

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y
EVAPOTRANSPIRACION EN CEBOLLA (Allium cepa L.) PARA LA
ZONA DE BARCENA, VILLA NUEVA



Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, Octubre de 1,986

DL
01
T(883)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
RECTOR.

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Mario F. Melgar M.
VOCAL CUARTO	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL QUINTO	P. A. Axel Gómez Chavarri
SECRETARIO	Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda A.

TRIBUNAL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Manuel Martínez O.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Guillermo Méndez B.
SECRETARIO	Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda A.



Referencia	IA-159-86
Asunto	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

2 de octubre de 1986

Ing. Agr.
César Castañeda
Decano,
Facultad de Agronomía
Ciudad de Guatemala.

Señor Decano:

En atención al nombramiento recibido de esa Decanatura, me permito manifestar a usted que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis titulado "EFECTO DE SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN CEBOLLA (Allium cepa L.) PARA LA ZONA DE BARCENA", desarrollado por el estudiante Mario B. Sagastume Garza.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M. S. Jorge Sandoval I.

JSI/eqded.

Guatemala,
10 de Octubre de 1,986.-

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE SIETE FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN CEBOLLA (Allium cepa L.), para la zona de Bárcena, Villa Nueva.

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

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mario Boanerges Sagastume Garza', with a large, stylized flourish extending from the end of the signature.

Mario Boanerges Sagastume Garza
Carnet No. 78-04445

ACTO QUE DEDICO

A : DIOS

A : Mi Padre:

Mario Antonio Sagastume Sorto,

para que a su cripta lobrega, llegue ésta como señal de que se está cumpliendo su esfuerzo por hacer de su hijo el hombre intelectual que existía en él.

A : Mi Madre:

Silvia América Garza Vda. de Sagastume,

para que corone ella una aspiración más de su vida.

A : Mi Esposa:

Antonieta Moreira de Sagastume,

por su incalculable apoyo, para alcanzar con ella este triunfo.

A : Mis Hijos:

Mario Rafaél y Allan Seir,

como un ejemplo de mi esfuerzo por alcanzar una superación para ellos.

A : Mis Hermanos:

Blanca Luz, Ana Victoria, Silvia Clemencia, Alma Patricia y Carlos José,

por ser ellos parte de mi vida y complemento del porqué superarme.

A : Mis Suegros, Cuñados, Sobrinos y Familiares en General,

con aprecio.

AGRADECIMIENTOS

A :

Ing. Agr. MSc. Jorge Enrique Sandoval Illescas,
por su valiosa asesoría, supervisión y revisión al trabajo de Tesis
presentado.

A :

Ing. Agr. Mauricio Sitún Alvizurez,
por su colaboración en el análisis estadístico y revisión del traba
jo.

INDICE GENERAL

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo General	3
3.2 Objetivos Específicos	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
4.1 Exigencias de Humedad de la Cebolla	4
4.2 Evapotranspiración	5
4.3 Métodos para determinar la Evapotranspiración	6
4.4 Descripción de los métodos a utilizar	6
4.4.1 Método de parcelas experimentales	6
4.4.2 Método de Hargreaves Modificada en 1,983	7
4.4.3 Métodos basados en Dispositivos Evaporímetros	8
5. METODOLOGIA	10
5.1 Ubicación y Descripción del Area Experimental	10
5.2 Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo	10
5.3 Manejo del Cultivo	11
5.4 Manejo del Experimento	11
5.4.1 Nivelación del terreno y trazo del experimento	11
5.4.2 Método de Riego	11
5.4.3 Lámina de agua a reponer en cada riego	12
5.4.4 Lámina de Agua Consumida	12
5.4.5 Riegos generales	13
5.4.6 Muestras de la humedad del suelo y mediciones en el tanque evaporímetro	13
5.4.7 Diseño Estadístico	13
5.4.8 Areas del Experimento	14
5.4.9 Variables Respuesta	14
5.4.10 Método de Análisis de Resultados	15

