

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO EN LOS RENDIMIENTOS
Y MEDICION DE LA EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (*Lycopersicum*
esculentum) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO-JICARO"

TESIS



En el grado académico de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1983

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

01
T(743)
03

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César Castañeda S.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Oscar René Leiva
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL CUARTO:	Prof. Heber Arana
VOCAL QUINTO:	Prof. Francisco Muñoz

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Aníbal Martínez
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Amilcar Gutierrez
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández



Referencia

Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Guatemala, 12 de agosto de 1983

Ingeniero
César Castañeda
Decano de la Facultad
de Agronomía
Universidad de San Carlos
de Guatemala
Ciudad Universitaria, Guatemala.

Señor Decano:

En cumplimiento a la designación que hiciera esa Decanatura, he asesorado el estudio titulado:

"Efecto de la Frecuencia de Riego en los Rendimientos y Medición de la Evapotranspiración en Tomate (Lycopersicon esculentum) en la Unidad de Riego El Rancho-Jicaro",

del estudiante JORGE LUIS SOBERANIS LOPEZ.

Considero que el trabajo realizado llena los requisitos necesarios, por lo que recomiendo se acepte para su discusión en el examen general público que el autor debe sostener previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. César Cisneros
ASESOR

CC/amdef.

Guatemala,
12 de Agosto de 1983

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

En cumplimiento a lo establecido por los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el presente trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO EN LOS RENDIMIENTOS Y MEDICION DE LA EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicum esculentum) EN LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO-JICARO".

Como requisito para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera de que el mismo merezca su aprobación, me es grato presentarles mi respetuoso saludo.

Atentamente,


Jorge Luis Soberanis López

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES:

Rodrigo Soberanis
Felipa López

A MI PADRASTRO:

Alvaro Escobar

A MI ESPOSA:

Carmen Cifuentes de Soberanis

A MI HIJO:

Jorge Aníbal

A MIS HERMANAS:

Imelda, Marta, Miriam, Rubi, Cory,
Blanca, Lety y Violeta.

A MI HERMANO:

Boanerges

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

TESIS QUE DEDICO

A: GUATEMALA

Al Municipio de Colomba, Quezaltenango

Al Instituto Normal para Varones de Occidente

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de
San Carlos

AGRADECIMIENTO

A don Pedro Frank, por el financiamiento que hizo posible mis estudios.

Al Ingeniero Agrónomo Mag. Sc. César Cisneros Aragón, por su valiosa asesoría y dedicación para la realización de este trabajo de tesis.

Al Ingeniero Agrónomo Mag. Sc. Jorge Sandoval I. por su valiosa colaboración.

Al Instituto de Investigaciones Agronómicas, por su valiosa ayuda en el presente trabajo.

A la Empresa Bayer, especialmente al P.A. Héctor Cisneros A. por su colaboración.

A los trabajadores de la Unidad de riego El Rancho-Jícaro por su colaboración en los trabajos de campo.

CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DEL APENDICE	v
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. HIPOTESIS	4
III. OBJETIVOS	5
IV. REVISION DE LITERATURA	6
4.1. Evapotranspiración	6
4.1.1. Evapotranspiración potencial	6
4.1.2. Evapotranspiración Actual, o uso consuntivo de agua ..	6
4.1.3. Métodos para determinar la evapotranspiración	6
4.1.3.1. Descripción del método gravimétrico	7
4.1.3.2. Descripción del método de Blaney y Criddle .	7
4.2. Efecto de la humedad sobre los cultivos	8
4.3. Efecto de la humedad sobre el cultivo de tomate	9
4.4. Programación del riego en el cultivo de tomate	10
4.5. Frecuencia de riego y consumo de humedad del tomate	11
4.6. Absorción de agua y profundidad de raíces	12
4.7. Porcentaje de humedad del suelo	13
4.7.1. Porcentaje de humedad a capacidad de campo	13
4.7.2. Punto de Marchitez Permanente	13
4.7.3. Métodos para determinar la capacidad de campo	13
4.7.4. Método gravimétrico	13
4.7.5. Método para determinar el punto de marchitez permanen-	
te.....	14
4.7.6. Método de la membrana de presión	14
4.8. Humedad aprovechable por las plantas	15
4.9. Método de riego por surcos.....	15
4.9.1. Determinación de la cantidad de agua a aplicar	17
4.9.2. Determinación del volumen de agua a plicar	17
V. MATERIALES Y METODOS	18
5.1. Ubicación	18
5.2. Datos Climatológicos	18

5.3.	Datos Edafológicos	18
5.3.1.	Análisis físico-químico del suelo	19
5.3.2.	Determinación de las constantes de humedad	19
5.3.2.1.	Punto de marchitez permanente	19
5.3.2.2.	Capacidad de campo	19
5.4.	Diseño estadístico	20
5.4.1.	Diseño Experimental	20
5.4.2.	Número de tratamientos	20
5.4.3.	Número de Repeticiones	20
5.4.4.	Parcela experimental	20
5.5.	Trabajos de campo	20
5.5.1.	Variedad	20
5.5.2.	Almácigos	21
5.5.3.	Preparación del terreno	21
5.5.4.	Trasplante	22
5.5.5.	Limpias	22
5.5.6.	Fertilización	22
5.5.7.	Control de plagas y enfermedades	22
5.5.8.	Riegos	23
5.5.9.	Cosecha	23
5.5.10.	Variables de respuesta	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION	24
6.1.	Variables de Respuesta	24
6.1.1.	Rendimiento en peso	24
6.1.2.	Rendimiento en número de frutos	25
6.1.3.	Número de plantas por parcela	25
6.2.	Láminas de consumo de agua del cultivo durante todo el ciclo del cultivo	25
6.3.	Control de humedad	27
6.4.	Comparación de la evapotranspiración real con la estimada por la fórmula de Blaney y Criddle	27
VII.	CONCLUSIONES	30
VIII.	RECOMENDACIONES	31

IX.	BIBLIOGRAFIA	32
X.	APENDICE	34

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Pag.
1.	Análisis físico-químico del suelo	19
2.	Constantes de humedad, densidad aparente del suelo del sitio experimental	19
3.	Resultados promedios de las diferentes variables de respuesta por tratamiento	24
4.	Láminas de agua consumidas y número de riegos por tratamiento durante todo el ciclo del cultivo.	26
5.	Resumen de los resultados de la correlación lineal simple	28

INDICE DEL APENDICE

		Pag.
CUADRO		
1	Rendimiento en libras por tratamiento y bloque o repetición	35
2	Análisis de varianza para el rendimiento en peso	35
3	Rendimiento en número de frutos por tratamiento y bloque o repetición	36
4	Análisis de varianza para el rendimiento en número de frutos ..	36
5	Número de plantas vivas por tratamiento y bloque o repetición ..	37
6	Análisis de varianza para el número de plantas	37
7	Consumo de humedad en todo el ciclo vegetativo Tratamiento A (Intervalo de riego de 4 días)	38
8	Consumo de humedad en todo el ciclo vegetativo Tratamiento B (Intervalo de riego de 6 días)	39
9	Consumo de humedad en todo el ciclo vegetativo Tratamiento C (Intervalo de riego de 8 días)	40
10	Consumo de humedad en todo el ciclo vegetativo Tratamiento D (Intervalo de riego de 10 días)	41
11	Consumo de humedad en todo el ciclo vegetativo Tratamiento E (Intervalo de riego de 12 días)	42
12	Cálculo de la evapotranspiración por la fórmula de Blaney y Criddle durante todo el ciclo del cultivo.....	43
13	Valores de evapotranspiración semanal para cada uno de los tratamientos, promedio y Blaney y Criddle	44
14	Análisis de varianza de la regresión lineal simple Tratamiento A y Blaney y Criddle	45
15	Análisis de varianza de la regresión lineal simple Tratamiento B y Blaney y Criddle	45
16	Análisis de varianza de la regresión lineal simple Tratamiento C y Blaney y Criddle	45

17	Análisis de varianza de la regresión lineal simple Tratamiento D y Blaney y Criddle	46
18	Análisis de varianza de la regresión lineal simple Tratamiento E y Blaney y Criddle	46
19	Análisis de varianza de la regresión lineal simple Promedio y Blaney y Criddle	46

FIGURA		Pag.
1	Láminas consumidas por evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "A"	47
2	Láminas consumidas por evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "B"	48
3	Láminas consumidas por evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "C"	49
4	Láminas consumidas por evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "D"	50
5	Láminas consumidas por evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "E"	51
6	Láminas consumidas por evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo, para el promedio de los tratamientos	52
7	Control de humedad para el tratamiento "A"	53
8	Control de humedad para el tratamiento "B"	54
9	Control de humedad para el tratamiento "C"	55
10	Control de humedad para el tratamiento "D"	56
11	Control de humedad para el tratamiento "E"	57
12	Láminas evapotranspiradas semanalmente durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "A"	58
13	Láminas evapotrasnpiradas semanalmente durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "B"	59
14	Láminas evapotranspiradas semanalmente durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "C"	60
15	Láminas evapotranspiradas semanalmente durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "D"	61
16	Láminas evapotranspiradas semanalmente durante todo el ciclo del cultivo, para el tratamiento "E"	62
17	Láminas evapotranspiradas semanalmente durante todo el ciclo del cultivo, para el promedio de los tratamientos	63
18	Lote experimental	64

RESUMEN

En la unidad de riego El Rancho-Jícara, ubicado en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y el Jícara del departamento del Progreso, se llevó a cabo el trabajo de tesis "Efecto de la Frecuencia de Riego en los Rendimientos y Medición de la Evapotranspiración en tomate en la Unidad de Riego El Rancho-Jícara", con los objetivos de determinar el efecto que tienen las distintas frecuencias de riego sobre los rendimientos del cultivo del tomate, encontrar el intervalo de riego más recomendable para las condiciones del área, determinar el consumo de agua durante todo el ciclo del cultivo y comparar la evaporación obtenida por el método gravimétrico con la estimada por la fórmula de Blaney y Criddle.

El suelo del área experimental es de textura franco arenosa, pH ligeramente alcalino y con buen drenaje.

El diseño experimental que se empleó fue de "Bloques al azar". El número de tratamientos fue de 5 y el de repeticiones de 4. Las frecuencias de riego evaluadas fueron con intervalos de 4, 6, 8, 10 y 12 días. Los riegos fueron efectuados en base al muestreo gravimétrico, haciendo este muestreo antes y después de cada riego. Las variables estudiadas fueron: Rendimiento en peso, número de frutos y número de plantas.

Los resultados indicaron que las frecuencias de riego estudiadas tienen el mismo efecto en las variables de respuesta.

A medida que el intervalo de riego es mayor, hay un menor consumo de agua; así, la frecuencia de riego que consumió la mayor lámina de agua durante todo el ciclo del cultivo fué la de intervalo de 4 días, y la de menor consumo fue la de 12 días.

En ninguno de los tratamientos se llegó al punto de marchitez permanente, y salvo casos excepcionales, el porcentaje de humedad se mantuvo arriba del 50% de la humedad aprovechable.

La correlación de los valores de evapotranspiración de cada uno de los tratamientos con los valores de evapotranspiración estimada mediante la fórmula de Blaney y Criddle fué alta y positiva, notándose que a medida que el intervalo

de riego era más largo (intervalos de 10 y 12 días) los valores de evapotranspiración se asemejaban más a los de Blaney y Criddle.

Se llegó a la conclusión de que al regar con intervalos de 4, 6, 8, 10 y 12 días se obtienen los mismos resultados en los rendimientos, y, que las láminas aplicadas producen efectos iguales sobre dichos rendimientos.

Se recomienda regar cada 12 días bajo las condiciones del área y época en que se llevó a cabo éste trabajo. También se recomienda la repetición de este experimento para ajustar la fórmula de Blaney y Criddle a las condiciones del área, implementar más investigaciones sobre frecuencia de riego en tomate y otros cultivos, en ésta y otras regiones del país, intensificar las muestras por parcela, utilizar riegos más largos tomando como base un intervalo de 12 días y usar mangueras plásticas para la conducción del agua.

I. INTRODUCCION

A consecuencia del incremento de la población a un ritmo acelerado, la demanda de alimentos a nivel mundial en los últimos años, ha ido en aumento tanto en cantidad como en calidad. A pesar de que se ha incrementado las áreas de cultivo, la producción no ha sido suficiente para satisfacer dicha demanda dado que adicionalmente a la habilitación de nuevas áreas es necesaria la aplicación de tecnología, una de las cuales es el riego, que puede incrementar el número de cosechas por año en lugares donde la precipitación pluvial es escasa.

El hombre, desde la antigüedad, se ha esforzado en modificar el balance hídrico de áreas de adecuadas condiciones edafoclimáticas para la agricultura. Lo anterior se demuestra con las obras de irrigación, de drenaje y las prácticas de cultivo en secano, que el hombre ha tenido que realizar, en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Pero para una acción planeada en el uso de agua disponible, además de la evaluación de éste recurso, es necesario cuantificar su grado de agotamiento en el terreno, por el proceso evapotranspiratorio y las pérdidas que implica su conducción, distribución y utilización (7).

En Guatemala existen varias unidades de riego en operación, en su mayoría no funcionan eficientemente debido a muchos factores, uno de ellos es la mala utilización del agua, ya que no existen estudios sobre la cantidad de agua que requieren los cultivos, ni sobre la frecuencia con que se deben regar los mismos.

En la unidad de riego "El Rancho-Jícara", los agricultores no controlan la cantidad de agua en cada riego, y se utiliza generalmente exceso de la misma, que sumado al problema de azolvamiento que provoca una baja disponibilidad del canal principal, ocasiona que el agua no sea utilizada eficientemente en perjuicio de muchos usuarios; así también la aplicación del agua en exceso, puede ocasionar problemas de drenaje, un lavado de nutrientes y una mayor incidencia de enfermedades a las plantas. Para los agricultores que utilizan bombas para regar, la aplicación del agua en exceso les implica un mayor gasto en combustible, aceite y desgaste de los motores; así como pérdida de tiempo y más jornales lo que incide en un incremento de los costos de producción.

En esta unidad, el cultivo del tomate es una de las actividades más importantes, cultivándose en más o menos 150 ha, por lo que juntamente con lo expuesto anteriormente se hace necesaria la investigación en riego para este cultivo.

II. HIPOTESIS

- A) No habrá ninguna diferencia en rendimientos en el cultivo del tomate con la aplicación de diferentes intervalos de riego.
- B) Las láminas aplicadas producen efectos similares en cuanto a rendimiento en peso, número de frutos y número de plantas.
- C) La evapotranspiración del cultivo medida en el campo será similar o igual, a la evapotranspiración estimada mediante la fórmula de Blaney y Criddle.

III. OBJETIVOS

3.1 Generales

Determinar el efecto, que sobre los rendimientos, tienen las distintas frecuencias de riego en el cultivo de tomate.

3.2 Específicos

- 3.2.1. Encontrar el intervalo de riego más recomendable para las condiciones del área.
- 3.2.2. Determinar las láminas de consumo del cultivo para todo el ciclo.
- 3.2.3. Comparar la evapotranspiración medida por el método gravimétrico con la estimada por la fórmula de Blaney y Criddle.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la suma de los términos evaporación y transpiración (11). La evaporación es el proceso mediante el cual, se produce el cambio del estado del agua, de líquido a vapor, del terreno adyacente (7), y la transpiración, es el agua que penetra a la planta a través de las raíces, y es utilizada en la construcción de tejidos o emitida por las hojas a través de los estomas y reintegrada a la atmósfera (11).

4.1.1. Evapotranspiración Potencial.

La evapotranspiración potencial 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 (7). Esta evapotranspiración depende de la radiación global, coeficiente de reflexión, temperatura del aire, velocidad del viento y número de horas sol (7).

4.1.2. Evapotranspiración actual, o uso consuntivo del agua.

El uso consuntivo es la evapotranspiración potencial más el agua utilizada por la planta en la formación de sus tejidos durante todo su ciclo vegetativo. Es decir que la evapotranspiración potencial es modificada por un coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación de agua-suelo-planta, considerando la evapotranspiración potencial aspectos de orden físico que dependen del clima, mientras que el coeficiente considera el efecto físico-fisiológico, que se deriva de la planta y el suelo (7).

4.1.3. Métodos para determinar la evapotranspiración.

Para determinar la evapotranspiración existen métodos directos e indirectos; directamente se puede medir por medio de lisímetros, evapotranspirómetros, atmómetros y por el método gravimétrico. Indirectamente se puede calcular por medio de las fórmulas de Penman, Jensen y Haise, Blaney y Criddle, Grassi y Christiansen, Hargreaves y Thornthwaite (7).

4.1.3.1. Descripción del método gravimétrico.- El contenido de humedad de un suelo se puede determinar gravimétricamente, con base a la masa, o volumétricamente, con base en el volumen. La humedad gravimétrica es la forma más básica de expresar la humedad del suelo entendiéndose por ella la masa de agua contenida por humedad de masa de sólidos del suelo. Expresándose frecuentemente como porcentaje (6).

$$\text{Porcentaje de la humedad gravimétrica} = \frac{M (\text{suelo}) - M (\text{suelo secado al horno})}{M (\text{suelo secado al horno})} \times 100$$

$$\text{O, en ésta forma: } H (\%) = \frac{M_{ag}}{M_s} \times 100$$

Donde:

M = masa; M_{ag} = masa del agua; M_s = masa de los sólidos;

H = humedad del suelo.

El contenido de humedad del suelo se puede determinar, pesando una muestra tomada del terreno, secándola en un horno, la masa del suelo secada al horno es la masa del suelo puesta en el horno hasta que pierda toda su agua y se mantenga una masa constante. Esto se logra a temperaturas de 100 a 110 grados centígrados por 24 horas (6) (20), en éste estado se le denomina suelo seco. Esta masa secada al horno se usa como base para calcular el contenido de humedad por su naturaleza constante y reproducible bajo condiciones ambientales variables (6).

Deben tomarse muestras a varias profundidades en la zona de las raíces y, por supuesto en varios lugares representativos de la zona que se esté tomando en consideración. Este proceso se puede llevar a cabo varias veces después del riego, hasta que se considere que el terreno está listo para volver a regarlo (20).

