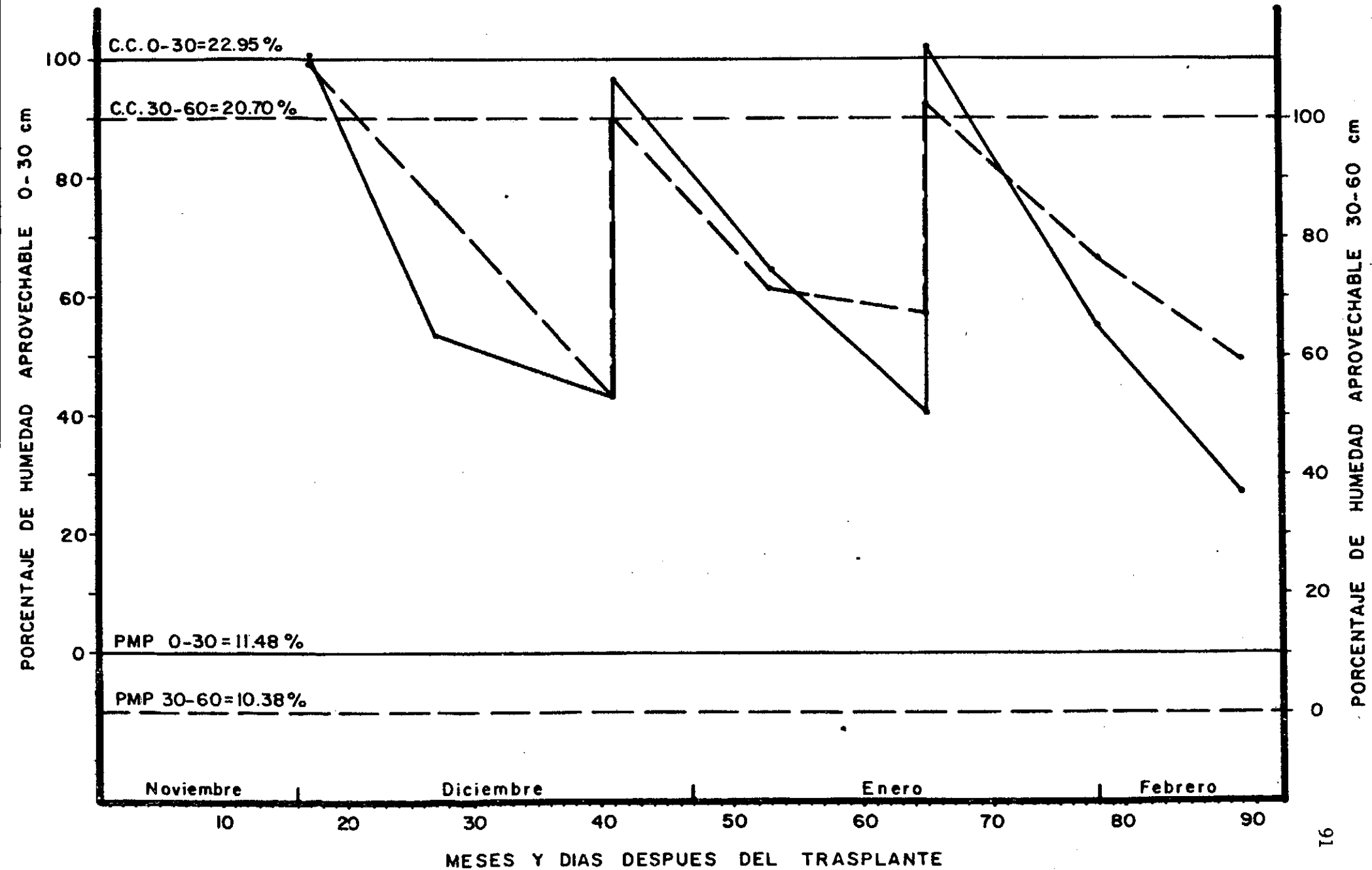
CONTROL DE HUMEDAD, TRATAMIENTO D

Figura 4



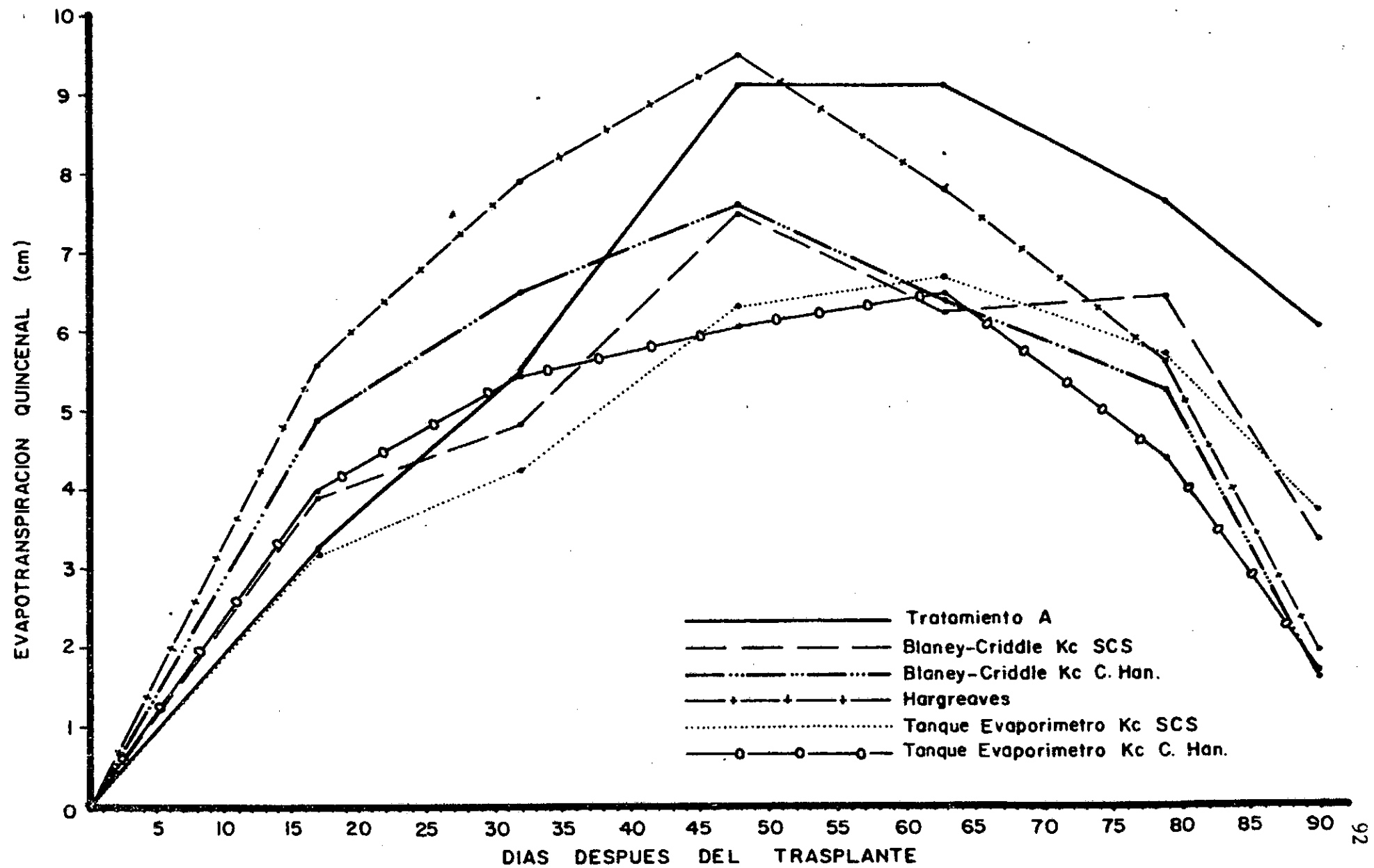