	PAGINA
6. RESULTADOS Y DISCUSION	18
6.1 Variables Respuesta	18
6.1.1 Rendimiento de bulbos	19
6.1.2 Rendimiento de plantas completas	19
6.1.3 Número de plantas vivas	20
6.2 Uso del agua por el cultivo	20
6.2.1 Riegos y láminas aplicadas	20
6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable	21
6.3 Comparación de la Evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Hargreaves Modificada	22
6.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación Et/Ev	24
7. CONCLUSIONES	26
8. BIBLIOGRAFIA	28
9. APENDICE	29

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
CUADRO 1 : Propiedades Físicas del Suelo	10
CUADRO 2 : Resultados promedio de las variables respuesta	18
CUADRO 3 : Rendimiento de bulbos en T.M./Ha., para cada tratamiento, cada repetición, totales y promedio	30
CUADRO 4 : Análisis de Varianza para el rendimiento de bulbos	31
CUADRO 5 : Prueba de Tukey para el rendimiento en bulbos en T.M./Ha.	32
CUADRO 6 : Rendimiento de plantas completas en T.M./Ha., para cada tratamiento, cada repetición, totales y promedio.	33
CUADRO 7 : Análisis de Varianza para el rendimiento de plantas completas	34
CUADRO 8 : Prueba de Tukey para rendimiento de plantas	35
CUADRO 9 : Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-8	36
CUADRO 10: Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-12	37
CUADRO 11; Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-16	38

CUADRO 12 :	Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-20	39
CUADRO 13 :	Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-24	40
CUADRO 14 :	Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-28	41
CUADRO 15 :	Control de la humedad antes y después del Riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-32	42
CUADRO 16 :	Número de Riegos y láminas de agua aplicadas, para los siete tratamientos, incluyendo el período de establecimiento (Cms.)	43
CUADRO 17 :	Cálculo de Evapotranspiración por la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983, para todo el ciclo del cultivo	44
CUADRO 18 :	Valores de tasa de Evapotranspiración semanal y total en milímetros para los diferentes tratamientos Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque ROSSBACH FV-122-R	45
CUADRO 19 :	Valores de pendiente, intercepto, pruebas de hipótesis, correlación, coeficientes de Determinación r^2 de la evapotranspiración semanal de los tratamientos Vrs. Fórmula de Hargreaves Modificada	46

CUADRO 20 :	Valores de evapotranspiración semanal acumulada de los diferentes tratamientos, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque ROSSBACH FV-122-R (milímetros)	47
CUADRO 21 :	Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y evaporación semanal del tanque evaporímetro	48
CUADRO 22 :	Etapas Fenológicas del Cultivo durante su ciclo y coeficientes "C" para los tratamientos F-8, F-12 y F-16, de mayor rendimiento	49
CUADRO 23 :	Coeficientes de Cultivo (Kc)	50
CUADRO 24 :	La radiación extra-terrestre Ra en equivalente de evaporación en mm/día	51

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1 : Porcentaje de Humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-8	53
Figura 2 : Porcentaje de Humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-12	54
Figura 3 : Porcentaje de Humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-16	55
Figura 4 : Porcentaje de Humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-20	56
Figura 5 : Porcentaje de humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-24	57
Figura 6 : Porcentaje de Humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-28	58
Figura 7 : Porcentaje de Humedad Aprovechable y del Suelo, para el tratamiento F-32	59
Figura 8 : Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-8, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	60
Figura 9 : Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-12, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	61
Figura 10: Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-16, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	62

Figura 11:	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-20, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	63
Figura 12:	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-24, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	64
Figura 13:	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-28, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	65
Figura 14:	Tasa de evapotranspiración semanal del tratamiento F-32, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	66
Figura 15:	Evapotranspiración semanal acumulada de los Diferentes tratamientos, Hargreaves Modificada y Evaporación del Tanque "ROSSBACH FV-122-R"	67
Figura 16:	Plano general del Experimento, ubicación de la infraestructura y asignación aleatoria de los tratamientos	68

RESUMEN

Esta investigación sobre el efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de la cebolla (Allium cepa L.), se realizó en el Instituto Técnico de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva, durante el período comprendido de Diciembre de 1,984 a Marzo de 1,985.