4.1.3.2. Descripción del método de Blaney y Criddle para estimar la evapotranspiración.- Este método es una de los más ampliamente utilizados para calcular las necesidades de agua de un cultivo. Este método es sugerido para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia, en zonas en las que solamente se disponen de datos medidos sobre la temperatura del aire (5). Este método fue desarrollado para las condiciones del oeste de los Estados Unidos, relacionando valores reales (actuales) de uso consuntivo con la temperatura media mensual del área en

estudio, el porcentaje mensual de las horas anuales del brillo solar (p), y un coeficiente para cada cosecha (7) (15). Esta relación (t y p) recibe el nombre de factor de uso consuntivo (f), en el cual $f = 25.4 (p \times t)/100$ cuando la temperatura se expresa en grados farenheit, o $f = p (0.46t + 8.13)$ cuando la temperatura se indica en grados centígrados (1) (5).

Las necesidades de agua de un cultivo variarán en climas que tengan temperaturas del aire similar, entre climas muy secos o muy húmedos o entre zonas de vientos muy fuertes o generalmente en calma (5).

El efecto del clima sobre las necesidades de agua del cultivo no quedan definidas únicamente por la temperatura y el factor (f). Sino que el uso consuntivo variará no solamente en función del cultivo sino también de las condiciones climáticas. Por lo que el valor K depende en gran medida del tiempo y del lugar, y será preciso realizar experimentos para cada localidad para determinar este valor (5).

La fórmula de Blaney y Criddle se expresa matemáticamente así:

$$U = KF = \sum k f_i$$

Donde:

U = Uso consuntivo del agua por la cosecha, para cualquier cultivo (cm)

K = Coeficiente empírico de "uso consuntivo".

F = Suma de los factores mensuales de uso consuntivo.

$$F = \sum f_i \quad f_i = \frac{t_i + 17.8}{21.8} P_i$$

t = Temperaturas medias mensuales en °C

P = Tanto por ciento en el mes de las horas de insolación de todo el año.

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

4.2. Efecto de la humedad sobre los cultivos

Los programas de suministro de agua deben estar en relación con las necesidades de agua, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y edáficas y el desa-

rollo del cultivo. En consecuencia, el intervalo entre riego y la profundidad de éstos deben variar en consonancia durante el período vegetativo (4).

Debe utilizarse un calendario de cultivos en el que estén sincronizados las necesidades de agua con el suministro disponible de ésta. Ya que por ejemplo una reducción en el suministro de agua durante el período vegetativo del algodón acelera la floración y la formación de la cápsula, además hace madurar el cultivo en el tiempo necesario (4).

En otros cultivos el suministro de agua se maneja para determinados períodos de desarrollo, como en el caso de los cítricos en que una reducción en el suministro de agua ayudaría a controlar un crecimiento vegetativo excesivo, favoreciendo al mismo tiempo la formación de las yemas florales (4).

Muchos trabajos se han realizado para determinar el efecto de la humedad del suelo sobre los cultivos, para encontrar el nivel más favorable para el desarrollo de los mismos.

Stanhill, citado por (3), encontró que en 66 de 80 experimentos realizados, el cultivo se ve afectado con el grado de agotamiento de la humedad del suelo. Asimismo (3) cita a la S.R.H. que reporta que en 8 experimentos realizados en diferentes distritos de riego con algodón, cártamo, garbanzo, maíz, lenteja, sorgo, soya y trigo, se concluyó que generalmente cuando la humedad aprovechable del suelo ha bajado de un 20 a 40% es un buen indicio de cuando regar.

4.3. Efecto de la humedad sobre el cultivo de tomate

Para la aplicación del agua en el cultivo del tomate hay que tener cuidado, ya que tanto la falta como el exceso repercuten en la calidad y producción del fruto (12).

Las sequías prolongadas agrietan el fruto y en la planta joven la insuficiencia de agua se puede notar por el retardo o la suspensión del crecimiento y por una apariencia verde-grisácea, oscura, del follaje. Generalmente un déficit de agua riguroso y prolongado limita el crecimiento y reduce los rendimientos, lo que no puede corregirse mediante un fuerte riego posterior (4) (16).

Por otro lado el exceso de agua provoca enfermedades de la raíz, en la planta y disminuye la consistencia del fruto, y durante el desarrollo vegetativo pro-

voca el vicio de la planta, lo que conlleva un exuberante crecimiento vegetativo, a costa de la floración (14).

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 uniformes. Debe ponerse cuidado en ello para evitar el daño a las plantas maduras (4).

Quando el cultivo está en floración se requiere un suministro parejo, ya que las oscilaciones de humedad causan problemas diversos, entre otros, un excesivo agrietamiento del fruto (14).

Quando el riego se excede en el período de floración, se ha mostrado la caída de la flor y reduce la formación del fruto y a la vez puede ocasionar un crecimiento excesivo y un retraso en la maduración (14).

El suministro de agua durante la formación del fruto y después de ella, debe limitarse hasta un nivel que se evite estimular un nuevo crecimiento a expensas del desarrollo del fruto (4).

4.4. Programación del riego en el cultivo de tomate

La programación de riego en el tomate así como en cualquier otro cultivo, depende de condiciones edáficas, climáticas, épocas de siembra y profundidad de enraizamiento (12).

La capacidad de retención por parte del suelo influye en la frecuencia y en la cantidad de agua por cada aplicación. Así, los suelos arenosos requieren mayor frecuencia por el riego. Los suelos limosos pueden almacenar mucha agua y por tanto menor frecuencia, pero mayor cantidad por aplicación (4).

Por otra parte en las regiones cálidas en donde las proporciones de evaporación son elevadas, se necesita una cantidad más grande de agua que en las zonas más frías (16).

Quando es necesario regar los tomates, el suelo debe quedar completamente empapado, de tal manera que las zonas de las raíces se moje enteramente, es mejor tener los suelos bien provisionados de agua, precisamente antes de que comiencen los cortes, de tal manera que las necesidades de riego subsecuentes se reduzcan

al mínimo, para evitar hasta donde sea posible las rajaduras de los tomates que están madurando, las grietas de los frutos aumenta las posibilidades de que estos se pudran (16).

El tomate de ensalada florece mejor con riegos ligeros y frecuentes, bien distribuidos en el período vegetativo y con un nivel de agotamiento en el suelo, durante los distintos períodos vegetativos, que se mantengan inferior al 40%, esto favorece un crecimiento óptimo durante el período vegetativo total y se traduce en un alto rendimiento de buena calidad. En el caso de una sola cosecha, se necesita una maduración uniforme, pudiendo aumentar el nivel de agotamiento durante este período hasta el 60 ó el 70%. Cuando el suministro de agua es limitado, la aplicación para un cultivo de ensalada puede concentrarse durante los períodos de trasplante, floración y formación de cosechas (4).

Quando empieza a cosecharse indistintamente del tipo de suelo se recomienda que los riegos se hagan en surcos alternados con el fin de prevenir enfermedades y facilitar la cosecha (18).

Para un cultivo destinado a la producción de salsa, se puede aplicar un riego más extenso, dando un último riego abundante antes de la floración (4).

4.5. Frecuencia y consumo de humedad del tomate

Algunas recomendaciones sobre la frecuencia de riego basadas en la textura del suelo en el Valle del Mayo (México) son: Para suelos franco-arcilloso arenoso se recomiendan 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, debido a que coinciden con la presencia de temperaturas frescas. Para suelos franco arcillosos se recomienda el riego a cada 15 días aplicando láminas de 80 a 90 mm, y a cada 20 días después del primer corte ya que son suelos que retienen por más tiempo la humedad (18).

La dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria de México, recomienda, para un clima cálido, árido, soleado y con textura liviana un intervalo de 7 días con láminas de 37 mm; para textura mediana un intervalo de 12 días con láminas de 63 mm; para textura pesada un intervalo de 20 días con láminas de 105 mm. Para clima templado, húmedo, nuboso y con textura liviana recomienda un in-

tervalo de 8 días con lámina de 28 mm; para suelo mediano un intervalo de 14 días con lámina de 50 mm y para textura pesada un intervalo de 20 días con una lámina de 70 mm (14).

Para suelo liviano antes de la producción, Digesa (9) recomienda 3 riegos con 18 días de intervalo para el primero y 14 días para los dos restantes; para suelo mediano 3 riegos con intervalos de 20 días para los dos primeros, y 16 para el último; para suelo pesado 3 riegos distribuidos de igual forma que para suelo mediano. Ya en producción recomienda para suelo liviano 7 riegos con intervalo de 10 días; para suelo mediano 4 riegos con intervalos de 14 días y para suelo pesado 4 riegos con intervalos de 14 días.

Algunas pruebas que hicieron Porte William y Wilcox (16), en los valles centrales de California, indicaron que las plantas de los tomates que se cultivan allí, consumen cantidades de agua como las siguientes: En el mes de Junio 77 mm, Julio 112 mm, Agosto 175 mm, Septiembre 142 mm, Octubre 102 mm, haciendo un total de 600 mm en columna.

4.6. Absorción de Agua y profundidad de raíces

Las tomateras son plantas que tienen un sistema radicular largo que penetra profundamente en el suelo, cuando se desarrolla en tierras porosas que están libres de capas impermeables o del pié del arado. Las raíces de la mayoría de las variedades comerciales se extienden comunmente penetrando en el suelo hasta alcanzar profundidades de 1.83 m y aún más. Y en suelos excepcionalmente hondos se ha sabido que crecen a profundidades de 3.05 a 3.51 m (16).

Las plantas alcanzar su máxima profundidad radicular unos 60 días después del trasplante, Las raíces del tomate extraen la mayor cantidad de agua en la capa entre 0 a 0.70 m (80% de absorción). El resto de la absorción de agua en el cultivo plenamente desarrollado se lleva a cabo en la capa de 0.70 a 1.50 m (4)(14).

Quando hay capas duras hay enraizamiento limitado (14), y entonces conviene aplicar riegos seguidos pero menos abundantes. Cuando la evaporación y transpiración máxima es de 6 ó 5 mm por día la absorción de agua para atender las necesidades del cultivo se ve afectado cuando se ha agotado más del 40% del agua total disponible del suelo.

4.7. Porcentaje de humedad del suelo

4.7.1. Porcentaje de humedad a capacidad de campo.- Se considera a la capacidad de campo como la humedad retenida por el perfil de un suelo uniformemente mojado, que, prácticamente ha dejado de drenar sobre suelo seco. (6).

La capacidad de campo representa la capacidad máxima capilar de un suelo y depende de las características físicas de éste. Los valores de energía de retención de agua, está dentro del orden de 1/10 bares de succión matriz en suelos arenosos, 1/3 bares en suelo franco y 1/2 bares en suelo arcilloso (7).

4.7.2. Punto de marchitez permanente.- El punto de marchitez permanente representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas (7).

El punto de marchitez permanente es una constante hídrica del suelo que tiene un significado fisiológico. Siendo el valor común de la succión matricial que se considera limitante para la sobrevivencia de las plantas de 15 bares (6).

4.7.3. Métodos para determinar la capacidad de campo.-

Método gravimétrico.

Método de humedad equivalente.

Método de la olla de presión.

Método de las columnas de suelo.

4.7.4. Método gravimétrico para determinar la capacidad de campo.- Para determinar el porcentaje de humedad a capacidad de campo por el método gravimétrico se procede a limpiar un área de un metro cuadrado en un lugar representativo del terreno, levantando dos bordos de 20 cm de altura en la orilla del área a muestrear, y ésta se satura de agua, así como el espacio comprendido entre bordo y bordo.

Por lo general el suelo está a capacidad de campo al segundo o tercer día después de aplicar el agua (6). Para suelos arenosos los muestreos se hacen con intervalos de 2 a 6 horas, y para arcillosos de 12 a 18 horas.

Las muestras se toman a profundidades de 30 cm, 60 cm, etc. tomando como muestras representativas la tierra correspondiente al tercio medio de cada capa de 30 cm (8).

El contenido de humedad de las muestras se calcula por el método gravimétrico descrito en 4.1.3.1. Los valores de humedad obtenidos se plotan en un plano de coordenadas, colocando el porcentaje de humedad en las ordenadas y el tiempo en las abscisas, y cuando el porcentaje de humedad es constante mientras varía el tiempo se llega a capacidad de campo.

4.7.5. Métodos para determinar el punto de marchitez permanente.- Los más utilizados son:

Método del girasol

Método de la membrana de presión

4.7.6. Método de la membrana de presión para determinar el punto de marchitez permanente.- A este método se le conoce también 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 (1).

El procedimiento consiste en preparar muestras por duplicadas 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 alrededor del disco de bronce, poniendo los anillos para el suelo en la membrana. Para evitar la separación por tamaño entre las partículas, se pasa todo el suelo violentamente 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, cerrando la membrana de presión y se deja entrar el aire a una presión de 15 atmósferas (1).

Luego de 48 horas de la extracción, o cuando las lecturas en una bureta para escurrimiento indican que se ha llegado al equilibrio, se llega al punto de marchitez permanente (1).

La mayoría de suelos llegan al equilibrio en un tiempo de 18 a 20 horas. El porcentaje de humedad se determina secando a peso constante a 105°C y se expresa en base al peso de suelo seco (1).

4.8. Humedad aprovechable por las plantas

Se le llama agua aprovechable, al agua que queda entre los límites de la capacidad de campo y del punto de marchitez permanente, y la que queda entre la capacidad de campo y 5 bares de succión se le llama agua fácilmente aprovechable. Debe tenerse en cuenta que cada especie de planta tiene su propia capacidad para extraer agua para el crecimiento activo y productivo, y por lo tanto debe determinarse la curva de desabsorción completa de un suelo para poder comparar sus características con las necesidades de un cultivo dado (6).

4.9. Método de riego por surcos

El método de riego por surcos se realiza haciendo correr el agua en pequeños canales, que lleva el agua a medida que desciende por la pendiente del campo. El agua se va infiltrando en el fondo y a los lados del surco, proporcionando la humedad deseada al suelo. Lo esencial en este método es la uniformidad de la pendiente del terreno (2).

Este método es apropiado para regar plantas que están expuestas a daños por el agua que cubre la parte alta o los tallos de las plantas. Se usa en cultivos en hileras como hortalizas, algodón, remolacha azucarera, maíz, papas, etc., plantados sobre caballones (2).

Usando una variación de éste método que consiste en pequeñas corrugaciones, pueden regarse cultivos tupidos como cereales, alfalfa y pastos. El riego por surcos no moja la totalidad de la superficie del suelo y su eficacia depende del movimiento lateral del agua desde los surcos. Es importante prestar atención al movimiento de sales solubles, fertilizantes y herbicidas arrastrados por el agua. (2).

Generalmente la mano de obra necesaria es mayor que para cualquier otro método de riego superficial. Es necesario tener experiencia para dividir el agua llevada en la acequia de abastecimiento en la necesaria corriente para cada surco y para mantener las velocidades de agua correctamente, hasta conseguir un riego adecuado (2)

La forma más corriente del surco es el tipo en V, que tienen de 15 a 20 cm de profundidad y 25 a 30 cm de ancho en la parte superior, que conducirán normalmente un caudal de 3 litros por segundo en pendientes relativamente suaves. Los surcos en forma de U tienen una anchura, generalmente de fondo de 15 a 25 cm, aun que se pueden emplear anchuras de 60 cm o más para riego de huertas, viñas y cultivos muy espaciados como tomates y melores (2).

La distancia entre surcos dependerá del cultivo a regarse, del tipo de maquinaria y de la clase de humectación que se obtenga por el movimiento lateral del agua en el suelo (2).

En cuanto a la pendiente del surco, ésta debe ser uniforme, ya que si son irregulares puede depositarse tierra en las partes más bajas, a consecuencia de la erosión de las partes más pendientes, así como puede haber un rebosamiento de agua en los lomos, si hay lugares bajos en el terreno donde puede encharcarse el agua (2).

Para evitar una erosión excesiva cuando se riegan cultivos, la pendiente del surco en la dirección del movimiento del agua no debe exceder del 2% (2).

Para derivar el agua de la acequia se pueden utilizar sifones, que no son más que tubos cortos hechos de metal o PVC de forma curva, de una estructura fácil de usar y que no daña los bordos de la acequia (10).

El diámetro del sifón va en función del tipo de material a usar, de las condiciones texturales del suelo y las facilidades económicas del agricultor; variando su longitud de acuerdo al tipo de borde de la regadera (10).

La descarga de un sifón depende del diámetro del tubo, longitud del tubo, de la rugosidad de la superficie interior y del número y grado de los codos del tubo y de la carga bajo la cual opera el tubo (10).

Los sifones tienen la ventaja de ser portátiles por lo que se requieren de un número reducido para regar determinada área, el flujo hacia los surcos puede controlarse fácilmente mediante el uso de un número tal de sifones que el agricultor considere manipular (10)

Para determinar el caudal que deriva cada sifón, existen tablas indicadoras que operan en función del tirante (H) y diámetro del sifón. También puede cali-

brarse en el campo volumétricamente utilizando para ello un caballete, un nivel y un recipiente aforado.

4.9.1. Determinación de la cantidad de agua a aplicar (8). Para determinar la lámina de agua a aplicar se usa la siguiente fórmula:

$$La = \frac{P_{scc} - P_{sar}}{100} \times Da \times Pr$$

Donde:

La = Lámina de auxilio para un estrato de 30 cm (cm)

P_{scc} = Porcentaje de humedad a capacidad de campo, estimado por el método gravimétrico.

P_{sar} = Porcentaje de humedad antes del riego, estimado por el método gravimétrico

Da = Densidad aparente

Pr = Profundidad radicular en centímetros

Se calculan las láminas para cada uno de los estratos (0 - 30, 30 - 60) luego se suman y ésta es la lámina total a aplicar.

4.9.2. Determinación del volumen de agua a aplicar.

Para determinar el volumen de agua a aplicar en cada riego se utiliza la siguiente fórmula:

$$Vol = A \times La$$

Donde:

Vol = Volumen de agua requerida por parcela (metros cúbicos)

A = Area de cada parcela (metros cuadrados)

La = Lámina de agua total (metros).

V. MATERIALES Y METODOS

Los datos del área donde se llevó a cabo el experimento y que a continuación se presentan, fueron reportados por Tobar Romero (1982) (19).