CONTROL DE HUMEDAD, TRATAMIENTO E

Figura 5



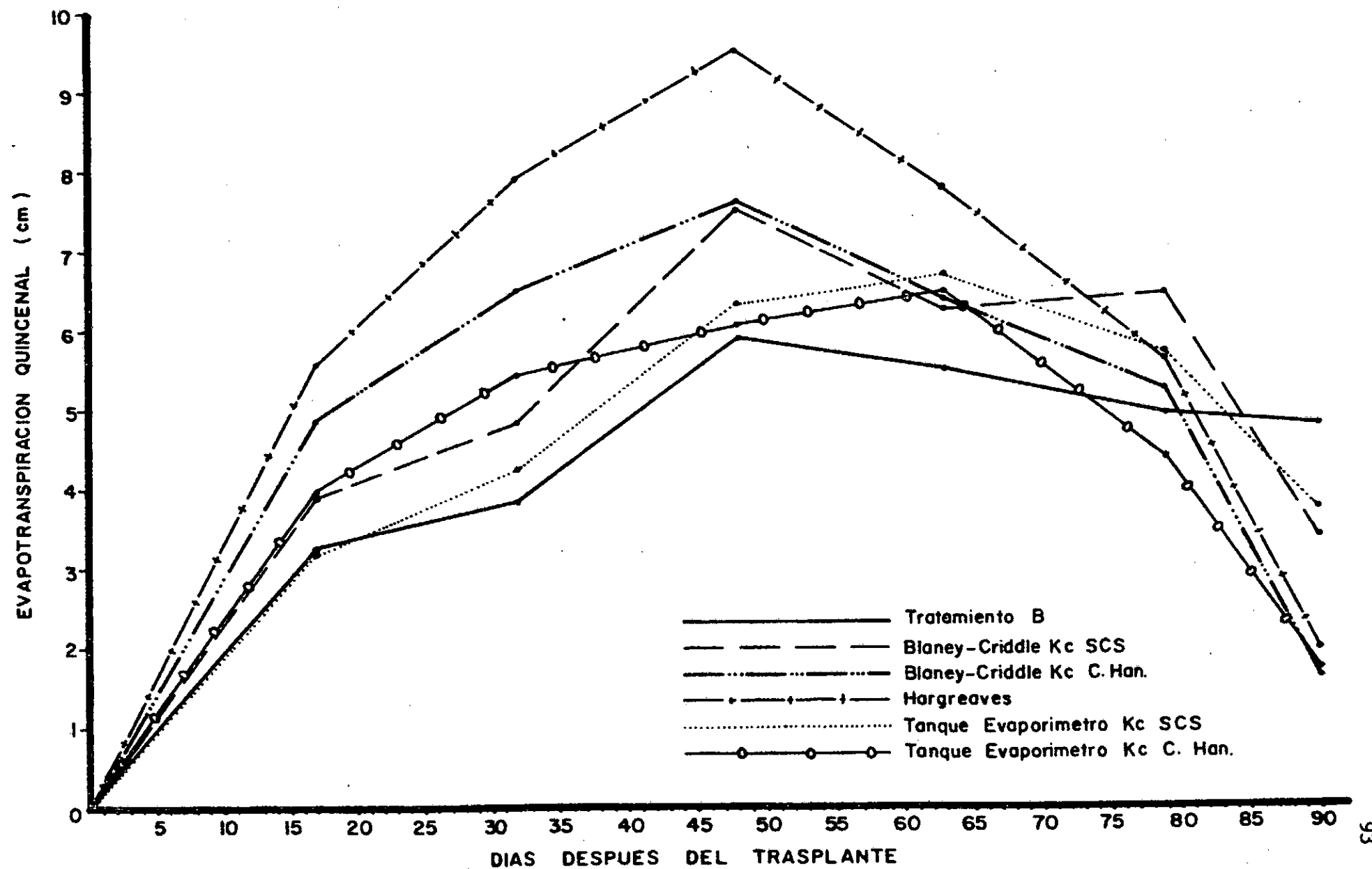
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL, TRATAMIENTO A