Las frecuencias de riego evaluadas fueron de 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, arregladas en un diseño experimental de Bloques al Azar, con 4 repeticiones y un total de 28 unidades experimentales, en las cuales se midió el consumo de agua en forma directa y este consumo se comparó con el consumo estimado por medio de la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983 (7). Asimismo, se obtuvieron coeficientes "C" de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del agua en el evaporímetro ROSSBACH Modelo FV-122-R, para poder calcular evapotranspiración a través de ellos.

El método utilizado para determinar la humedad del suelo fue el gravimétrico, tomando muestras con un barreno tipo Oakfield después de cada riego y antes de aplicar el siguiente, cubriendo el estrato de 0-30 centímetros por encontrar se concentrados en ese, en un 100% las raíces del cultivo. Con estos datos, la densidad aparente y el porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo se determinó la cantidad de agua a aplicar en cada riego y el agua consumida entre un riego y el siguiente.

El efecto de las siete frecuencias de riego sobre el cultivo se midió a través de las siguientes variables respuesta: Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea y número de plantas vivas por parcela útil para cada tratamiento al finalizar el experimento.

Con la evaluación de los diferentes tratamientos, se encontró que la frecuencia de riego de 8 días, produjo más rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, seguida de los tratamientos regados cada 12 y 16 días, que producen igual y son superiores a los rendimientos obtenidos con frecuencia de riego mayores. El mayor rendimiento en toneladas métricas por hectárea de plantas completas, se obtuvo con los tratamientos regados cada 8, 12, 16 y 20 días.

En cuanto al número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo, se encontró que las frecuencias usadas no afectan esta variable.

Al medir la evapotranspiración en los diferentes tratamientos, pudo notarse que la cantidad de agua consumida tiende a disminuir conforme se alarga el intervalo de riego, alcanzando consumos desde 34.62 centímetros para el intervalo de riego de 8 días y de 14.50 centímetros para el de 32 días, determinándose además que en los tratamientos regados con intervalos desde 16 hasta 32 días, la humedad aprovechable del suelo, alcanzó valores correspondientes al punto de marchitez.

En las comparaciones estadísticas entre evapotranspiración medida y calculada, se determinó que el valor de la evapotranspiración medida en el tratamiento regado cada 12 días, es igual a la calculada por la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983, no siendo así para los intervalos de riego de 8, 16, 20 y 24 días, pero la correlación del modelo de regresión lineal con la evapotranspiración obtenida por la fórmula es alta, por lo que se puede realizar un ajuste de este método indirecto de determinar evapotranspiración.

En la relación evapotranspiración medida versus evaporación del tanque, el coeficiente "C" promedio, para los tratamientos regados cada 8, 12 y 16 días - fue: De 0.36 para la etapa inicial, de 0.56 para el desarrollo del cultivo, 0.88 para mediados del período y de 0.33 para finales del período.

Finalmente, se recomienda continuar con este tipo de investigaciones en la misma región y en otros cultivos de similar importancia, para poder contar con información suficiente en cuanto a necesidades de agua de los cultivos y métodos indirectos para calcularla. También se recomienda la utilización de los factores determinados de la relación Evapotranspiración/Evaporación para las diferentes etapas fenológicas, ya que este método es bastante práctico y sencillo de utilizar.

I. INTRODUCCION

La utilización racional de los recursos naturales agua y suelo, nos permite preservarlos y a la vez obtener de ellos el máximo beneficio. El agua es el medio esencial para la vida de las plantas, pero su exceso como su déficit son muy perjudiciales, por ello, para obtener altos rendimientos, se debe encontrar la forma de utilizarla eficientemente.

Sobre frecuencia de riego y cantidad de agua a aplicar en los cultivos, es muy poca la información que se tiene, tanto en unidades de riego como en granjas particulares, razón por la cual se hace uso inadecuado del agua, se aplican cantidades excesivas, a intervalos inadecuados, se reduce la aireación del suelo, se lavan los elementos nutritivos, tenemos mayor incidencia de enfermedades fungosas y en consecuencia disminución del área potencialmente regable. Las consecuencias que manifiesta un déficit de agua, son también graves pues se disminuye el metabolismo y desarrollo de las plantas.