5.1 Ubicación

La investigación fue realizada del 27 de octubre de 1982 al 27 de febrero de 1983, en la unidad de riego El Rancho-Jícaro, que está ubicada en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y el Jícaro, del departamento de El Progreso, se encuentra a la altura del Km. 85 de la capital de Guatemala, sobre la ruta al Atlántico.

5.2. Datos Climatológicos

Altitud: 260 metros sobre el nivel del mar. Precipitación pluvial: Escasa y mal distribuída. El verano es seco y cálido, el invierno con una precipitación media anual de 700 mm distribuídos en Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Temperatura: La mínima es de 24°C y la máxima es de 29.7°C, con un promedio anual de 27°C.

Vientos: Los dominantes provienen del mar Caribe, llegando por el cañón del río Motagua a velocidades de 18 Km/hora.

Humedad Relativa : 64%.

5.3. Datos Edafológicos

Los suelos son aluviales, depositados por el río Motagua. Posee textura franco arenosa, son suelos profundos con buen drenaje con una reacción ligeramente alcalina (pH de 7.5) con un contenido de materia orgánica de 1.37%.

5.3.1. Análisis físico-químico del suelo.

Para el análisis físico-químico se tomaron muestras de la capa arable en lugares representativos de la unidad experimental y se analizaron en el laboratorio del ICTA.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos.

CUADRO 1

Análisis físico-químico del surlo

Clase textural pH	Me/100g					% S.B	ppm			
	CTI	Ca	Mg	Na	K		Fe	Cu	Mn	Zn
Franco arenoso 7.5	10.52	14.61	2.19	0.31	0.62	+ 100	63.3	2.0	94.5	4.6

5.3.2 Determinación de las constantes de humedad.

5.3.2.1. Punto de Marchitéz permanente.- Para determinar el punto de marchitéz permanente y la densidad aparente se tomaron muestras a 30 y 60 cm de profundidad, se colocaron en cajas de cartón y se enviaron al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA). El punto de marchitéz permanente se analizó por el método de membrana de presión, descrito en el inciso 4.7.6.

5.3.2.2. Capacidad de campo.- Para determinar la humedad a capacidad de campo se utilizó el método gravimétrico, explicado en el inciso 4.7.4. Los resultados se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2

Constantes de humedad y densidad aparente del suelo del sitio experimental

Espesor (cm)	Densidad aparente (gr/cc)	Porcentaje de capacidad de campo (%)	Humedad Punto de marchitéz permanente (%)
0- 30	1.2634	20.10	6.62
30 - 60	1.3474	20.80	5.83

5.4. Diseño Estadístico

5.4.1. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fué de Bloques al azar (13).

5.4.2. Número de tratamientos.

El número de tratamientos utilizados fueron 5, y aparecen en la tabla siguiente:

Tratamiento	Intervalo de riego
A	4 días
B	6 días
C	8 días
D	10 días
E	12 días

5.4.3. Número de Repeticiones.

Fueron hechas 4 repeticiones por cada tratamiento y su distribución se muestra en la figura 18 del apéndice.

5.4.4. Parcela experimental.

El área de la parcela fue de 49.68 m² con un área útil de 26.00 m² según se muestra en la figura 18 del apéndice.

5.5. Trabajos de campo

5.5.1.

La variedad que se usó fue ROMA VF, por su demanda en el mercado interno y la industria y por su resistencia a Fusarium y Veticillium.

5.5.2. Almacigos.

Para preparar los almacigos se utilizó un tablón de 15 metros de largo 1 metro de ancho y 25 cm de altura, desterronando la tierra con azadón hasta dejarla bien fina.

Para proteger las plántulas contra plagas y enfermedades se desinfectó el suelo del tablón con una libra y media de Bromuro de Metilo, cubriendo el tablón con plástico sin agujeros. Las orillas del plástico se cubrieron con tierra a todo lo largo del tablón, para que el gas no se escapara.

Pasadas 48 horas de aplicado el Bromuro se levantó el plástico y se dejó airear el tablón durante 3 días, para que el gas saliera y el suelo se encontrara ventilado al momento de la siembra.

El 27 de Octubre se procedió a sembrar a una distancia de 10 cm entre hileras y a 1 cm entre plantas. La profundidad de siembra fué de 1 cm. Se cubrió el tablón con heno para mantener la humedad, el cual se quitó cuando habían germinado más del 80% de las semillas. El semillero se regó dos veces diarias, regando por la mañana y por la tarde.

Diez días después de la germinación se le aplicó fertifollaje triple y PCNB para evitar el ataque de hongos. También se le aplicó agallol para evitar el ataque de mal de talluelo.

5.5.3. Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en:

- Chapeado
- Barbecho profundo
- Rastreo
- Surqueado
- Trazo del experimento.

Trazo del experimento: El tamaño de las parcelas fue de 7.20 m por 6.90 m con una separación entre bloques de 2 m y una separación entre parcelas de 1.80 m. El área del lote experimental ocupado por las parcelas y las separaciones fue de 1759.68 m². El número de surcos por parcela fue de 8, con un largo de 6.90 m y

con una separación entre surcos de 0.90m. La distribución de las parcelas en el lote experimental puede observarse en la figura 18 del apéndice.

5.5.4. Trasplante.

El trasplante se efectuó 29 días después de la siembra, colocando una planta por postura a una distancia de 0.40 m.

El día anterior al trasplante se dió un riego profundo ya que el suelo se encontraba polvoriento. La siembra se realizó por la tarde para aprovechar las horas frescas y así evitar el marchitamiento. Las raíces de las plantas cubrieron con una lechada de tierra, agua y agallol para evitar enfermedades fungosas. Luego de trasplantadas las plantas se regó nuevamente para evitar cámaras de aire y así lograr un mayor porcentaje de plantas vivas.

5.5.5. Limpias.

Se efectuaron dos limpiezas en forma manual, la primera 15 días después del trasplante y la segunda 30 días después de la primera.

5.5.6. Fertilización.

Se efectuaron dos aplicaciones de fertilizantes, la primera se realizó diez días después del trasplante aplicando 2.5 quintales de Urea y 2 quintales de potasio por manzana, según recomendaciones del ICTA. El método utilizado fue de posturas, aplicando al mismo tiempo un nemátocida-insectocida. La segunda aplicación se realizó 30 días después del trasplante aplicando 2.5 quintales de Urea por manzana, utilizando el método anterior.

5.5.7. Control de plagas y enfermedades.

Para el control de plagas y enfermedades se hicieron aplicaciones de pesticidas en forma preventiva, asperjando tamarón ó azodrín en dosis de 20 cc/4 galones de agua, Antracol en dosis de 25 cc/galón de agua y Cupravit verde en dosis de 25 cc/galón de agua, esto se hizo semanalmente.

Se presentó un ligero ataque de gusano nocherero pero se controló a tiempo con un cebo hecho de afrecho (100 partes), Dipterex (3 partes) y azúcar (7 partes).

También se asperjo el insecticida Ambush en dosis de 25 cc/manzana.

5.5.8. Riegos.

El método de riego utilizado fue el de surcos. Derivando el agua de la acequia por medio de sifones.

Se hicieron dos riegos semanalmente a partir del trasplante, y el 10 de Diciembre se empezó a tomar datos de la humedad del suelo. Esto se hizo con el objeto de que todos los tratamientos estuvieran en las mismas condiciones al empezar con el experimento.

Se ideó la conducción del agua por medio de mangueras plásticas de 2.5 pulgadas de diámetro aproximadamente, las cuales fueron adquiridas en el comercio. El objeto de dichas mangueras fue el de evitar el mojado de otras parcelas que no necesitaban riego y para no hacer una toma en cada bloque y así aprovechar al máximo el terreno.

Los riegos subsecuentes se hicieron de acuerdo al calendario que se muestra en los cuadros 7, 8, 9, 10 y 11 del apéndice.

La lámina aplicada en cada riego para cada tratamiento se calculaba de acuerdo al porcentaje de humedad que tenía el suelo antes del riego, utilizando para esto el método gravimétrico. Las muestras del suelo se tomaban 24 horas antes del riego, para cada tratamiento que le correspondiera riego.

5.5.9. Cosecha.

La cosecha se realizó a mano, entre el 14 y el 27 de Febrero.

5.5.10. Variables de Respuesta.

Las variables utilizadas para la evaluación del experimento fueron:

5.5.10.1. Rendimiento en peso (libras/parcela).

5.5.10.2. Número de frutos.

5.5.10.2. Número de plantas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Variables de respuesta

En base a los análisis de varianza de cada una de las tres variables de respuesta que se estudiaron y que se encuentran en los cuadros, 2, 4, 6 del apéndice , puede notarse que no existen deferencias significativas entre tratamientos, esto nos indica que las diferentes frecuencias de riego, en todo el ciclo de cultivo de tomate, tienen el mismo efecto en dichas variables.

En el cuadro siguiente pueden observarse los promedios de los resultados para cada uno de las variables de respuesta.

CUADRO 3

Resultados promedios de las diferentes variables de respuesta por tratamiento

	VARIABLES DE RESPUESTA		
Tratamiento	Peso (Lbs)	No. de Frutos	No.de plantas
A	135.99	1126	127
B	133.00	1310	125
C	128.60	1303	122
D	123.36	1318	122
E	135.24	1187	123

A continuación se discuten los resultados para las 3 variables de respuesta.

6.1.1. Rendimiento en peso.

Los rendimientos en peso para cada tratamiento, cada repetición y promedio se presentan en el cuadro 1 del apéndice.

Se observa que el tratamiento A es el que tuvo el rendimiento más alto, seguido por el tratamiento E, B, C, D. Los tratamientos de los extremos fueron los que mayor rendimiento tuvieron, es decir el más seco y el más húmedo, siendo la diferencia entre estos de apenas doce onzas que según el análisis de varianza no es significativo.

6.1.2. Número de frutos.

El número de frutos por tratamiento y repetición con sus respectivos promedios se encuentran en el cuadro 3 del apéndice.

Contrario al rendimiento en peso, los tratamientos A y E fueron los que menor número de fruto produjeron. Puede observarse una diferencia de 61 frutos entre estos dos tratamientos, pero comparándolos con el peso el tratamiento A tiene 12 onzas más que el E, lo que nos indica que los frutos del tratamiento E fueron un poco más pequeños en tamaño que los del tratamiento A.

El tratamiento D fue el que mayor número de frutos produjo, pero relacionándolo con el peso, es el más bajo de todos, se puede deducir que fue el tratamiento que produjo el fruto más pequeño, seguidos en su orden por los tratamientos C y B.

6.1.3. Número de plantas por parcela.

El número de planta por tratamiento, repetición y su respectivo promedio se encuentra en el cuadro 5 del apéndice.

Existe cierta diferencia entre el número de plantas pero no es significativa.

6.2. Láminas de consumo de agua del cultivo durante todo el ciclo.

Las láminas de consumo total y el número de riegos para cada tratamiento se presentan en el cuadro 4.

Se puede notar que el tratamiento A es el que mayor lámina evapotranspiró, debido a que es el tratamiento más húmedo, y a mayor humedad mayor evapotranspiración (6).

Este alto consumo se debe a que por ser el intervalo de riego más corto, casi siempre se mantenía en condiciones de humedad a capacidad de campo o cercano ella.

CUADRO 4

Láminas de agua consumidas y número de riegos por tratamiento durante todo el ciclo del cultivo

Tratamiento	Número de riegos	Lámina total consumida (mm)
A	18	627.30
B	12	420.10
C	9	316.80
D	7	238.60
E	6	232.00
Promedio		365.20

En el cuadro 4 se puede observar que a medida que el intervalo de riego aumenta la evapotranspiración disminuye, y es así como el tratamiento E fue el que menor lámina evapotranspiró.

En los cuadros 7, 8, 10 y 11 del apéndice se encuentra el porcentaje de humedad antes y después del riego, el calendario de riego, las láminas consumidas para cada estrato y las totales.

Las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del apéndice representan las tendencias de los datos que se observan en los cuadros antes mencionados, así como la curva de consumo de agua estimada mediante la fórmula de Blaney y Criddle. En estas figuras se observan las tendencias de las curvas de las láminas evapotranspiradas para cada estrato, la lámina total real y la de Blaney y Criddle para cada uno de los tratamientos. Haciendo una comparación entre las curvas de evapotranspiración total acumulada se aprecia que a medida que el intervalo de riego es más largo se acerca más a la curva de Blaney y Criddle.

Para todos los tratamientos exceptuando al A, el estrato de 0 - 30 tuvo mayor evapotranspiración que el estrato de 30 - 60, durante todo el ciclo del cultivo, esto se debe a que la mayor concentración de raíces se encuentra en la primera capa del suelo.

En la figura 6, se muestran las curvas de los promedios de los tratamientos, puede notarse que la curva total de evapotranspiración acumulada es cualitativamente similar a la curva de evapotranspiración de Blaney y Criddle. Se nota que el consumo del estrato de 0 - 30 fue mayor que el de 30 - 60, durante todo el ciclo.

6.3. Control de Humedad

El control de humedad para cada tratamiento se encuentra representado en las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 del apéndice. Estas figuras nos indican la lámina de humedad que tenía el suelo antes del riego y la lámina a que se llegaba después de efectuar el mismo. Teniendo en cuenta que la lámina de humedad a capacidad de campo para el estrato de 0 - 30 es de 76.20 mm y para el estrato de 30 - 60 es de 84.10 mm, siendo el porcentaje de humedad a capacidad de campo de 20.10% para el primer estrato y 20.80% para el segundo.

Puede notarse que en ninguno de los tratamientos, incluyendo el más seco llegó al punto de marchitez permanente, que es de una lámina de 25 mm ó sean 6.62 % de humedad para el estrato de 0 - 30 y de 24 mm, 5.83% de humedad para el estrato de 30 - 60. Lo anterior justifica el porqué no hay diferencia significativa, entre tratamientos para las distintas variables, pues es evidente que en ninguno de los casos se sometió a la planta a altas tensiones de humedad (salvo casos excepcionales, el porcentaje de humedad se mantuvo arriba del 50%).

6.4. Comparación de la evapotranspiración real con la fórmula de Blaney y Criddle

En el cuadro 12 del apéndice se encuentra el cálculo de la evapotranspiración semanal por la fórmula de Blaney y Criddle. Se obtuvo a partir de datos de la estación meteorológica de la Fragua (Zacapa), que tiene condiciones climáticas similares al área donde se efectuó el experimento.

En el cuadro 13 aparecen los datos de evapotranspiración semanal de cada uno de los tratamientos y la de Blaney y Criddle.

Se hicieron análisis de correlación entre la evapotranspiración real de cada uno de los tratamientos y el promedio de todos con la evapotranspiración estimada empíricamente por la fórmula de Blaney y Criddle.

En los cuadros 14, 15, 16, 17, 18 y 19 aparecen los análisis de varianza de la regresión lineal simple para cada uno de los tratamientos y el promedio de todos.

El resumen de los resultados obtenidos de los análisis de regresión y correlación se muestran en el cuadro siguiente.

CUADRO 5

Resumen de los resultados de la correlación
lineal simple

Tratamiento	r_c	r_t 0.05	F_c	F_t 0.05
A	0.7940	0.6320	13.66	5.32
B	0.7100	"	8.12	"
C	0.6390	"	5.55	"
D	0.6600	"	6.27	"
E	0.6960	"	7.42	"
Promedio	0.8400	"	19.75	"

r_c = Coeficiente de correlación simple calculado.

r_t = Coeficiente de correlación simple tabulado.

F_c = Comparador para el análisis de varianza (calculado)

F_t = Comparador para el análisis de varianza (tabulado)

En el cuadro anterior se observa que " r_c " y " F_c " son significativos al 5% de nivel significancia, en todos los tratamientos y en el promedio de éstos, se concluye que existe alta correlación positiva entre las variables (17).

Al comparar los valores de los coeficientes de correlación lineal simple (r_c) y la F_c de la regresión lineal simple del cuadro 5 se observa que el tratamiento que tuvo la más alta correlación con Blaney y Criddle fue el A, y el más bajo, el tratamiento C. Los demás tratamientos tienen similar comportamiento.

Al observar la figura 12, se nota que en su forma, la curva de evapotranspiración total real del tratamiento A es la que más se asemeja a la curva de Blaney y Criddle, no así en las cantidades de agua consumidas. Lo anterior puede deberse posiblemente a que dicha fórmula fue desarrollada para condiciones de humedad del suelo relativamente secas (7).

En las figuras 13, 14, 15, 16 y 17 correspondientes a los tratamientos B, C, D, E y promedio respectivamente, se observa cierta tendencia entre las curvas de dichos promedios y la obtenida por Blaney y Criddle siendo cuantitativamente más aproximadas las de los tratamientos D y E que son los más secos (Fig. 15 y 16).

VII. CONCLUSIONES

- 1.- No existen diferencias estadísticas significativas en cuanto a rendimiento en peso, número de frutos y número de plantas al aplicar diferentes frecuencias de riego, por lo que se concluye que al regar con intervalos de 4, 6, 8, 10 y 12 días se obtienen los mismos resultados.
- 2.- Para las frecuencias estudiadas, los porcentajes de humedad del suelo se mantuvieron arriba del 50% de la humedad aprovechable, por lo que ningún tratamiento se sometió a la planta a condiciones de alta tensión de humedad.
- 3.- Las diferentes láminas aplicadas durante todo el ciclo del cultivo, produjeron el mismo efecto sobre los rendimientos en peso, número de frutos y número de plantas.
- 4.- A medida que el intervalo de riego es mayor, la lámina total evapotranspirada durante todo el ciclo del cultivo, disminuye.
5. Qualitativamente la variación de la evapotranspiración obtenida por el método de Blaney y Criddle es similar con la medida en los tratamientos; sin embargo cuantitativamente, los tratamientos más secos (intervalos de 10 y 12 días) tienden a aproximarse más a los obtenidos por dicha fórmula.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda regar cada 12 días, que fué el intervalo de riego mas largo, bajo las condiciones del área y en la época en que se llevó a cabo la presente investigación.
- 2.- Continuar experimentando en éste cultivo, con la finalidad de ajustar la fórmula de Blaney y Criddle a las condiciones de la región, dado que en base al presente trabajo dicha fórmula sí es aplicable a las condiciones del área.
- 3.- Implementar más investigaciones sobre frecuencia de riego en tomate y otros cultivos de importancia económica tanto en ésta como en otras regiones del país.
- 4.- Al realizar estas investigaciones se recomienda intensificar los muestreos por parcela, para la obtención de valores más confiables de la humedad del suelo.
- 5.- Al seguir estas investigaciones, utilizar frecuencias con intervalos de riego más largos, utilizando la frecuencia de 12 días como la más corta.
- 6.- Se recomienda el uso de mangueras plásticas para la conducción del agua a las diferentes parcelas, en investigaciones similares a ésta.