Figura 6



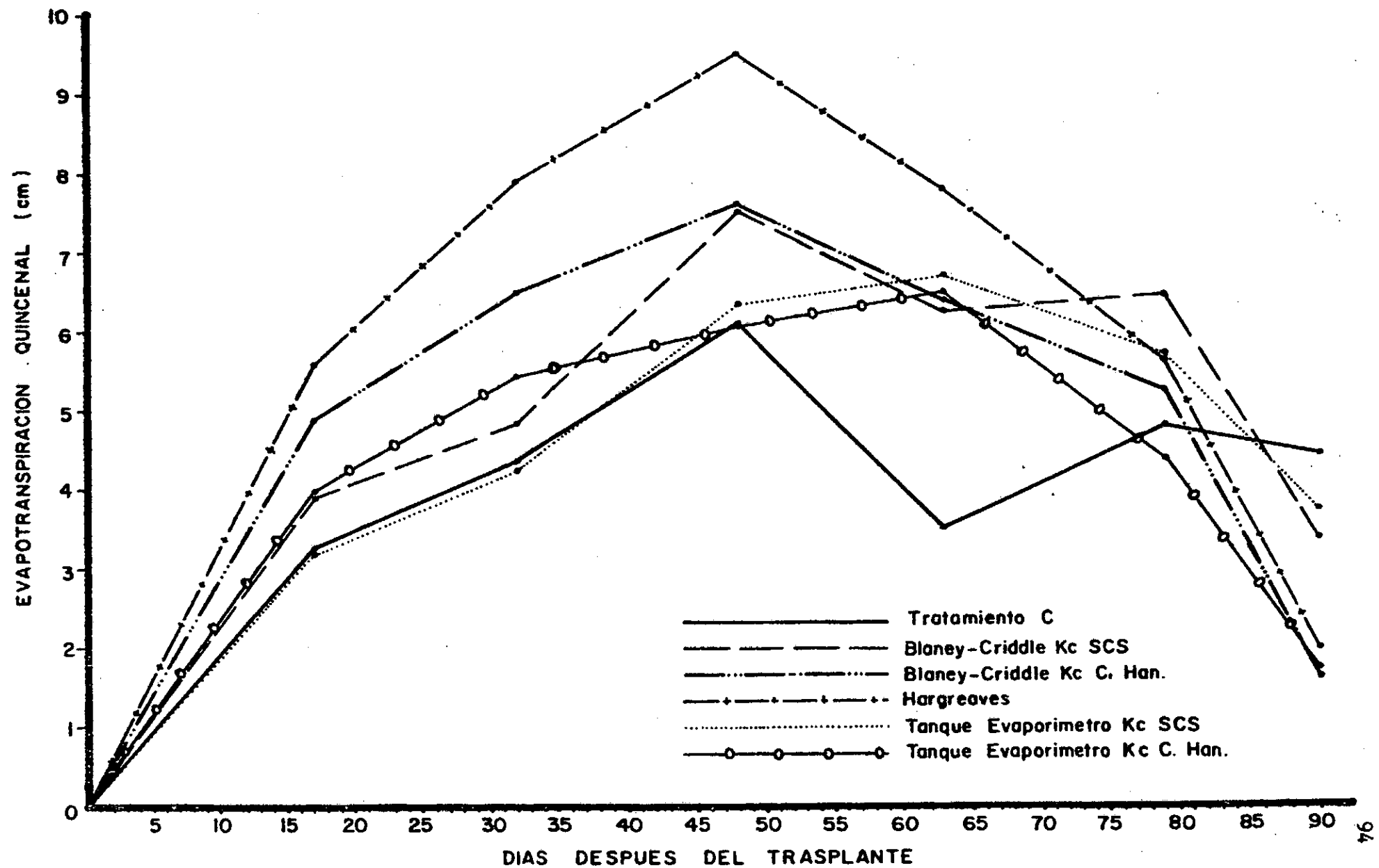
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL, TRATAMIENTO B