Conociendo las necesidades reales de agua de cada cultivo, se llega a efectuar una utilización eficiente de este recurso, para cada tipo de suelo y cada época. Todo esto puede lograrse únicamente mediante la investigación práctica en lugares donde se necesita, el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, tiene una línea de investigaciones técnicas sobre estos aspectos para que posteriormente se pueda contar con la suficiente información y ser utilizada donde se requiera.

El estudio se realizó en la Sección de Hortalizas del Instituto Técnico de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva, se trabajó con el Cultivo de la Cebolla (Allium cepa L.), ya que este cultivo es muy importante en la región. Como variable de estudio se tomó la frecuencia de riego, con tratamientos cada 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, midiéndose la evapotranspiración en el campo utilizándose parcelas experimentales, también se correlacionó esta evapotranspiración con la obtenida por medio de la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983, que usa datos climáticos, para comprobar su adaptabilidad en las condiciones y épocas de investigación. Así mismo, se obtuvieron coeficientes "C" de la relación Evapotranspiración medida entre la Evaporación del Tanque Evaporímetro "Rossbach" Modelo FV-122-R, para poder determinar indirectamente la evapotranspiración del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas.

2. HIPOTESIS

- 2.1 Los rendimientos obtenidos en el Cultivo de Cebolla, serán diferentes con la aplicación de las frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días.
- 2.2 Las frecuencias de riego de 28 y 32 días, producirán mortalidad de plantas.
- 2.3 El valor de la evapotranspiración o consumo de agua por el cultivo será diferente en los tratamientos regados con distinto intervalo de riego.
- 2.4 La evapotranspiración medida en el campo durante todo el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente del valor de la evapotranspiración estimada con la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de siete frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del Cultivo de Cebolla , para la época y condiciones del área.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.2.1 Determinar la frecuencia de riego más adecuada para el cultivo y condiciones del área.
- 3.2.2 Determinar la lámina de agua a aplicar en cada riego y la total en el ciclo de cultivo.
- 3.2.3 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
- 3.2.4 Determinar la adaptabilidad de la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983 para el área, en la estimación de la evapotranspiración.
- 3.2.5 Determinar la relación evapotranspiración medida/evaporación del tanque para diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con mayores rendimientos.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Exigencias de humedad de la Cebolla

El sistema radical de la cebolla se concentra en la capa superior del suelo a profundidades de 0.3 metros (5). Referente al consumo de agua Doorembos y Kassan (4), indican que éste oscila entre 350 a 550 mm, y Sánchez (11), obtuvo que el consumo oscila entre 120 a 270 mm., para la época de Diciembre a Febrero en el área de Bárcena.

Al igual que otros cultivos hortícolas, la cebolla es sensible al déficit de agua. Para lograr un rendimiento elevado, el agotamiento del agua en el suelo no debe exceder del 25% de la disponible (4). Sánchez (11), en su reciente investigación contradice lo anterior, indicando que agotamientos de la humedad disponible del suelo hasta del 0%, producen rendimientos de bulbos de cebolla de 25 toneladas métricas por hectárea, (T.M./Ha), el cual es mayor que el rendimiento promedio nacional de 20 TM/Ha.

El mismo autor (11), con frecuencias de riego de 8 días, obtuvo 54.7 TM/Ha. de plantas completas y el cultivo consumió una lámina de agua de 26.8 centímetros (cms), y la humedad aprovechable del suelo, en el último mes llega a rebasar el 25%. Frecuencias de riego de 16 días, consumen una lámina de agua de 18 cms., y se obtienen rendimientos de bulbos de 25.4 TM/Ha.

Frecuencias de riego de 24 días, al día 39 del ciclo de producción producen un agotamiento del 25% de la humedad aprovechable del suelo. Al día 67 del ciclo, se da el caso que el contenido de humedad del suelo llega a punto de marchitez permanente, manifestándose la misma tendencia para un período siguiente. Bajo esas condiciones, la producción de bulbos de cebolla se ve reducida, pero aún se obtiene una producción satisfactoria y no se observa muerte de plantas - por sequía (11).

Frecuencias de riego de 4 días, tienden a mantener la humedad aprovechable del suelo por arriba del 75% en los 2 primeros meses de cultivo, aunque en el último mes puede aproximarse ésta a un 25% (11). Sánchez (11), reporta que el rendimiento obtenido con riegos a cada 4 días se reducen en un 6% con relación

al obtenido al regar cada 8 días.