IX. BIBLIOGRAFIA

- 1) AGUILERA CONTRERAS, M. Y MARTINEZ ELIZONDO, R. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. México, Editora de Periódicos, Libros y Revistas, 1980. pp. 252-255
- 2) BOOCHER, L. El riego superficial. Roma, FAO, 1974. 162 p. FAO: Cuadernos de fomento agropecuario No. 95.
- 3) CISNEROS ARAGON, C. E. Efecto de las variaciones de humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento del cultivo del trigo. Tesis Mag. Sc. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1979. 110 p.
- 4) DOORENBOS, J. Y KASSAM, A. H. Efecto del agua sobre los rendimientos de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p. Estudio FAO: Riego y Drenaje 33.
- 5) DOORENBOS, J. Y PRUITT, W. O. Necesidades de agua de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p. Estudio FAO: Riego y Drenaje 24.
- 6) FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 212 p.
- 7) GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Mérida, Venezuela, C.I.D.I.A.T., 1975. 88 p. Serie Riego y Drenaje. Texto No. RD-8.
- 8) GUATEMALA. DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Determinación del uso consuntivo por el método gravimétrico; aplicación del Método Racional" para el cálculo del uso consuntivo. Guatemala, 1979. 16 p. Apuntes Técnicos No. 12.
- 9) _____. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Cultivo del tomate. Guatemala, s.f. 18 p.
- 10) _____. Recomendaciones técnicas para el riego por sigones. Guatemala, 1981. 6 p.
- 11) ISRAELSEN, O. W. Y HANSEN, V. E. Principios y aplicaciones del riego. Madrid, España, Reverté, 1978. p. 122.
- 12) LEON GALLEGOS, H. M. Y AROSEMENA DUTARI, M. El cultivo del tomate -para consumo fresco- en el Valle de Culiacán. México, INIA-SARH, 1980. p. 65.
- 13) LITTLE, T. M. Y HILLS, F. J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas, 1976. 270 p.
- 14) MEXICO. DIRECCION GENERAL DE EDUCACION TECNOLOGICA AGROPECUARIA. Tomates México, 1978. p. 65. DGETA/103/201.
- 15) OLIVIER, H. Riego y clima. México, CECSA, 1963. pp. 72-73.

- 16) PORTE WILLIAM, S. Y WILCOX, J. La producción comercial de tomates. E.U. Departamento de Agricultura. Boletín de Agricultura No. 2045. 1965. pp. 46-47.
- 17) QUIROGA, V. Manual para estimar parámetros de seis modelos aplicados a fenómenos sociales, económicos y biológicos. San José, Costa Rica, IICA, 1977. 36 p. Serie de Publicaciones Miscelaneas No. 145.
- 18) SILVAS RIOS, J. et al. Guía para producir tomates frescos en el Valle del Mayo. México, INTA-SARH, 1981. p. 10. Folleto para Productores No. 1.
- 19) TOBAR ROMERO, L. A. Estudio de estructuras hidráulicas para el mejoramiento de la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. Agronomía, 1982. 66 p.
- 20) WITHERS, B. Y VIPOND, S. El riego; diseño y práctica. México, Diana, 1978. p. 122.

Actual



X. APENDICE

CUADRO 1

RENDIMIENTO EN LIBRAS POR TRATAMIENTO Y BLOQUE O REPETICION

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	TOTAL Y _i	PROMEDIO \bar{Y}_i
TRATAMIENTO						
A	138.80	107.67	129.00	168.47	543.93	135.99
B	143.07	117.67	139.20	132.07	531.99	133.00
C	138.87	141.00	118.34	116.20	514.40	128.60
D	159.67	108.94	116.84	108.00	493.44	123.36
E	105.94	168.07	134.60	132.34	540.94	135.24
TOTAL Y _j	686.33	643.33	637.97	657.65	2624.70	
PROMEDIO \bar{Y}_j	137.27	128.67	127.60	131.42		131.24

CUADRO 2

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO (PESO)

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F _{t0.01}
BLOQUES	3	433.82	144.61	0.28 N.S.	5.91
TRATAMIENTOS	4	442.42	110.61	0.21 N.S.	5.41
ERROR	12	6139.57	511.63		
TOTAL	19	7015.81			

CUADRO 3RENDIMIENTO EN NUMERO DE FRUTOS POR TRATAMIENTO
Y BLOQUE O REPETICION

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	TOTAL Y _i	PROMEDIO Ȳ _i
TRATAMIENTO A	1009	1295	908	1250	4462	1125.50
B	1853	1162	1074	1149	5238	1309.50
C	1496	1269	1184	1264	5213	1303.25
D	1729	1064	1212	1265	5270	1317.50
E	952	1254	1302	1239	4747	1186.75
TOTAL Y _j	7039	6044	5680	6167	24930	
PROMEDIO Ȳ _j	1407.80	1208.80	1136.00	1233.40		1246.50

CUADRO 4ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO (NUMERO DE FRUTOS)

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F _t 0.01
BLOQUES	3	199104.20	66368.07	1.17 N.S.	5.95
TRATAMIENTOS	4	131846.50	32961.63	0.58 N.S.	5.41
ERROR	12	681184.30	56765.36		
TOTAL	19	1012135.0			

CUADRO 5

NUMERO DE PLANTAS VIVAS POR TRATAMIENTO Y BLOQUE
O REPETICION, AL FINAL DE LA COSECHA

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	TOTAL Y _i	PROMEDIO Y _i
TRATAMIENTO						
A	127	134	123	125	509	127.25
B	132	122	125	120	499	124.75
C	128	114	122	123	487	121.75
D	132	116	109	131	488	122.00
E	127	123	119	124	493	123.25
TOTAL Y _j	646	609	598	623	2476	
PROMEDIO Y _j	129.20	121.80	119.60	124.60		123.80

CUADRO 6

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE PLANTAS VIVAS

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F _t .01
BLOQUES	3	257.20	85.73	2.49 N.S.	5.95
TRATAMIENTOS	4	82.20	20.55	0.60 N.S.	5.41
ERROR	12	413.80	34.48		
TOTAL	19	753.20			

CUADRO 7

CONSUMOS DE HUMEDAD EN TODO EL CICLO VEGETATIVO
 TRATAMIENTO A (INTERVALO DE RIEGO DE 4 DIAS)

Profundidad. (cm)	Porcentaje de Humedad (Ps) Después del riego		Porcentaje de Humedad (Ps) Antes del riego		Ps Dif. (%)	Lámina consumida (mm)	Lámina total consumo (mm)
	Fecha	(%)	Fecha	(%)			
0 - 30	10-12-82	20.10	13-12-82	17.44	2.66	10.10	19.90
30 - 60		20.80		18.38	2.42	9.80	
0 - 30	14-12-82	20.47	17-12-82	17.62	2.85	10.80	22.40
30 - 60		21.30		18.43	2.87	11.60	
0 - 30	18-12-82	20.74	21-12-82	16.31	4.43	16.80	37.20
30 - 60		21.25		16.20	5.05	20.40	
0 - 30	22-12-82	19.44	25-12-82	14.59	4.85	18.40	35.80
30 - 60		20.78		16.48	4.30	17.40	
0 - 30	26-12-82	20.71	29-12-82	16.61	4.10	15.40	35.00
30 - 60		22.07		17.22	4.85	19.60	
0 - 30	30-12-82	20.87	2- 1-83	16.67	4.20	15.90	31.40
30 - 60		21.99		18.16	3.83	15.50	
0 - 30	3- 1-83	20.87	6- 1-83	16.38	4.49	17.00	28.90
30 - 60		21.87		18.93	2.94	11.90	
0 - 30	7- 1-83	20.34	10- 1-83	16.15	4.19	15.90	38.00
30 - 60		21.40		15.93	5.47	22.10	
0 - 30	11- 1-83	20.08	14- 1-83	15.36	4.72	17.90	42.30
30 - 60		21.47		15.44	6.03	24.40	
0 - 30	15- 1-83	20.34	18- 1-83	15.04	5.30	20.10	45.60
30 - 60		21.28		14.97	6.31	25.50	
0 - 30	19- 1-83	20.68	22- 1-83	18.97	1.71	6.50	16.60
30 - 60		22.22		19.72	2.50	10.10	
0 - 30	23- 1-83	20.29	26- 1-83	14.80	5.49	20.80	39.40
30 - 60		21.40		16.79	4.61	18.60	
0 - 30	27- 1-83	21.03	30- 1-83	15.09	5.94	25.50	47.70
30 - 60		21.82		16.33	5.49	22.20	
0 - 30	31- 1-83	20.58	3- 2-83	15.38	5.20	19.70	46.90
30 - 60		21.84		15.11	6.73	27.20	
0 - 30	4- 2-83	21.05	7- 2-83	13.14	7.94	30.00	52.90
30 - 60		21.50		15.83	5.67	22.90	
0 - 30	8- 2-83	21.08	11- 2-83	16.78	4.30	16.30	35.20
30 - 60		21.30		16.62	4.68	18.90	
0 - 30	12- 2-83	20.61	15- 2-83	18.10	2.51	9.50	19.80
30 - 60		21.10		18.55	2.55	10.30	
0 - 30	16- 2-83	21.00	19- 2-83	16.04	4.96	18.80	32.30
30 - 60		21.15		17.81	3.34	13.50	
Lámina total consumida							627.30

CUADRO 8

CONSUMO DE HUMEDAD EN TODO EL CICLO VEGETATIVO
TRATAMIENTO B (INTERVALO DE RIEGO DE 6 DIAS)

Profundidad. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps) Después del riego		Porcentaje de humedad (Ps) Antes del riego		Ps Dif. (%)	Lámina consumida (mm)	Lámina total Consumo (mm)
	Fecha	(%)	Fecha	(%)			
0 - 30	10-12-82	20.10	15-12-82	16.91	3.29	12.00	19.20
30 - 60		20.80		19.20	1.60	6.60	
0 - 30	16-12-82	20.37	21-12-82	16.15	4.22	16.00	20.50
30 - 60		21.82		20.71	1.11	4.50	
0 - 30	22-12-82	20.18	27-12-82	16.23	3.95	15.00	38.90
30 - 60		21.55		15.83	5.72	23.10	
0 - 30	28-12-82	19.55	2- 1-83	15.36	4.19	15.90	30.90
30 - 60		21.20		17.49	3.79	15.00	
0 - 30	3- 1-83	20.45	8- 1-83	14.35	6.10	23.10	38.10
30 - 60		21.67		17.96	3.71	15.00	
0 - 30	9- 1-83	19.87	14- 1-83	14.06	5.81	22.00	40.00
30 - 60		20.51		16.06	4.45	18.00	
0 - 30	15- 1-83	20.68	20- 1-83	15.93	4.75	18.00	35.00
30 - 60		21.20		17.00	4.20	17.00	
0 - 30	21- 1-83	20.39	26- 1-83	15.17	5.22	19.80	39.30
30 - 60		20.38		15.56	4.83	19.50	
0 - 30	27- 1-83	20.92	1- 2-83	16.07	4.85	23.40	41.40
30 - 60		22.22		17.76	4.46	18.00	
0 - 30	2- 2-83	20.92	7- 2-83	15.54	5.38	20.40	46.00
30 - 60		21.84		15.51	6.33	25.60	
0 - 30	8- 2-83	19.92	13- 2-83	15.51	4.41	16.70	40.00
30 - 60		22.07		16.30	5.77	23.30	
0 - 30	14- 2-83	20.71	19- 2-83	16.78	3.93	14.90	30.80
30 - 60		21.80		17.86	3.94	15.90	
Lámina total consumida							420.10

CUADRO 9

CONSUMO DE HUMEDAD EN TODO EL CICLO VEGETATIVO
TRATAMIENTO C (INTERVALO DE RIEGO DE 8 DIAS)

Profundidad. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps) Después del riego		Porcentaje de humedad (Ps) Antes del riego		Ps Dif. (%)	Lámina consumida (mm)	Lámina total Consumo (mm)
	Fecha	(%)	Fecha	(%)			
0 - 30 30 - 60	10-12-82	20.10 20.80	17-12-82	14.77 19.32	5.37 1.43	9.70 6.10	15.80
0 - 30 30 - 60	18-12-82	19.23 21.65	25-12-82	16.36 19.52	2.87 2.13	10.90 8.60	19.50
0 - 30 30 - 60	26-12-82	20.76 21.28	2- 1-83	17.60 18.55	3.16 2.73	12.00 11.00	23.00
0 - 30 30 - 60	3- 1-83	20.08 20.36	10- 1-83	14.46 15.68	5.62 4.68	21.30 18.90	40.20
0 - 30 30 - 60	11- 1-83	20.98 18.06	18- 1-83	15.20 17.05	5.78 1.01	21.90 4.10	26.00
0 - 30 30 - 60	19- 1-83	20.74 21.42	26- 1-83	13.01 11.80	7.73 9.62	29.30 41.10	70.40
0 - 30 30 - 60	27- 1-83	19.95 17.79	3- 1-83	14.99 13.61	4.96 6.18	18.80 25.00	43.80
0 - 30 30 - 60	4- 2-83	19.00 19.30	11- 2-83	13.51 12.84	3.49 6.46	20.80 26.10	46.90
0 - 30 30 - 60	12- 2-83	19.44 18.23	19- 2-83	15.25 14.45	4.19 3.78	15.90 15.30	31.20
Lámina total consumida							316.80

CUADRO 10

CONSUMO DE HUMEDAD EN TODO EL CICLO VEGETATIVO
TRATAMIENTO D (INTERVALO DE RIEGO DE 10 DÍAS)

Profundidad. (cm)	Porcentaje de humedad (ps) Después del riego		Porcentaje de humedad (Ps) Antes del riego		Ps Dif. (%)	Lámina consu- mida (mm)	Lámina total Consumo (mm)
	Fecha	(%)	Fecha	(%)			
0 - 30 30 - 60	10-12-82	21.10 20.80	19-12-82	18.18 18.70	1.92 2.10	7.20 8.60	15.80
0 - 30 30 - 60	20-12-82	20.00 20.73	29-12-82	16.62 16.01	3.38 4.72	12.80 19.10	31.90
0 - 30 30 - 60	30-12-82	20.00 20.78	8- 1-83	14.67 16.60	5.33 4.77	20.20 16.90	37.10
0 - 30 30 - 60	9- 1-83	20.76 20.53	18- 1-83	16.28 17.56	4.48 2.97	17.00 12.00	29.00
0 - 30 30 - 60	19- 1-83	20.42 20.83	28- 1-83	14.35 16.08	6.08 4.75	24.00 18.20	42.20
0 - 30 30 - 60	29- 1-83	19.23 19.64	7- 2-83	12.43 13.68	6.80 5.96	25.80 24.10	49.90
0 - 30 30 - 60	8- 2-83	19.13 18.31	17- 2-83	14.54 14.52	4.59 3.79	17.40 15.30	32.70
Lámina total consumida							238.60

CUADRO 11

CONSUMO DE HUMEDAD EN TODO EL CICLO VEGETATIVO
TRATAMIENTO E (INTERVALO DE RIEGO DE 12 DIAS)

Profundidad. (cm)	Porcentaje de humedad (Ps) Después del riego		Porcentaje de humedad (Ps) Antes del riego		Ps Dif. (%)	Lámina consu- mida (mm)	Lámina total Consumo (mm)
	Fecha	(%)	Fecha	(%)			
0 - 30	10-12-82	20.10	21-12-82	16.30	3.80	14.30	24.00
30 - 60		20.80		18.43	2.37	9.70	
0 - 30	22-12-82	19.84	2- 1-83	13.67	6.17	23.40	40.80
30 - 60		20.78		16.48	4.30	17.49	
0 - 30	3- 1-83	20.03	14- 1-83	14.99	5.04	19.10	38.50
30 - 60		21.40		16.60	4.80	19.40	
0 - 30	15- 1-83	19.95	26- 1-83	14.35	5.60	21.20	44.70
30 - 60		21.70		15.88	5.82	23.35	
0 - 30	27- 1-83	21.00	7- 2-83	13.72	7.28	27.60	44.60
30 - 60		21.20		17.00	4.20	17.00	
0 - 30	8- 2-83	19.92	19- 2-83	11.71	8.21	31.10	39.40
30 - 60		19.59		17.54	2.05	8.30	
Lámina total consumida							232.00

CUADRO 12

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA DE
BLANEY Y CRIDDLE DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO

FECHA	DURACION SEMANA (%)	TEMPERATURA (°C)	$\frac{t+17.8}{21.8}$	$\frac{P}{100}$	f	kt	fkt	Kc	Et' (cm)	Et AJUSTADA (cm)	Et ACUMULADA (mm)
26-11-82											
3-12-82	1	27.29	2.07	2.12	4.39	1.09	4.79	0.43	2.06	1.85	18.50
3-12-82											
10-12-82	1	25.83	2.00	1.64	3.28	1.04	3.41	0.44	1.50	1.35	32.00
10-12-82											
17-12-82	1	25.80	2.00	1.36	2.72	1.04	2.83	0.46	1.29	1.16	43.60
17-12-82											
24-12-82	1	24.24	1.93	1.62	3.13	0.99	3.10	0.54	1.67	1.50	58.60
24-12-82											
31-12-82	1	26.04	2.01	1.77	3.56	1.05	3.74	0.69	2.58	2.32	81.80
31-12-82											
7- 1-83	1	25.20	1.97	1.42	2.80	1.02	2.86	0.86	2.45	2.21	103.90
7- 1-83											
14- 1-83	1	24.27	1.93	1.59	3.07	1.00	3.07	0.99	3.02	2.72	131.10
14- 1-83											
21- 1-83	1	24.19	1.93	1.40	2.70	0.99	2.67	1.03	2.74	2.47	155.80
21- 1-83											
28- 1-83	1	25.64	1.99	1.46	2.91	1.04	3.03	0.98	2.97	2.67	182.50
28- 1-83											
4- 2-83	1	27.64	2.08	2.18	4.53	1.10	4.98	0.92	4.57	4.11	223.60
4- 2-83											
11- 2-83	1	28.70	2.13	2.39	5.09	1.13	5.75	0.84	4.80	4.32	266.80
11- 2-83											
19- 2-83	1	26.39	2.03	1.84	3.74	1.06	3.96	0.75	2.96	2.66	293.40