Figura 7



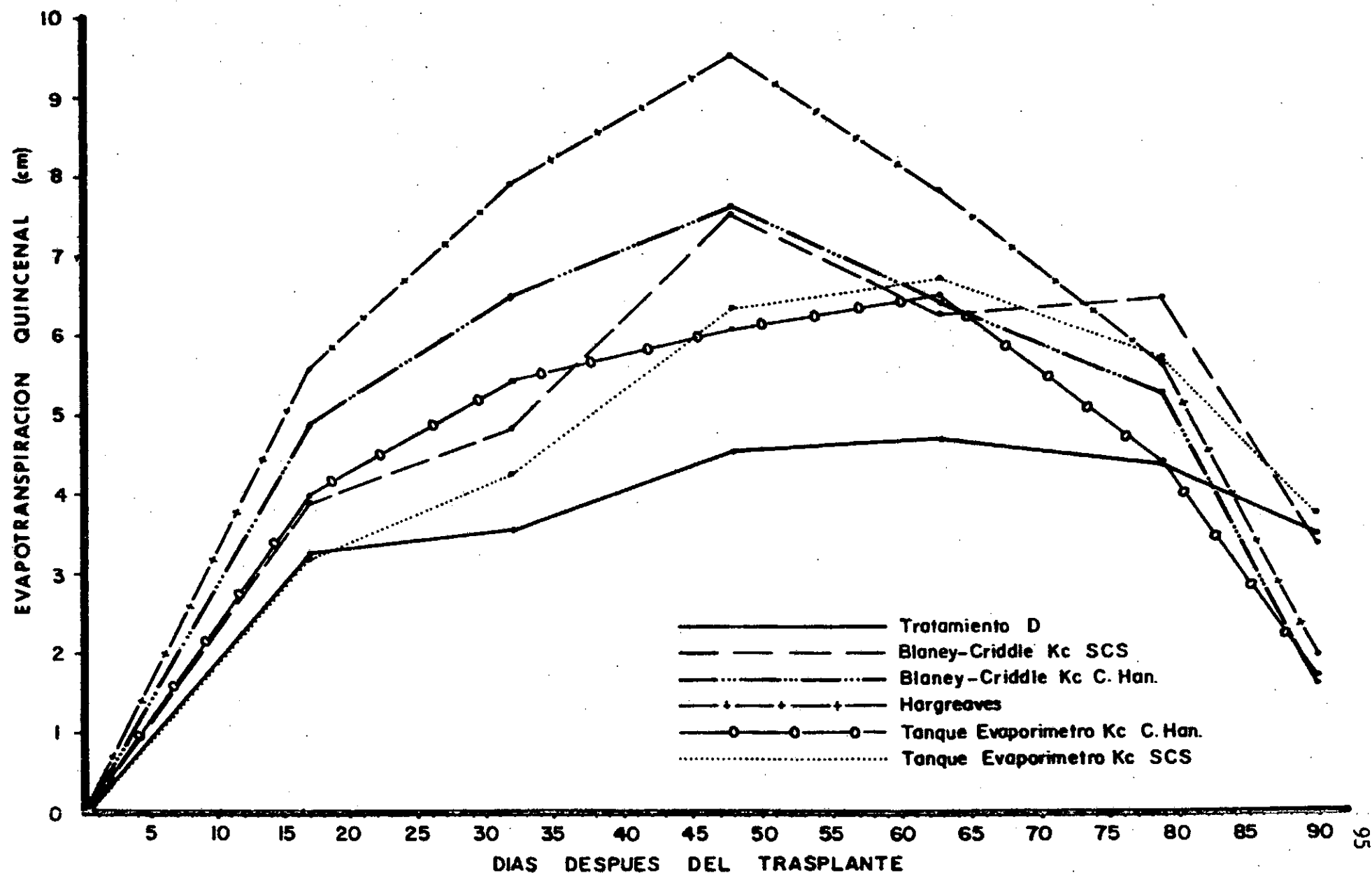
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL, TRATAMIENTO C