4.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración, es la suma de la Transpiración y la Evaporación -- (8). El volúmen de agua evapotranspirada por las plantas, depende del agua - que tienen a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta, de su follaje y naturaleza de sus hojas (8).

Con respecto a la evapotranspiración potencial, Penman citado por Tello - (13), la define como la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta de vegetación sin ninguna restricción de humedad edáfica; depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, dadas por las características físicas de la atmósfera vecina al suelo. De la Evapotranspiración Real, se puede decir, que las variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, las condiciones edáficas y los niveles de humedad del suelo, tanto en tiempo como en espacio, modifican la definición anterior de evapotranspiración potencial, actuando como factores reductores de la misma. La fórmula de evapotranspiración real es la siguiente:

$$E_t = E_{tp} \times K$$

Donde: E_t = Evapotranspiración real o actual

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

De esta manera se concluye que la evapotranspiración real, por medio del coeficiente K , considera el efecto físico-fisiológico que se deriva de la planta y el suelo; mientras que la evapotranspiración potencial, incluye aspectos de orden físico que dependen del clima (13). El coeficiente del cultivo (K_c) que relaciona la evapotranspiración de referencia con las necesidades de agua, tiene valores para distintas etapas de desarrollo que siguen el transplante - del cultivo.

4.3 Métodos para determinar la Evapotranspiración

Israelsen-Hansen (8), mencionan los siguientes métodos directos para determinar la evapotranspiración: Tanques y Lisímetros, Parcelas Experimentales, Estudio sobre la Humedad del Suelo, Método de Integración y Método de Entradas y Salidas para grandes Extensiones.

Los métodos indirectos están definidos en función de datos climáticos, Israelsen-Hansen (8), citan los siguientes: Método de Penman, de Blaney-Cridde, de Hargreaves Modificado, de Evaporación del Tanque y Método de Thorntwaite.

4.4 Descripción de los Métodos a utilizar

4.4.1 Método de Parcelas Experimentales:

Witsoe, citado por Israelsen (8), fue el primero en medir el consumo de agua por las plantas en parcelas experimentales. Las medidas de la humedad del suelo en parcelas experimentales, en el campo, son más reales que las realizadas en tanques y lisímetros. Mediante el estudio de la humedad del suelo se determina la utilización del agua por los diversos cultivos. Es apropiado para aquellas regiones con suelos uniformes y en donde la profundidad del agua subterránea es tal que no influye en las fluctuaciones de humedad de la zona radicular del suelo. La humedad del terreno se determina antes y después, con algunas mediciones en la zona radicular principal. El inconveniente de este método es que hay que realizar un gran número de determinaciones para obtener una precisión adecuada.

Según Grassi (5), hay dos variantes para determinar los tratamientos a aplicar a un complejo cultivo-suelo, y son:

- a) Frecuencia fijada por el umbral de riego electo para cada tratamiento en donde la lámina de reposición es constante.
- b) Intervalo de riego en número pre-establecido de días constantes para cada tratamiento en donde la lámina de reposición es variable.

En caso de la lámina constante se requieren determinaciones frecuentes a

fin de regar el nivel de humedad pre-establecido. En cambio cuando la lámina es variable, sólo es necesario conocer la humedad antes del riego a fin de calcular la lámina a reponer.

La elección de uno u otro método depende principalmente de la disponibilidad de tiempo y del equipo con que se cuente.

Israelsen-Hansen (8), mencionan que para la obtención de la humedad del suelo se recurre al Método Gravimétrico, que aunque laborioso y costoso es de gran valor. La práctica consiste en barrenar hasta las profundidades deseadas, extraer las muestras de suelo húmedo, colocarlas en cajas de aluminio con tapa hermética y llevarlas al laboratorio para su posterior desecación y pesado. Este método está limitado por el tiempo que transcurre entre la toma de muestras y su desecado en el horno, que por lo regular es de 24 horas.