CUADRO 13

VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL PARA CADA UNO
DE LOS TRATATAMIENTOS, PROMEDIO Y BLANEY Y CRIDDLE

TRATAMIENTO	A	B	C	C	E	PROMEDIO	BLANEY Y CRIDDLE
No. SEMANA	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	42.00	25.00	16.00	12.00	15.00	22.00	11.60
2	65.00	34.00	15.00	20.00	19.00	30.60	15.00
3	58.00	39.00	18.00	24.00	25.00	32.80	23.20
4	56.00	42.00	32.00	25.00	23.00	35.60	22.10
5	70.00	36.00	32.00	21.00	23.00	38.40	27.20
6	66.00	43.00	37.00	25.00	24.00	39.00	24.70
7	64.00	36.00	52.00	37.00	25.00	42.80	26.70
8	84.00	69.00	37.00	35.00	27.00	50.40	41.11
9	78.00	40.00	40.00	27.00	23.00	41.60	43.20
10	56.00	40.00	26.00	20.00	25.00	32.00	26.60

CUADRO 14

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION LINEAL SIMPLE
TRATAMIENTO A Y BLANEY Y CRIDDLE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	$F_t 0.05$
Regresión	1	554.88	554.88	13.66	5.32
Error	8	324.46	40.61		
Total	9	879.34			

CUADRO 15

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION LINEAL SIMPLE
TRATAMIENTO B Y BLANEY Y CRIDDLE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	$F_t 0.05$
Regresión	1	442.93	442.93	8.12	5.32
Error	8	436.21	54.53		
Total	9	879.14			

CUADRO 16

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION LINEAL SIMPLE
TRATAMIENTO C Y BLANEY Y CRIDDLE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	$F_t 0.05$
Regresión	1	360.18	360.18	5.55	5.32
Error	8	519.16	64.89		
Total	9	879.34			

CUADRO 17

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION LINEAL SIMPLE
TRATAMIENTO D Y BLANEY Y CRIDDLE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	F_t 0.05
Regresión	1	386.34	386.34	6.27	5.32
Error	8	493.00	61.63		
Total	9	879.34			

CUADRO 18

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION LINEAL SIMPLE
TRATAMIENTO E Y BLANEY Y CRIDDLE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	F_t 0.05
Regresión	1	423.01	423.01	7.42	5.32
Error	8	456.33	57.04		
Total	9	879.34			

CUADRO 19

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION LINEAL SIMPLE
PROMEDIO Y BLANEY Y CRIDDLE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	F_t 0.05
Regresión	1	625.88	625.88	19.75	5.32
Error	8	253.47	31.68		
Total	9	879.34			

FIGURA No. 1
LAMINAS CONSUMIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DURANTE TODO
EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO A.

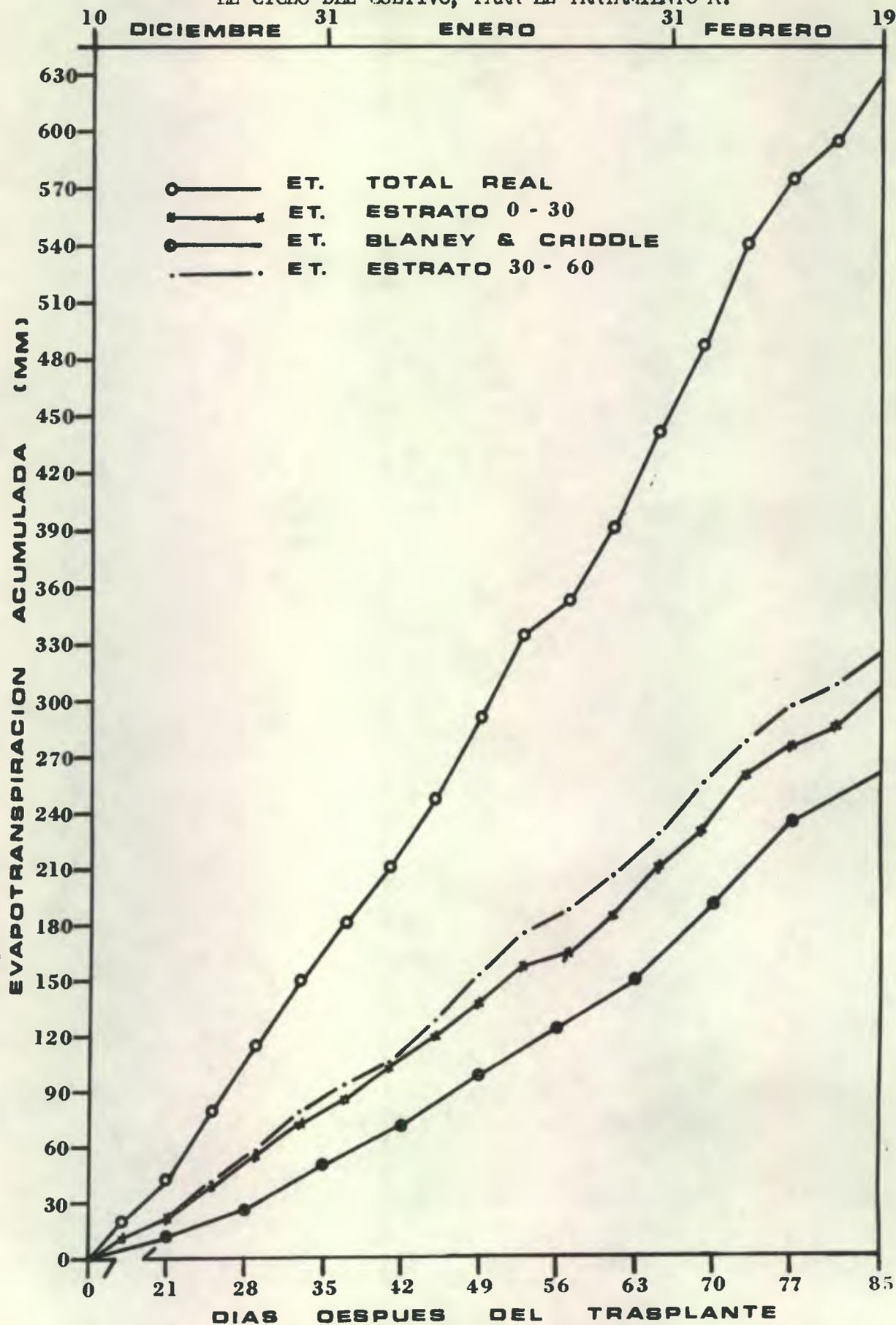


FIGURA No. 2
 LAMINAS CONSUMIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DURANTE TODO
 EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO B.

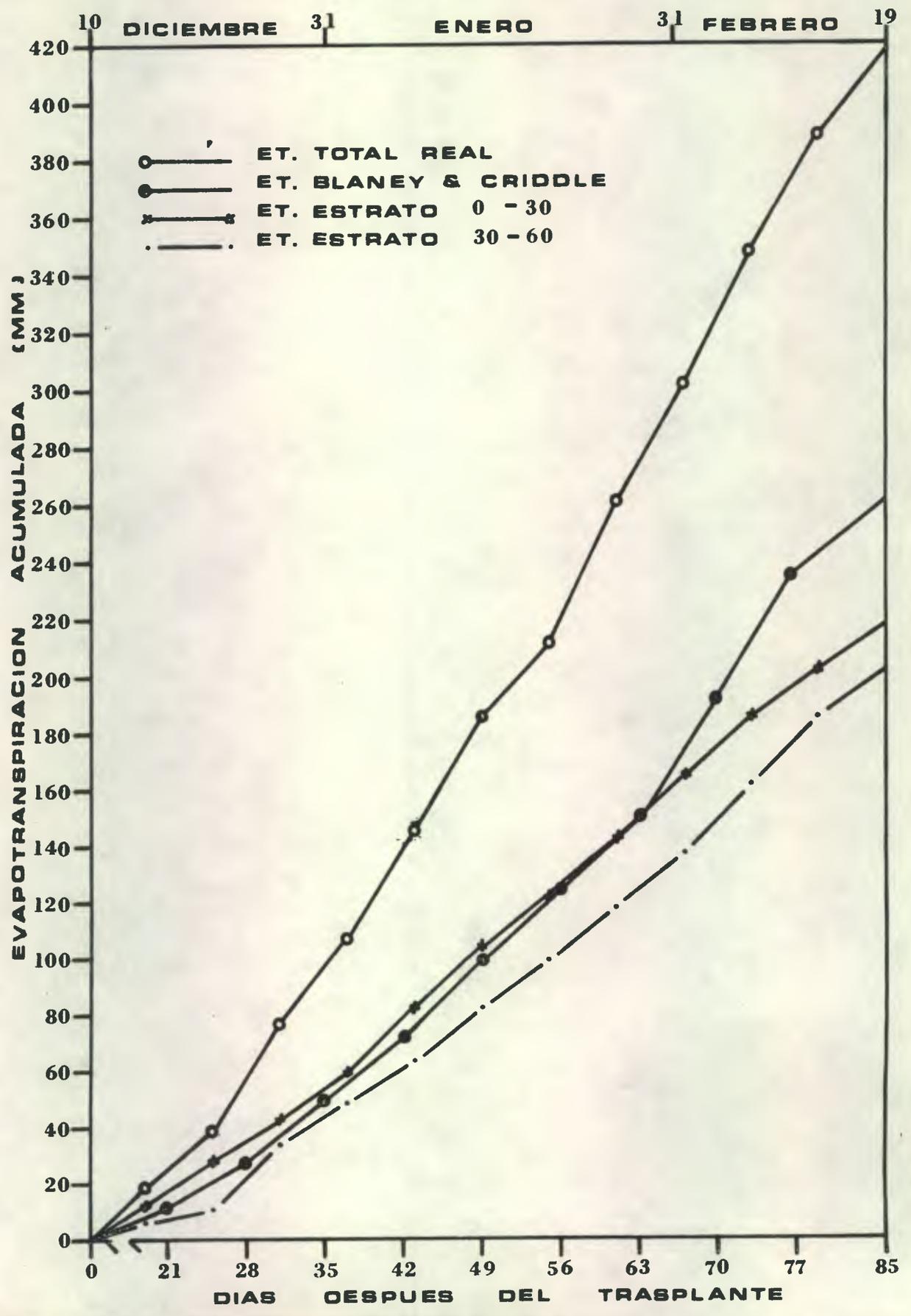


FIGURA No. 3

LAMINAS CONSUMIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO C.

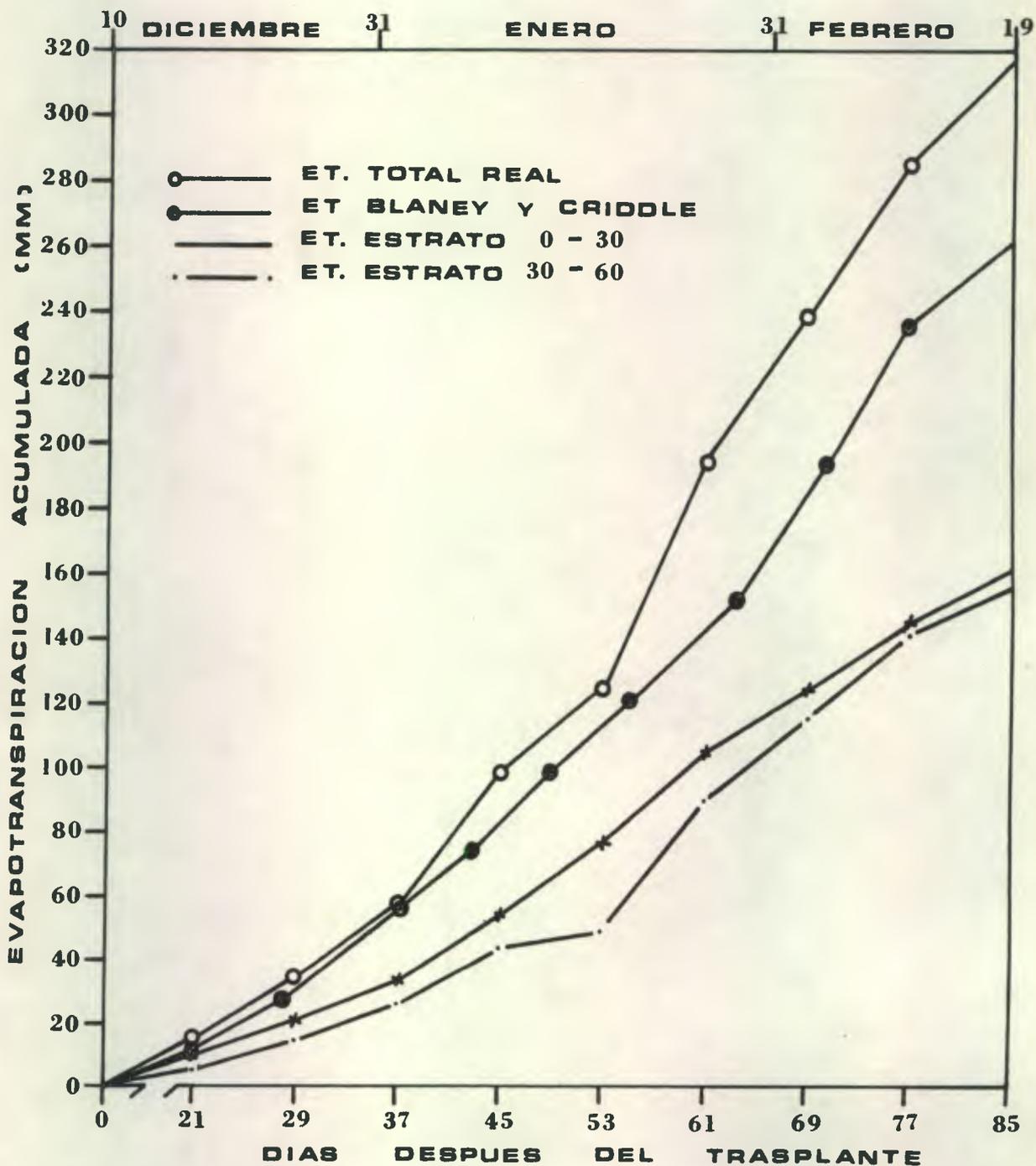


FIGURA No. 4
 LAMINAS CONSUMIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DURANTE TODO
 EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO D.

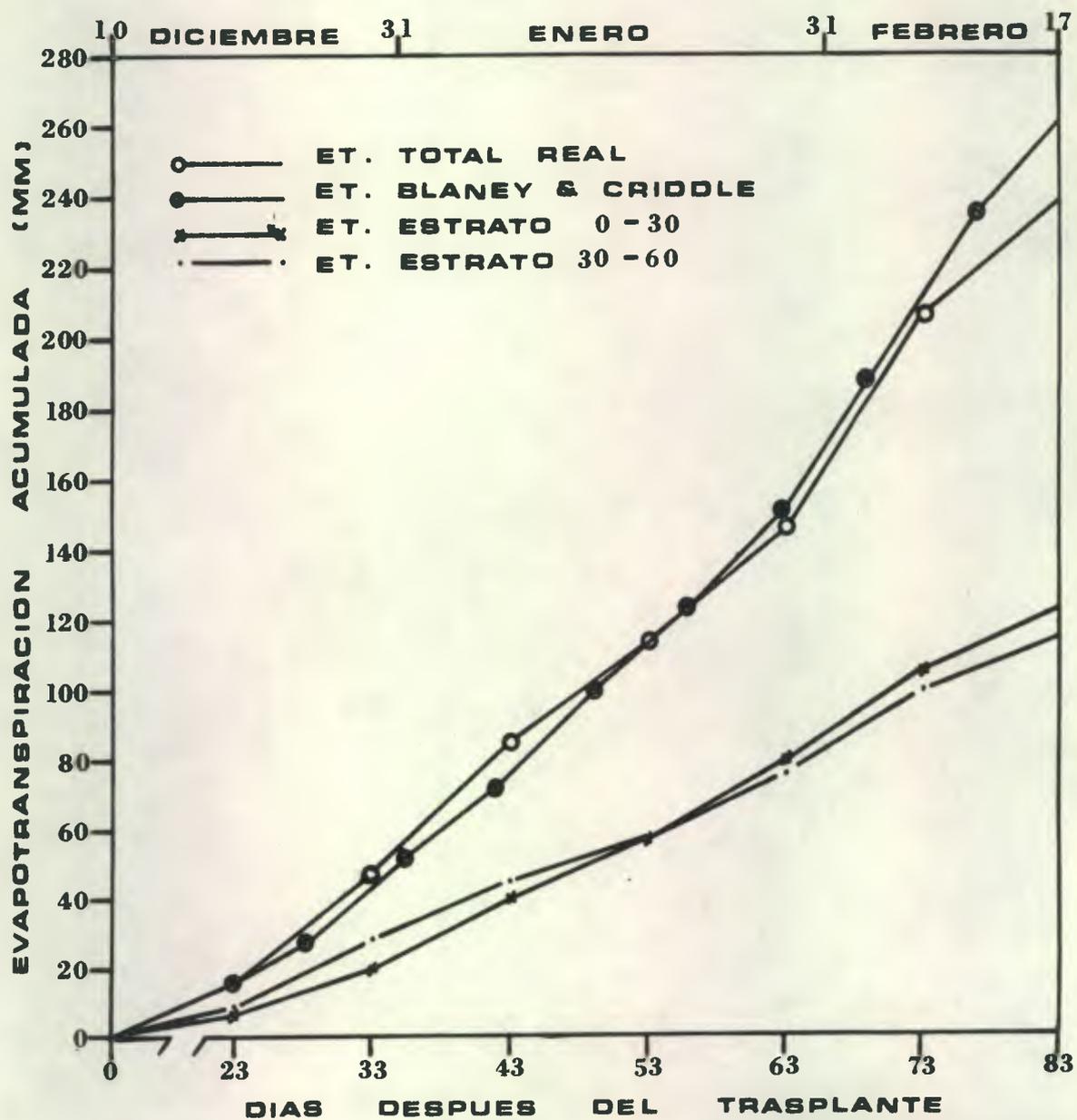


FIGURA No. 5
 LAMINAS CONSUMIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DURANTE TODO
 EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO E.