Figura 8



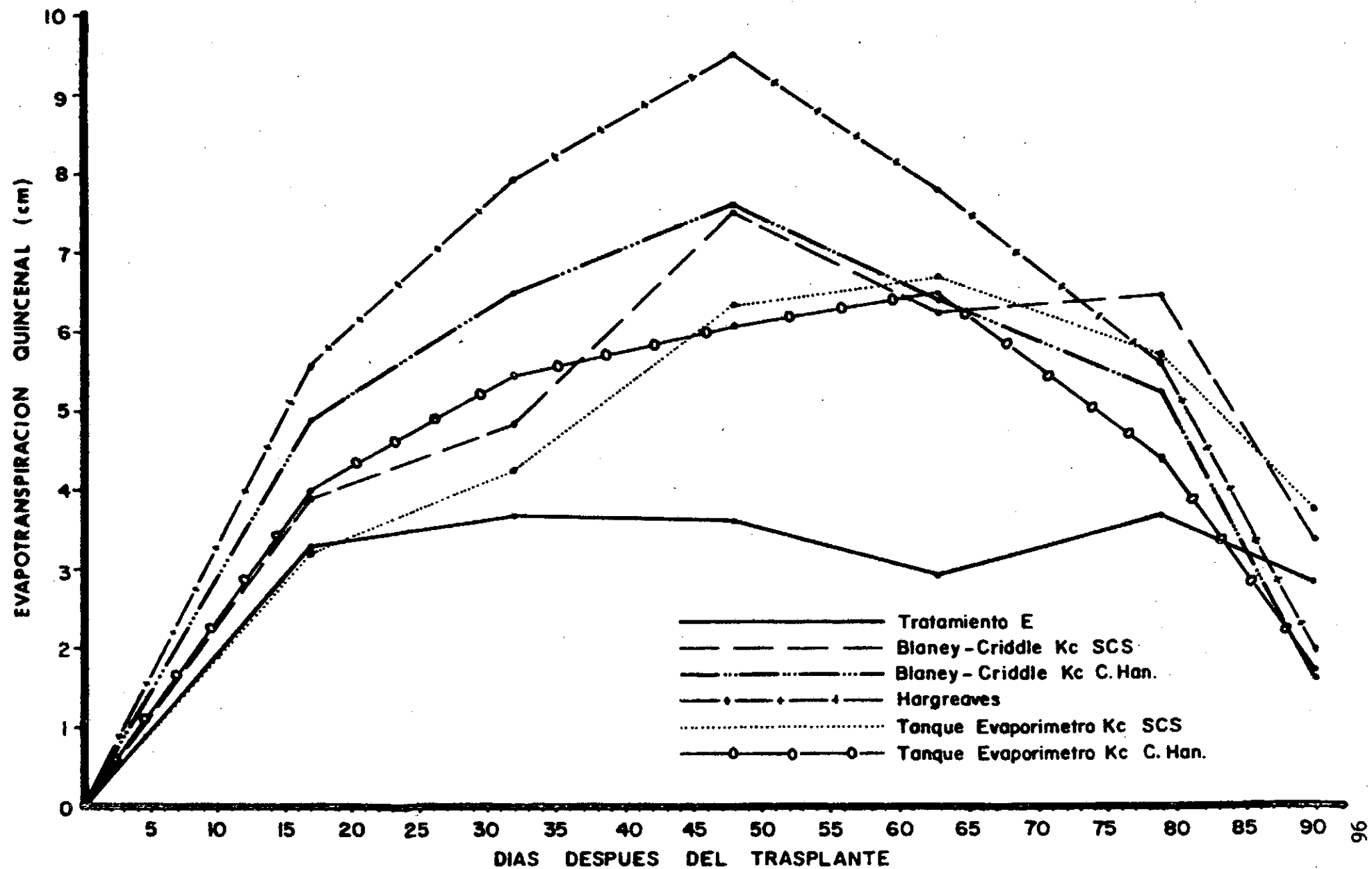
EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL, TRATAMIENTO D