4.4.2 Método de Hargreaves Modificada en 1,983.

Hargreaves (7), por muchos años se ha dedicado a investigar la forma de determinar los requerimientos de evapotranspiración de diversos cultivos. Inicialmente propuso una fórmula para calcular el uso consuntivo mensual del cultivo, en función de la temperatura media, la humedad relativa media al medio día y la duración del día dependiendo de la latitud, además; incluía dentro de su fórmula factores adicionales de corrección del efecto del cultivo en la evapotranspiración, así como sugería utilizar correcciones para mejorar los resultados que arrojaría su fórmula, para cuando ésta fuera utilizada en condiciones meteorológicas diferentes a las dadas donde se formuló la misma.

En 1,983, Hargreaves (7), en uno de sus últimos artículos publicados concluye que: "La utilización de fórmulas complicadas para determinar evapotranspiración, entorpecen el trabajo de riego, en donde se requieren resultados en forma inmediata sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados". Por lo que en dicho artículo indica, que para poder estimar los requerimientos de agua del cultivo, primero debe calcularse la evapotranspiración potencial del cultivo, la que multiplicada por los coeficientes del cultivo (K_c), nos dará la evapotranspiración real de éste, es decir:

$$E_{tr} = E_{tp} \times K_c$$

Donde: Etr = Evapotranspiración real

Etp = Evapotranspiración potencial

Kc = Coeficiente que depende de la etapa de desarrollo del cultivo. Para este método Hargreaves recomienda utilizar los coeficientes dados en el libro de la FAO (4) incluidos en el cuadro 23 del apéndice.

La Evapotranspiración Potencial se calcula de la manera siguiente:

$$Etp = 0.0075 \times Rs \times T^{\circ}F$$

Donde: Etp = Evapotranspiración Potencial (cms.)

T[°]F = Temperatura promedio en grados Fahrenheit

Rs = Parámetro que está en función de la temperatura máxima absoluta.

$$Rs = 0.165 \times RA \times TD^{0.5}$$

Donde: RA = Radiación extra-terrestre expresada en mm/día de evaporación, de acuerdo a la latitud del lugar. Cuadro 24 del apéndice.

TD = Diferencia entre la temperatura máxima y la mínima absolutas, expresadas en °C.

4.4.3 Métodos basados en Dispositivos Evaporímetros:

Varios autores han pretendido correlacionar la evapotranspiración con la evaporación en función de las lecturas de evaporímetros (1).

Grassi, citado por Aguilera y Martínez (1) indica que las medidas de evaporación en una superficie libre de agua en el tanque evaporímetro, integra los efectos de los diferentes factores meteorológicos que influyen en la evapotranspiración. Por lo tanto, dichos autores mencionan que la evapotranspiración potencial puede ser estimada con más precisión por los métodos que consideran la evaporación medida en el tanque (1). Así también Chávez, citado por los mismos autores (1), menciona que frecuentemente se encuentra una estrecha proporcionalidad entre la evaporación medida por ejemplo, en un evaporímetro standard y la

evapotranspiración de un cultivo bien provisto de agua. Esto se debe a que los fenómenos de evaporación y evapotranspiración son originados por las mismas causas y factores.

Estudios de correlación entre evapotranspiración del cultivo y la evaporación en el tanque evaporímetro, para diferentes períodos del ciclo vegetativo - del cultivo, permiten obtener coeficientes de ajuste de la fórmula que se usa para la estimación potencial de evapotranspiración (1,3). Dicha fórmula es la siguiente:

$$Etp = Ev \times C$$

Donde: Etp = Evapotranspiración Potencial

Ev = Evaporación medida en el tanque

C = Coeficiente de ajuste adimensional

La variación del coeficiente "C" depende de factores como el tamaño, el color y estado de conservación del tanque, así como de la turbiedad y profundidad del agua, Pruitt (1,960), encontró que la variación del coeficiente "C", en la relación Etp/Ev oscila entre 0.75 y 1.25 (1,3). Dada su mayor universalidad, ya que se emplea en la mayor parte de los servicios meteorológicos, se ha usado más frecuentemente el tanque evaporímetro standard tipo "A" del servicio meteorológico de los Estados Unidos de Norte América (3).