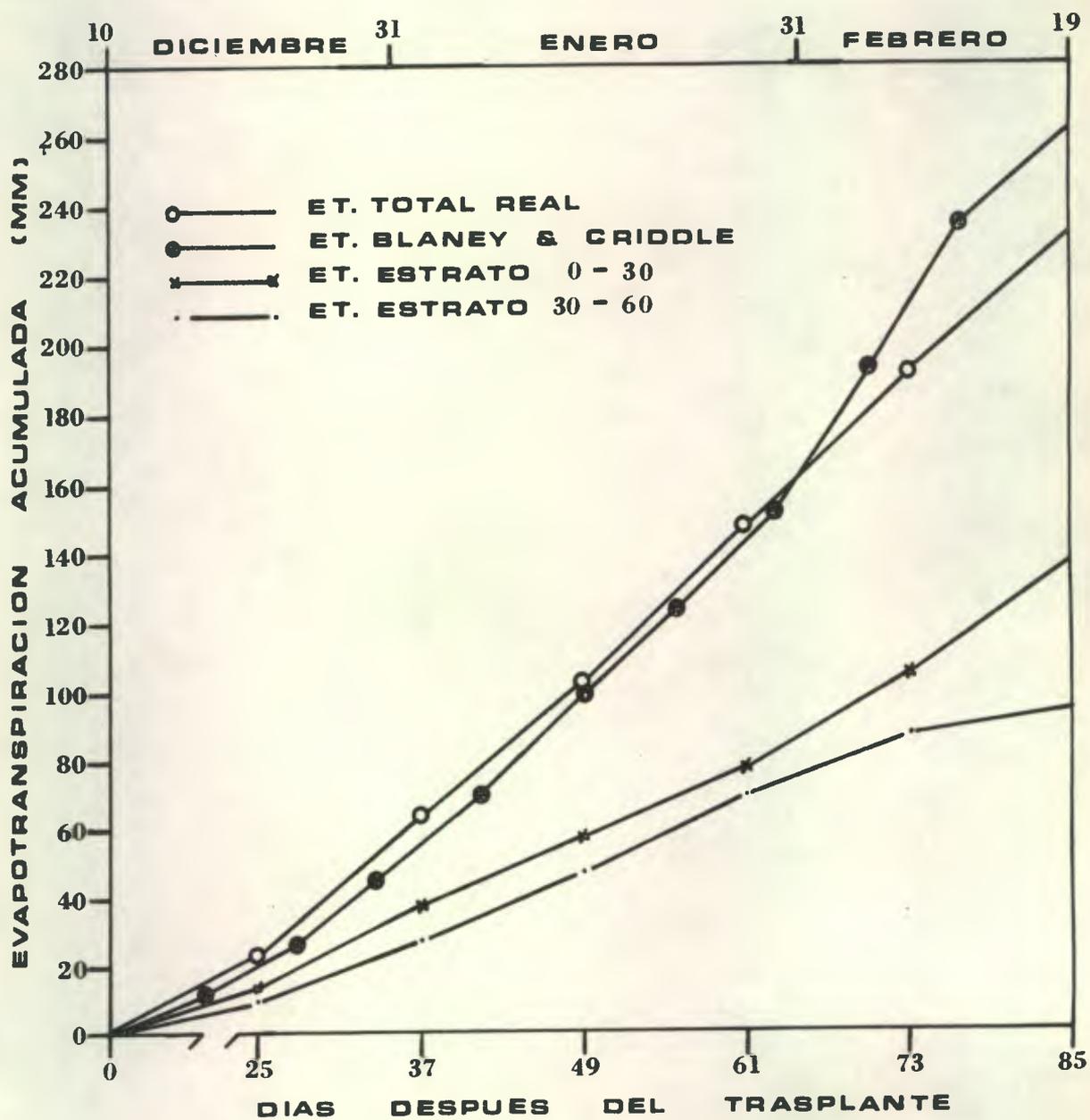


FIGURA No. 6

LAMINAS CONSUMIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DURANTE TODO
EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL PROMEDIO DE LOS
TRATAMIENTOS

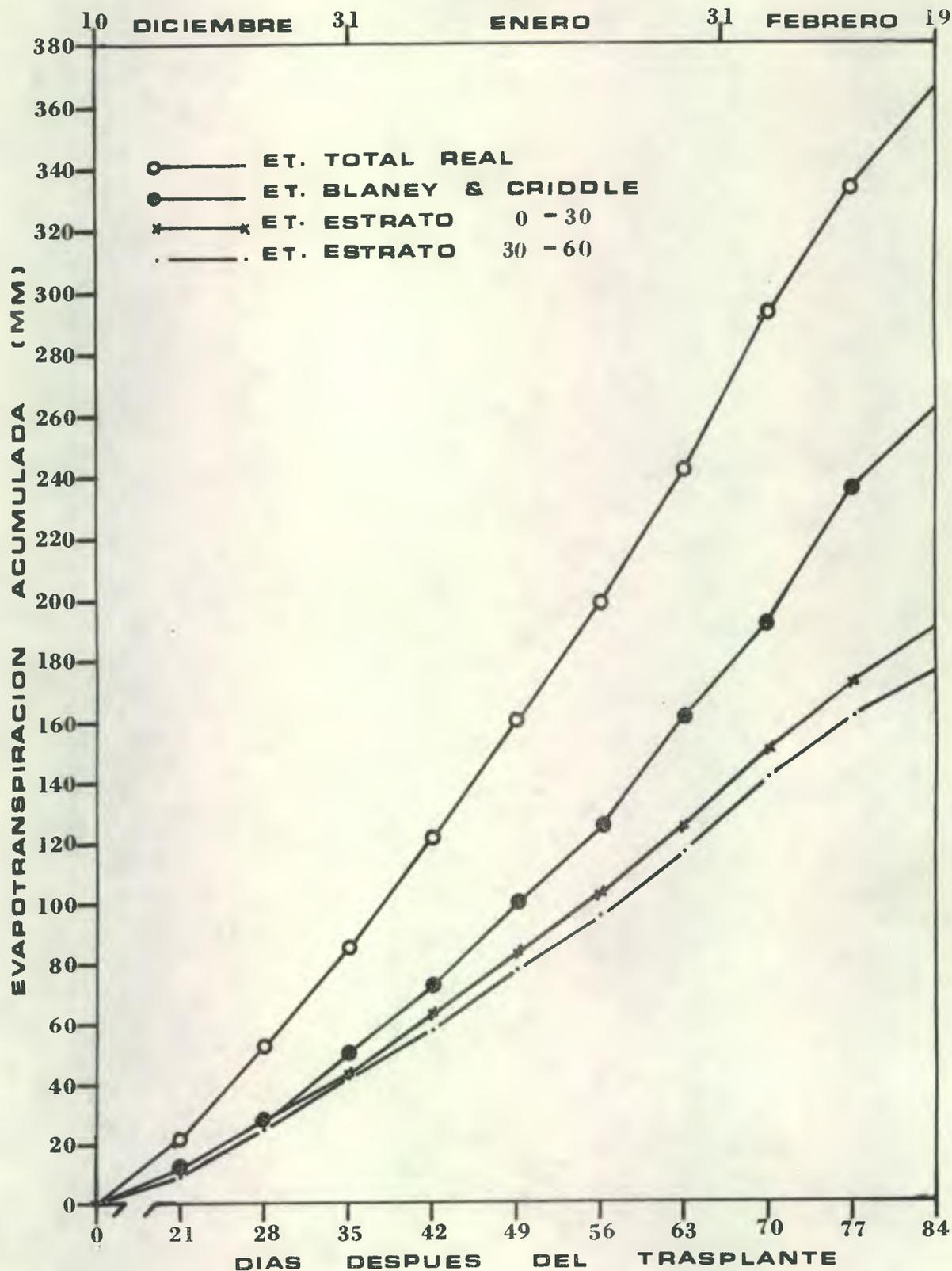


FIGURA No. 7
 CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO "A"

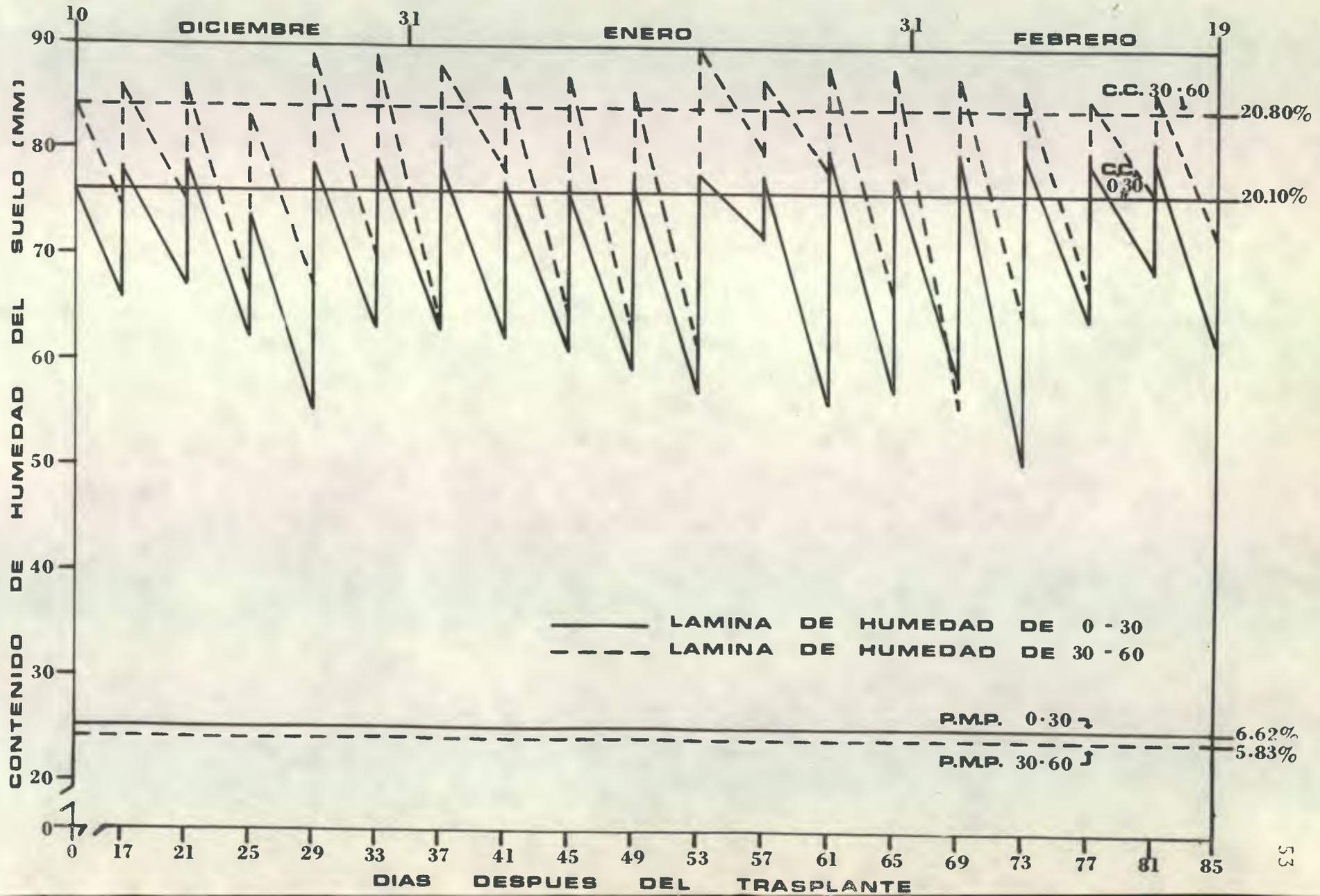


FIGURA No. 8
 CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO "B"

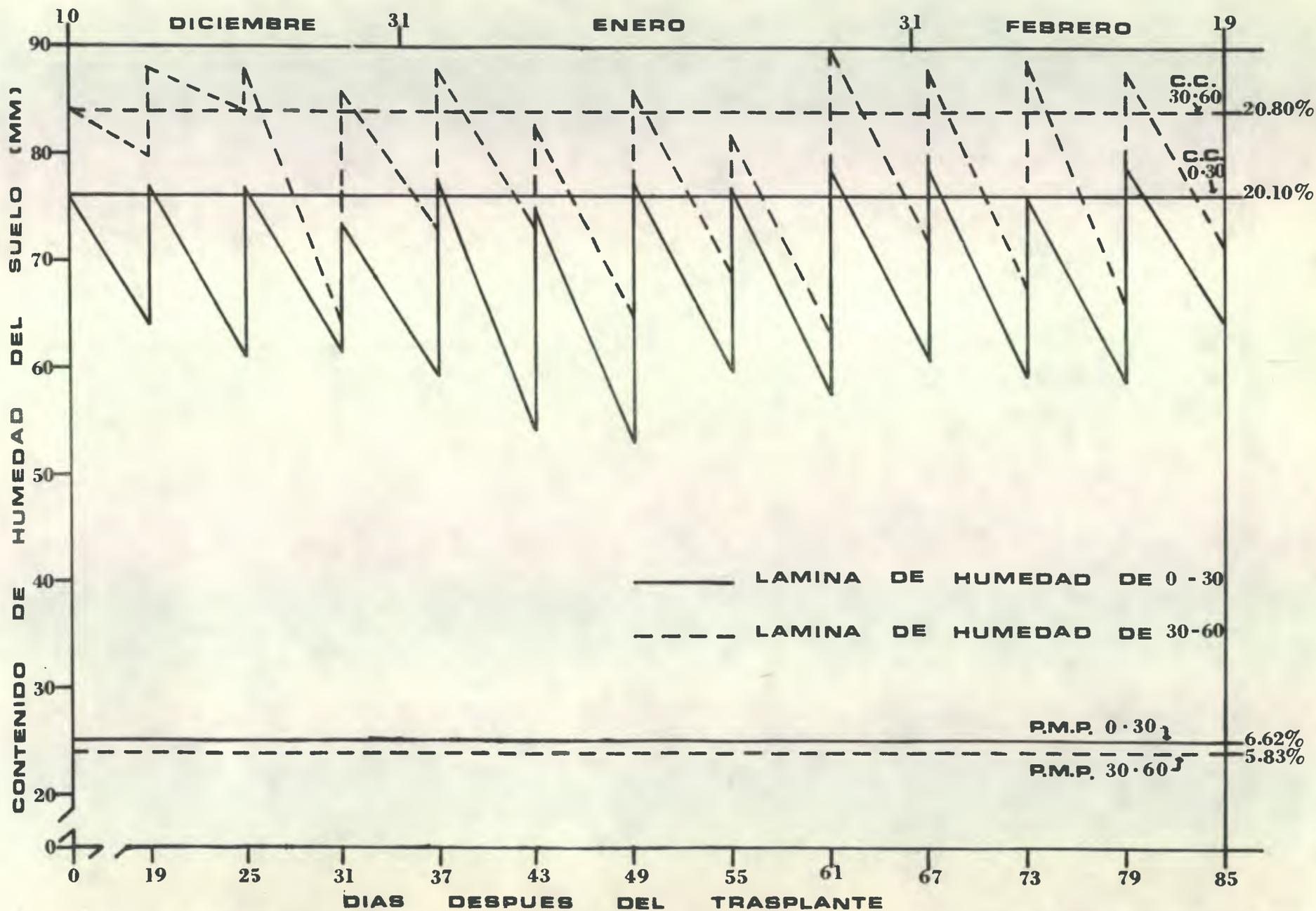


FIGURA No. 9
 CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO "C"

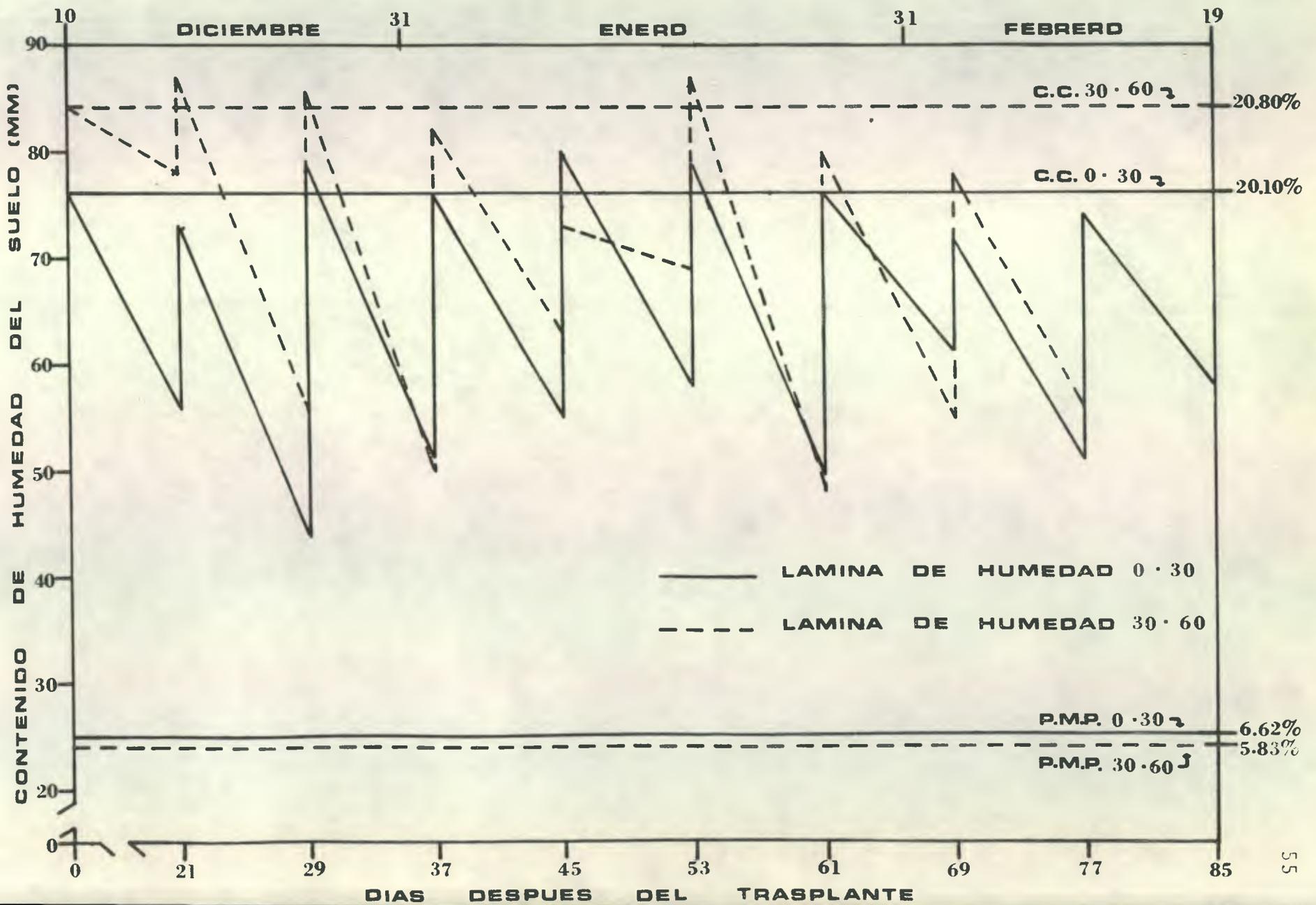


FIGURA No. 10
 CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO "D"