Figura 9



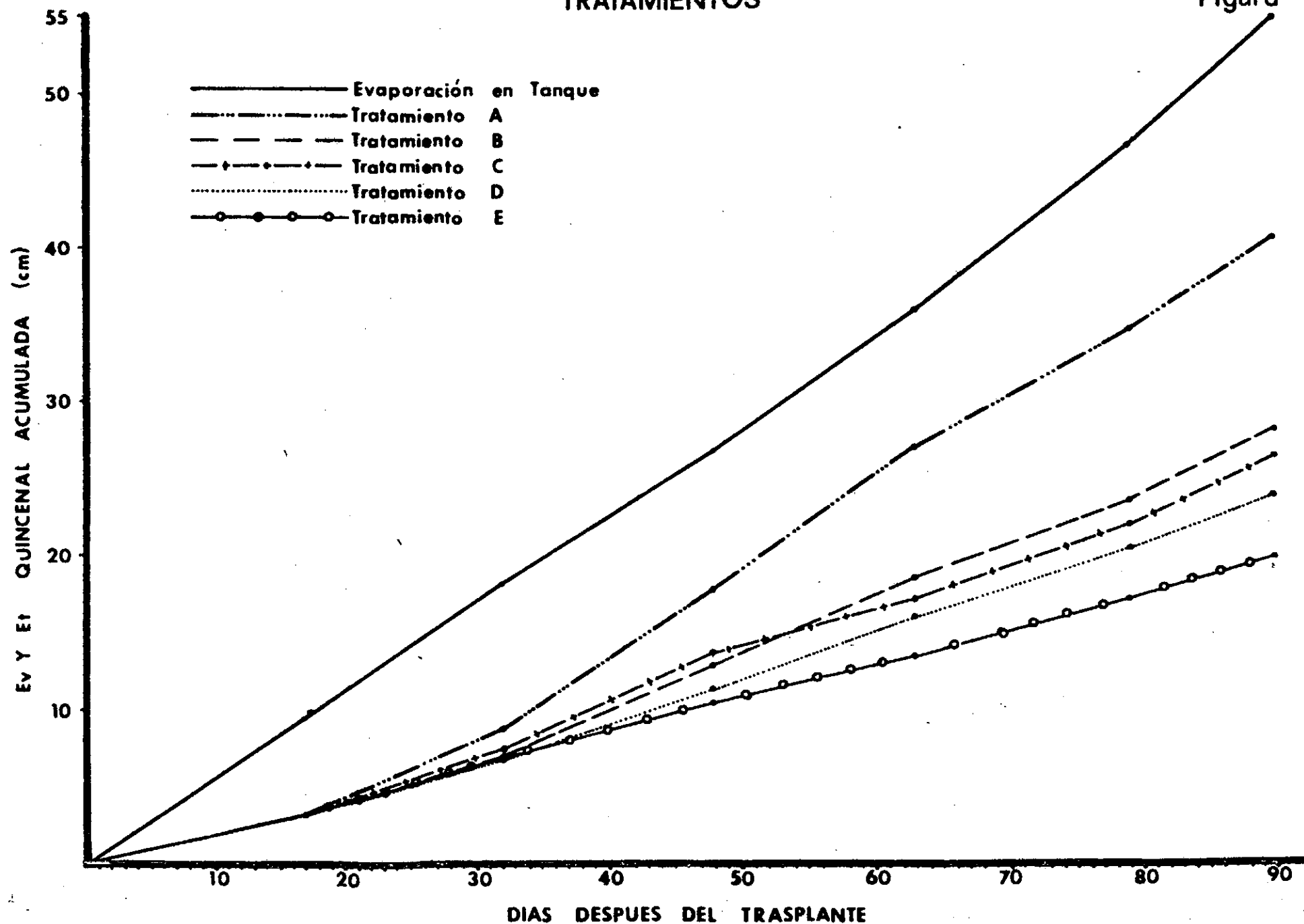
EVAPTRANSPIRACION QUINCENAL, TRATAMIENTO E

Figura 10



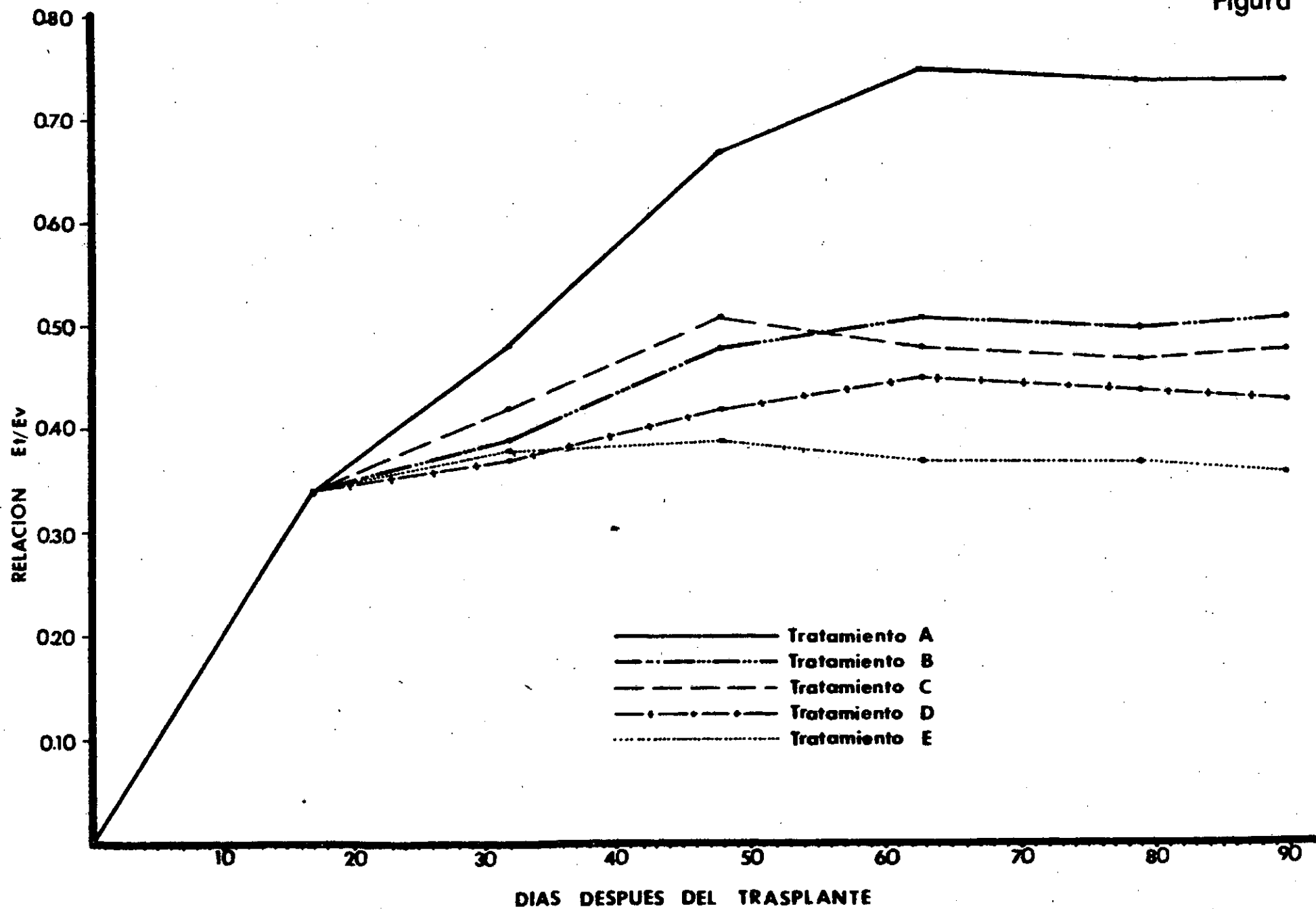
EVAPORACION QUINCENAL ACUMULADA DEL TANQUE EVAPORIMETRO Y EVAPOTRANSPIRACION QUINCENAL ACUMULADA DE LOS CINCO TRATAMIENTOS