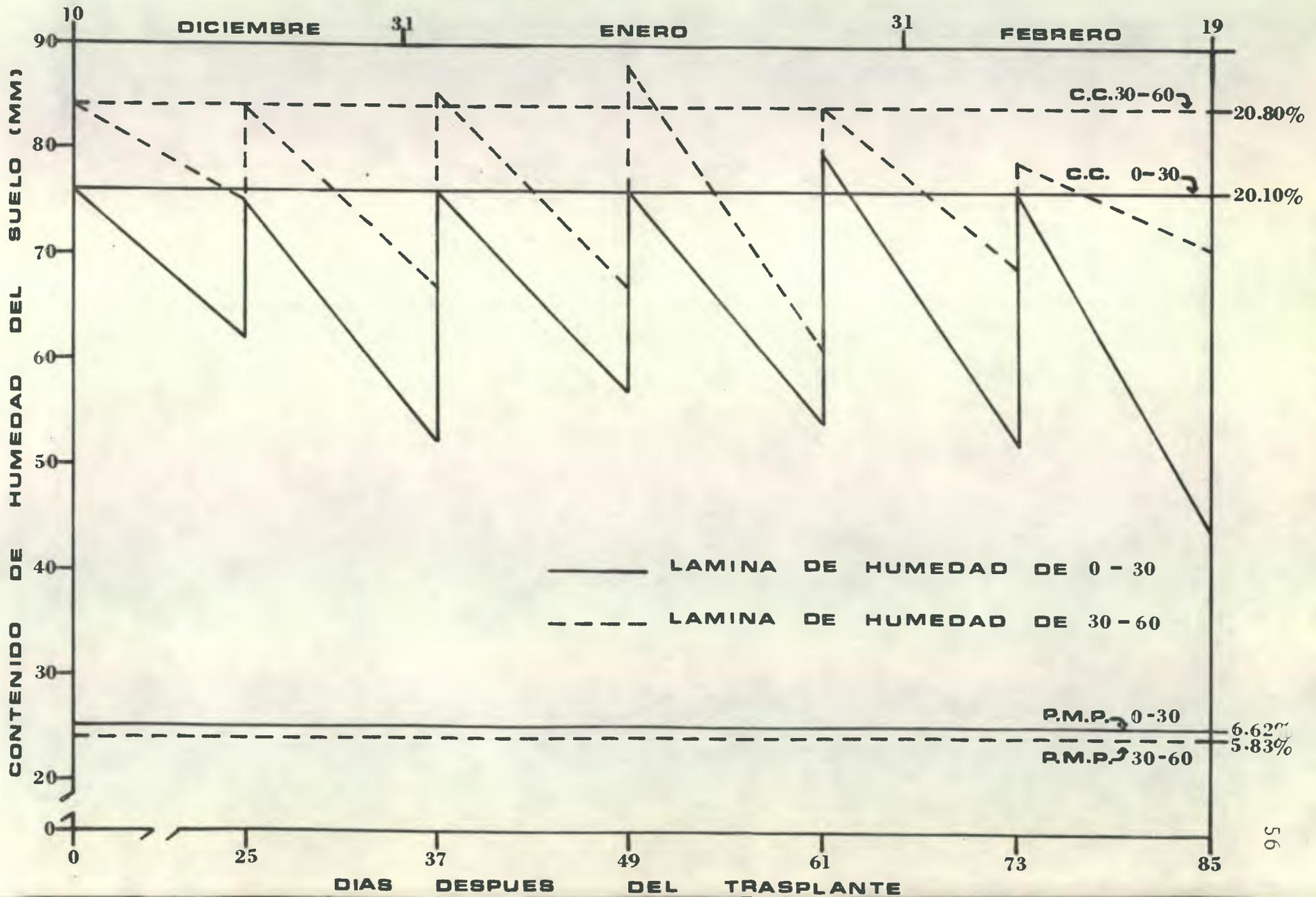


FIGURA No. 11
 CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO "E"

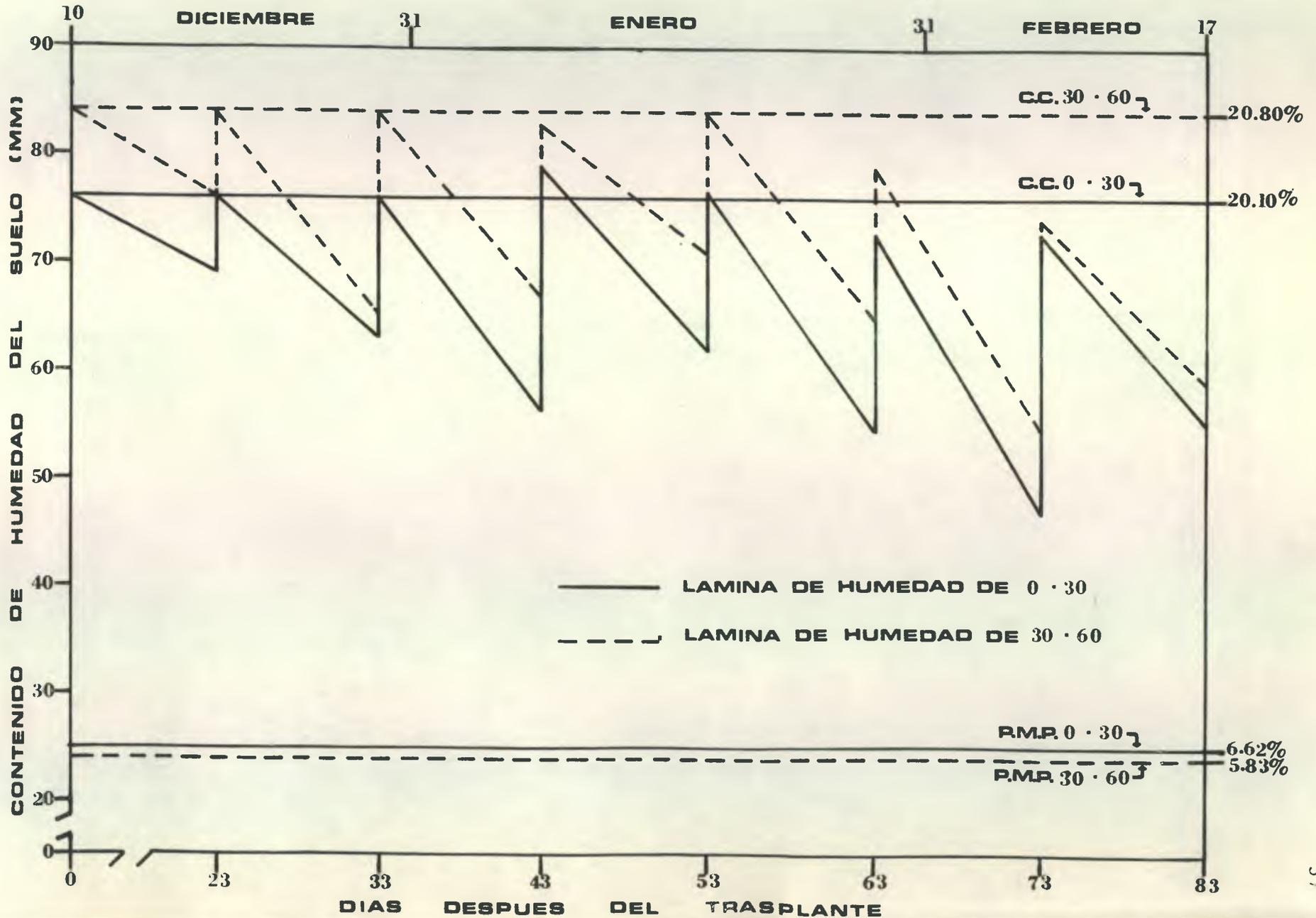


FIGURA No. 12
 LAMINAS EVAPOTRASPIRADAS SEMANALMENTE, DURANTE TODO
 EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO "A"

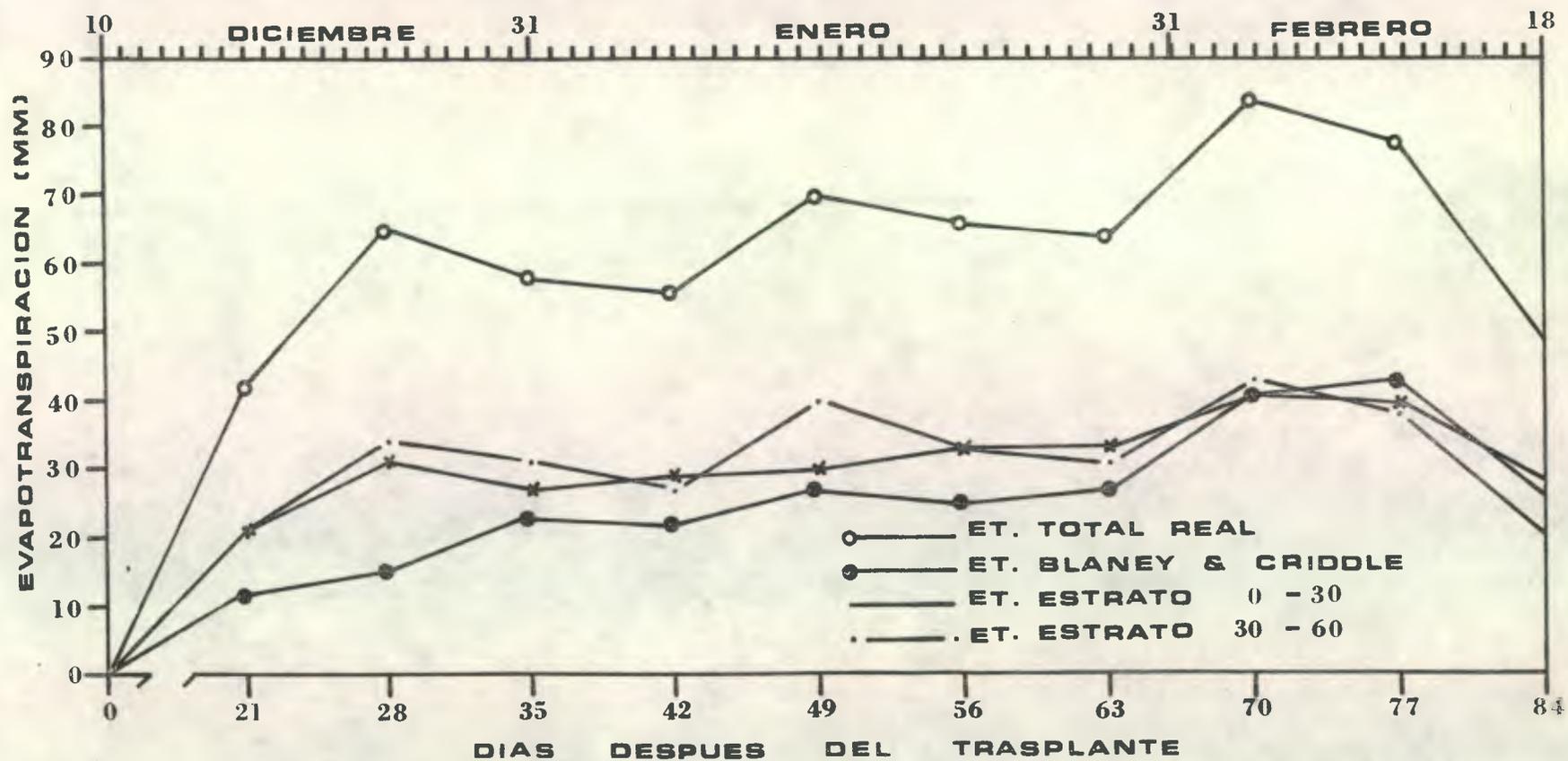


FIGURA No. 13
 LAMINAS EVAPOTRANSPIRADAS SEMANALMENTE DURANTE TODO
 EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO "E"

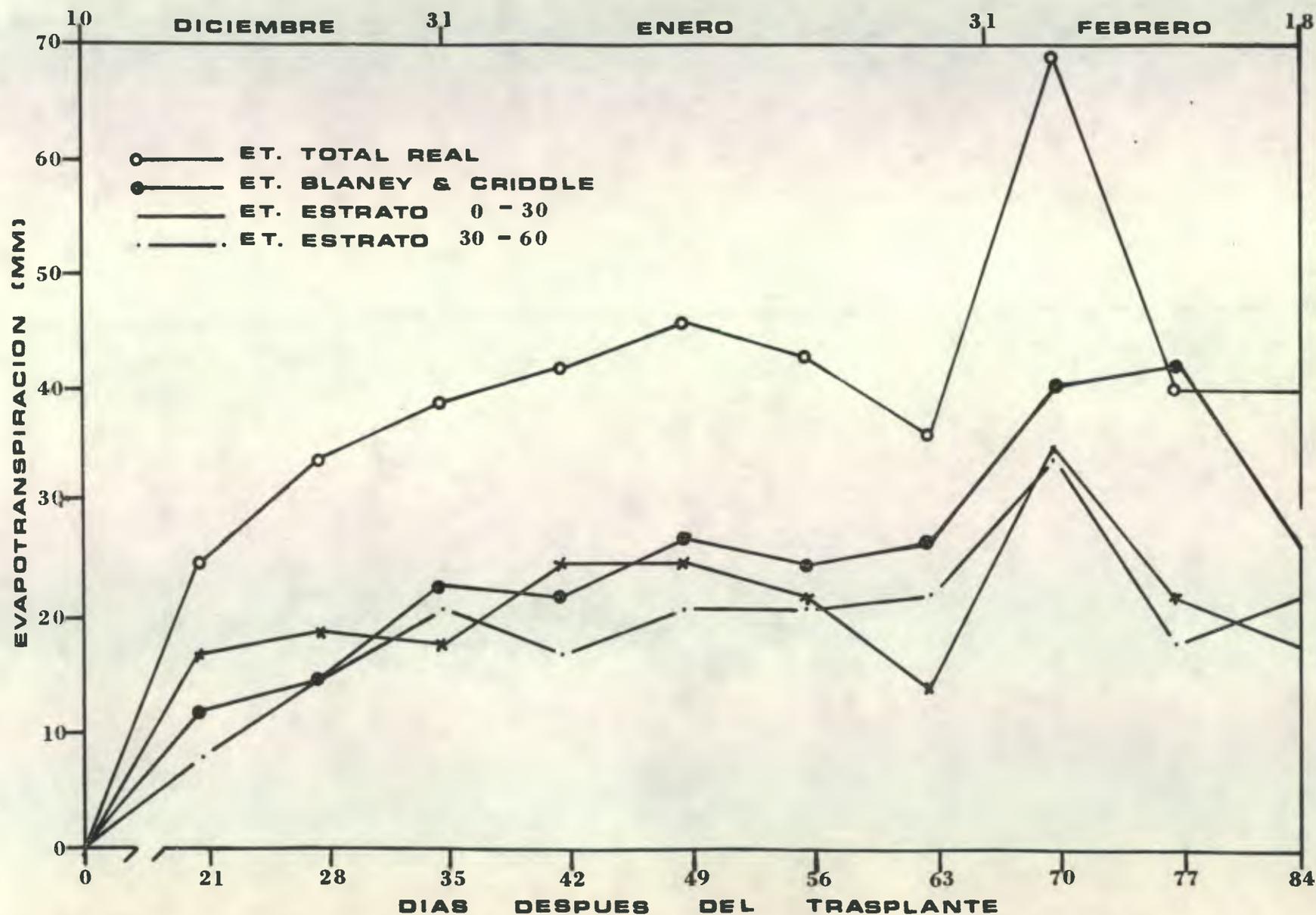


FIGURA No. 14
 LAMINAS EVAPOTRANSPIRADAS SEMANALMENTE, DURANTE TODO
 EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO "C"

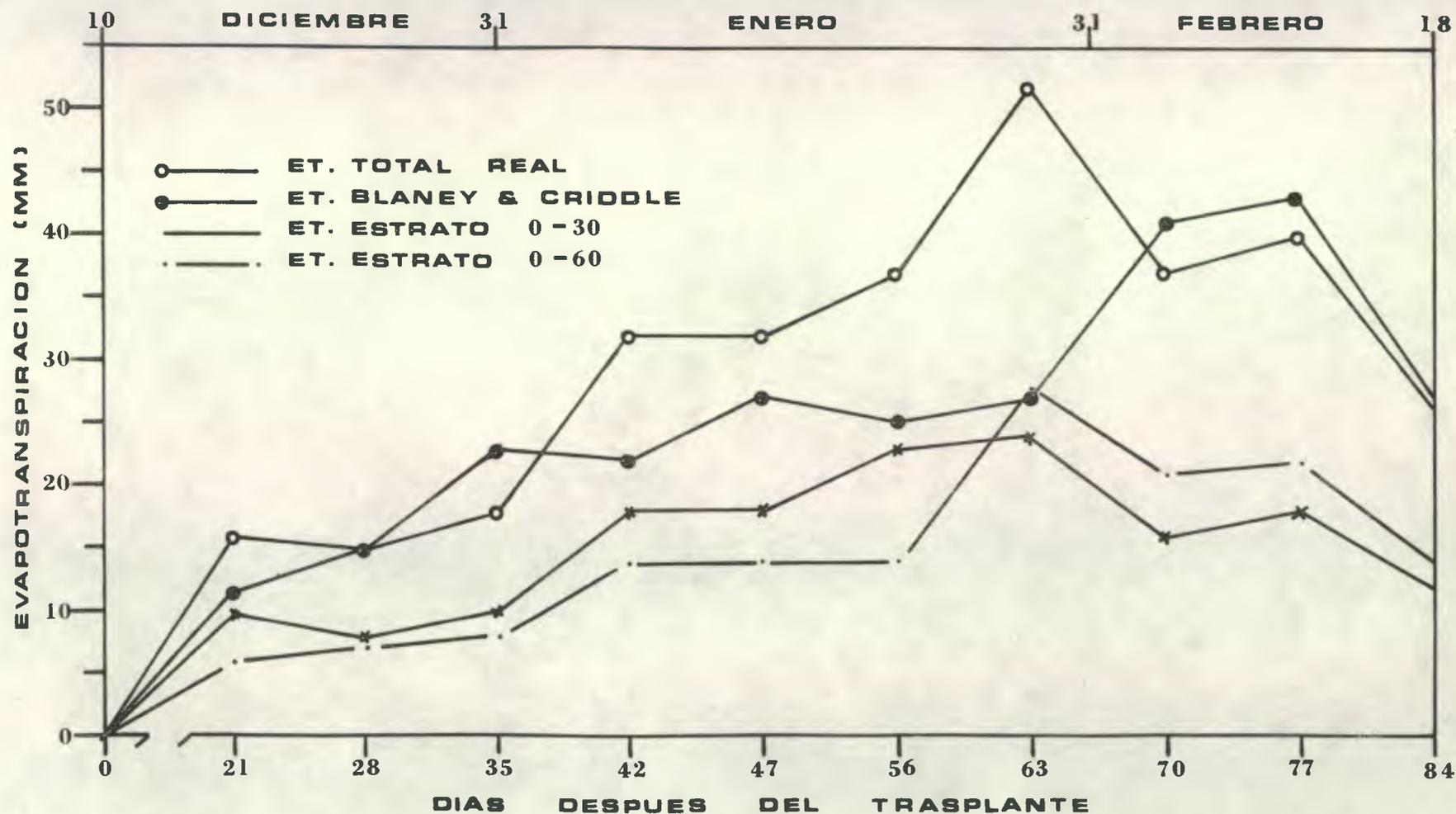


FIGURA No. 15

LAMINAS EVAPOTRANSPIRADAS SEMANALMENTE, DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO "D"

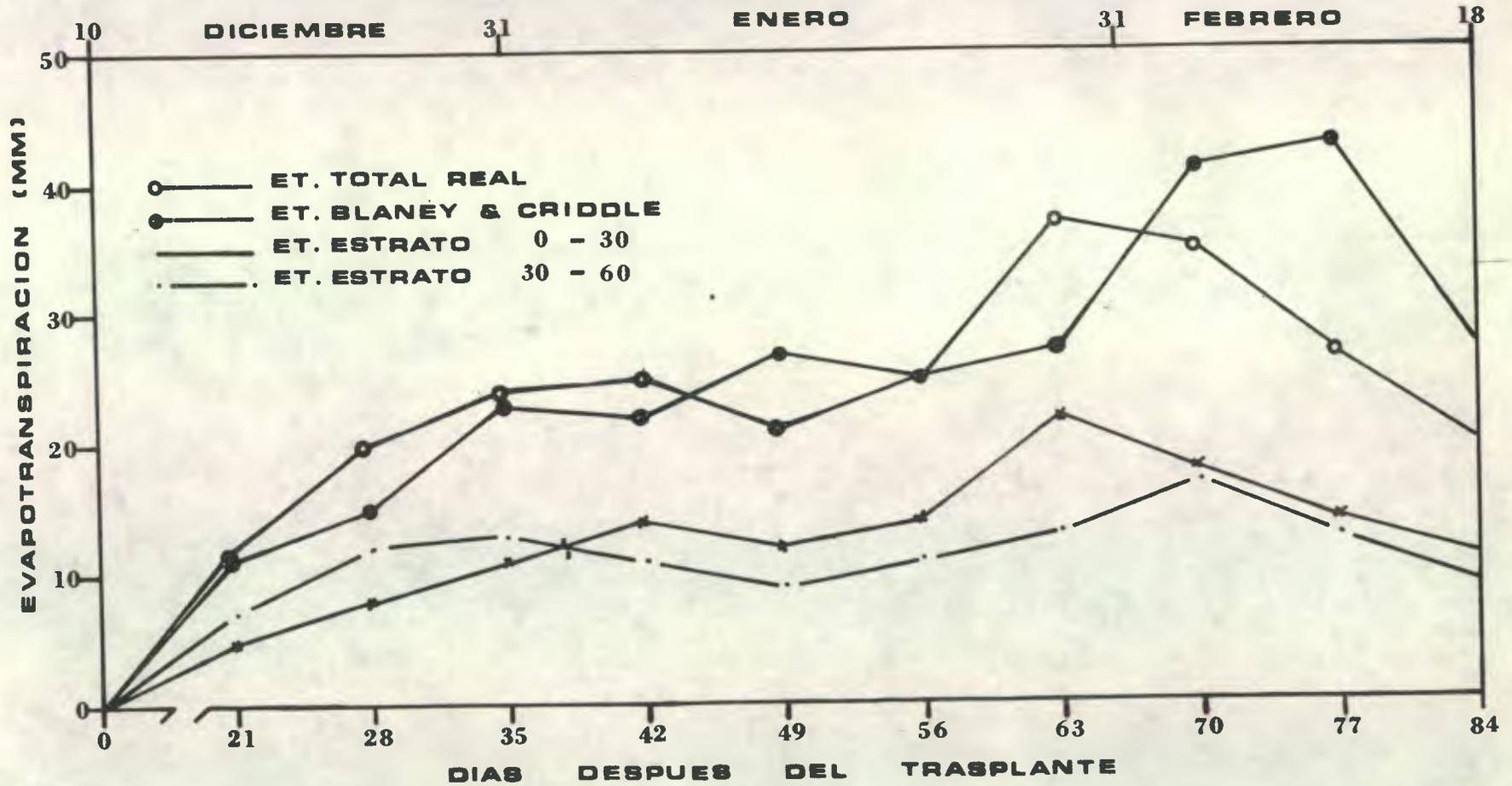


FIGURA No. 16

LAMINAS EVAPOTRANSPIRADAS SEMANALMENTE, DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL TRATAMIENTO "E"

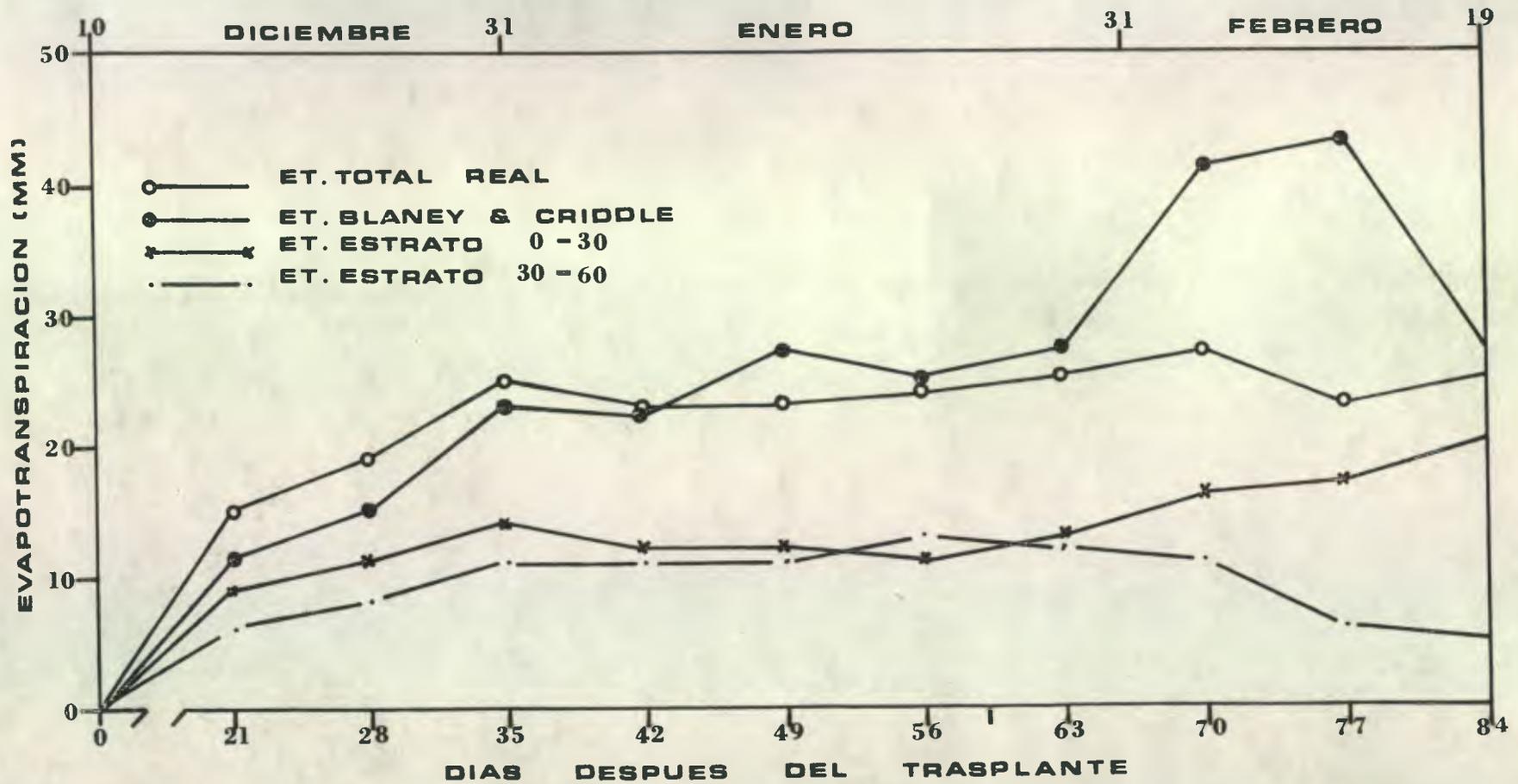


FIGURA No. 17

LAMINAS EVAPOTRANSPIRADAS SEMANALMENTE, DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO, PARA EL PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS

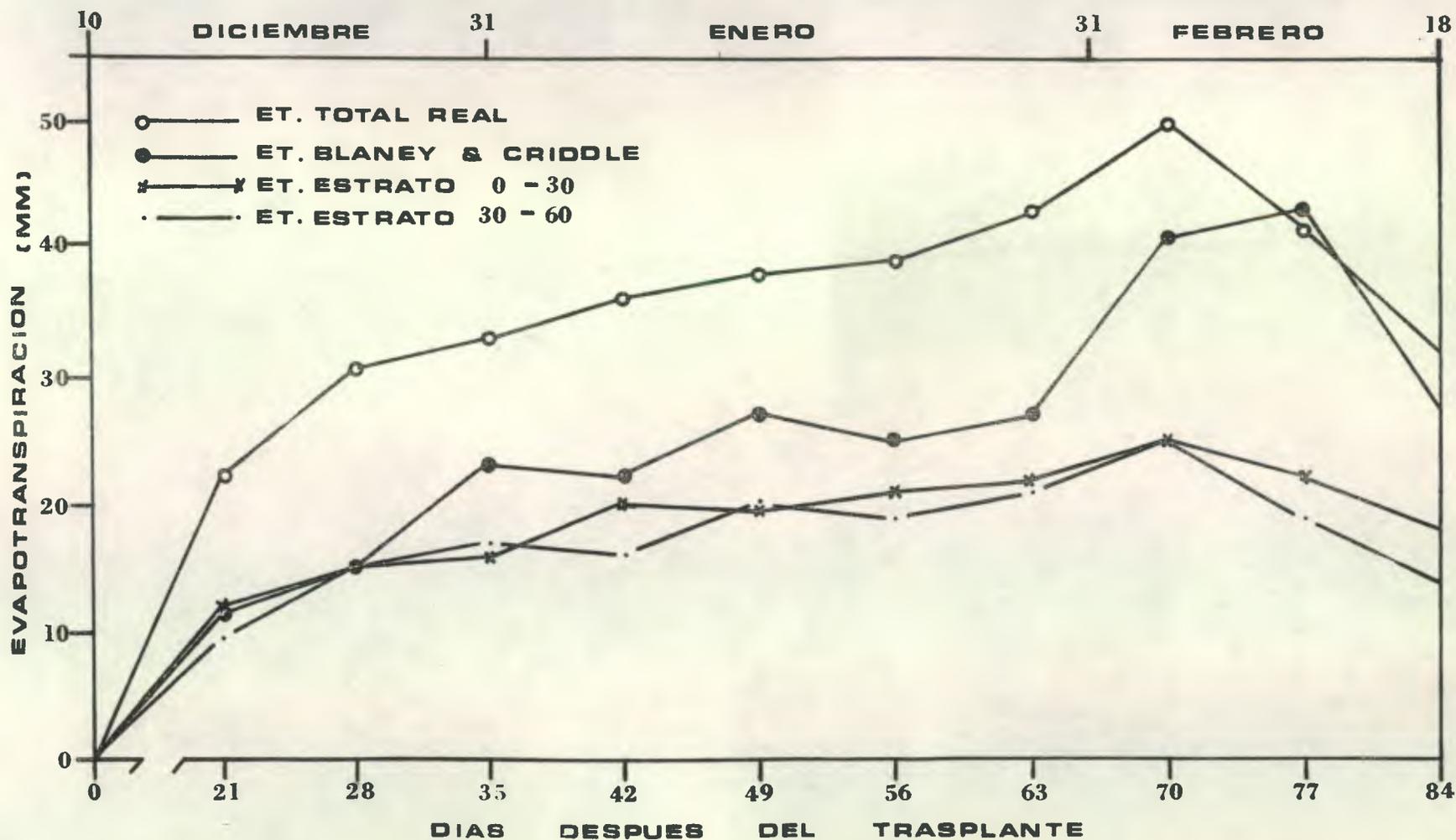
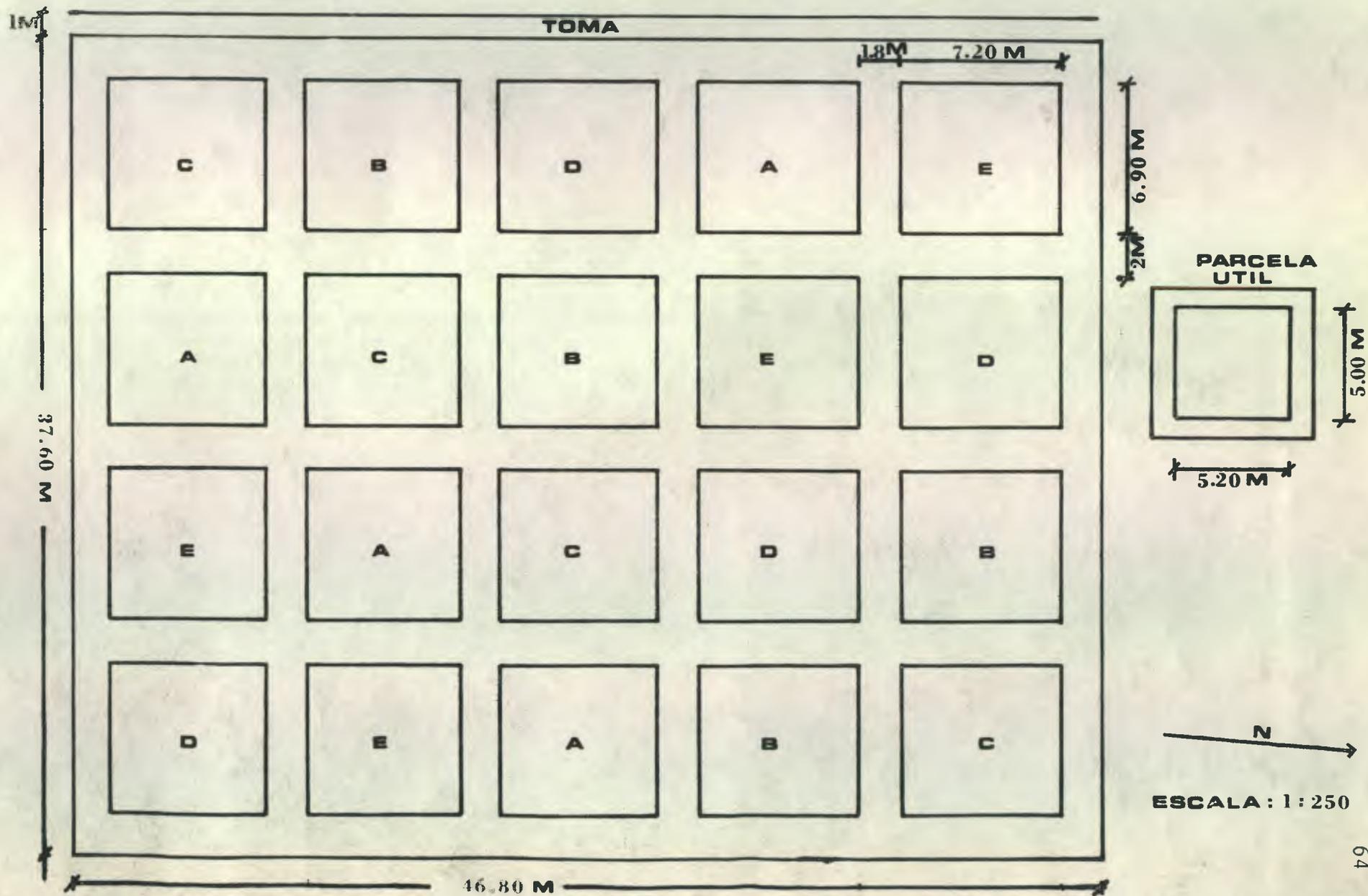


FIGURA No. 18
LOTE EXPERIMENTAL





Referencia

Asunto

ESCUELA DE AGRONOMIA

Campus Universitaria, Zona 12.

Código Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Castañeda S.', written over a faint circular stamp.



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