Figura 11



RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION Y EVAPORACION QUINCENAL ACUMULADA DEL TANQUE PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS

Figura 12



PLANÓ DEL LOTE EXPERIMENTAL Y DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS POR REPETICION

Figura 13

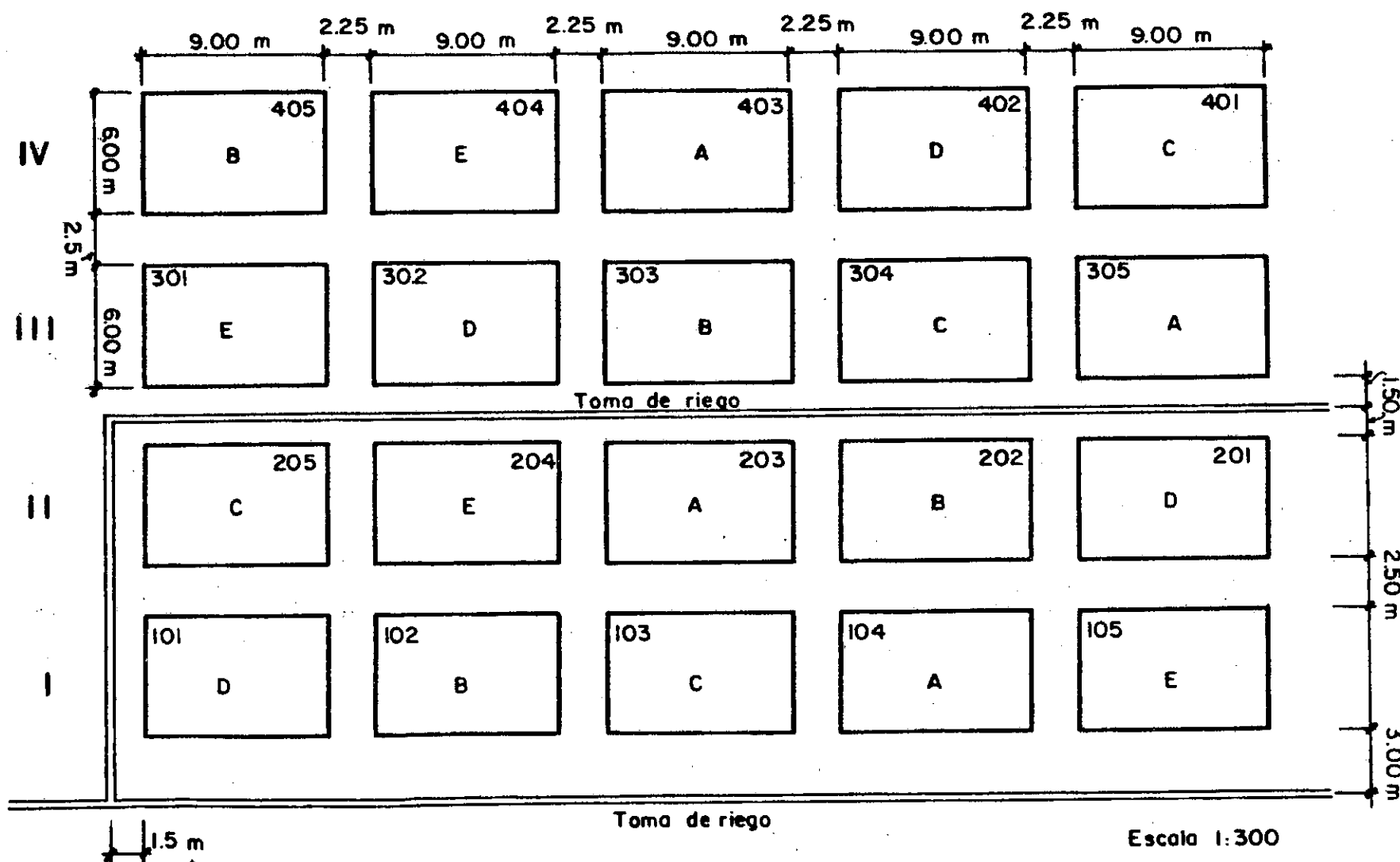
A= Riego cada 8 días

D= Riego cada 20 días

B= Riego cada 12 días

E= Riego cada 24 días

C= Riego cada 16 días



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

I M P R I M A S E

Ing. Agr. César A. Castañeda S.
D E C A N O