Ciertas condiciones limitantes del evaporímetro tipo "A", como el no estar presente en regiones aisladas de un país y en donde se requieran, ha llevado a investigadores a diseñar otro tipo de evaporímetros de más fácil instalación y transporte, para poder ser utilizados en el cálculo de la evapotranspiración, así es el caso del evaporímetro Rossbach Modelo FV-122-R, que se utilizó en la presente investigación y del cual se tiene más detalle en la página 52..

5. METODOLOGIA

5.1 Ubicación y Descripción del Area Experimental

El experimento se ubicó en la Sección de Hortalizas del Instituto Técnico de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, con coordenadas geográficas - de 14°30' 15", Latitud Norte y 90°36'35" Longitud Oeste (12). Altitud de 1300 msnm (10). Se presenta una precipitación pluvial media de 1000 mm/año, caídos entre los meses de Mayo a Octubre principalmente y temperatura máxima de 24.8 °C. Los meses más cálidos son Abril y Mayo, y los más fríos, Diciembre y Enero. La humedad relativa promedio durante el año es de 75%.

El área posee suelos de la Serie Guatemala, textura franco-arcillosa, con un horizonte "A" de 24 cms. (12). Posee un pH de 6.8, topografía regular, con pendientes que oscilan entre un 2 a 5%, buen drenaje y una adecuada retención de humedad.

5.2 Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo

Las propiedades físicas donde se realizó el experimento se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO 1. PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

MUESTRA (cms.)	L A B O R A T O R I O		CAMPO	CALCULADO
	Textura	C.C. (%)	D.a. grs/cc	P.M.P. (%)
0 - 30	Franco Arcilloso	21.74	1.260	10.00

Para el análisis químico del suelo se tomaron sub-muestras para luego formar una muestra compuesta del área experimental y se envió al Laboratorio de -- Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, para poder contar posteriormente con recomendaciones en cuanto a fertilización.

5.3 Manejo del Cultivo

Se inició con el establecimiento del semillero, utilizando la Variedad Chata Mexicana, por ser ésta la que más se cultiva en la región. Un mes después - de la siembra se procedió al trasplante, en hileras simples con distancias de 0.5 mts. entre surcos y 0.1 mts. entre plantas. Las fertilizaciones se hicieron con base a los requerimientos del cultivo: 80 Kg/Ha. de N, 35 Kg/Ha. de P y 64 Kg/Ha. de K (2,6), y los resultados del análisis químico del suelo.

Las limpias se efectuaron en forma manual, siguiendo criterios derivados - de investigaciones (9). Las plagas y enfermedades fueron manejadas de acuerdo a criterios de umbrales económicos. La cosecha se efectuó cuando se observó el 90% de tallos acamados, cuantificando en toneladas métricas por hectárea única mente las parcelas netas, para efecto de análisis.

5.4 Manejo del Experimento

5.4.1 Nivelación del Terreno y Trazo del Experimento:

Con el propósito de lograr un manejo y uso eficiente del agua, se procedió a la nivelación del área a cultivar, llevándola a un porcentaje de pendiente de 0.4 en sentido Este-Oeste, trazándose los surcos en esa dirección distanciados entre sí 0.5 mts. De Norte a Sur su pendiente fue la natural. El tamaño de las unidades experimentales utilizadas fue de 6.0 x 2.5 mts., dejando 1.5 mts. entre ellas; entre bloques se dejaron 2.0 mts. (Figura 16 del apéndice).

5.4.2 Método de Riego:

Se utilizó el método de riego por surcos, desviando el agua de una toma principal a una secundaria que la conducía hasta un costado del experimento. Esta toma se revistió con nylon para evitar infiltración, así mismo se revistieron las tomas terciarias.

En la toma secundaria se construyó una caja con una salida de agua para las tomas terciarias, mediante una sección de manguera de 2 pulgadas de diámetro y un vertedor de demasías que sacaba los excesos de agua. Esto da un caudal conocido y constante para las tomas terciarias, con lo que se podía calcu--

lar el tiempo de riego de cada unidad experimental.

De las tomas terciarias se obtuvo el agua para cada unidad experimental mediante el uso de manguera de 2 pulgadas de diámetro, que se sujetaron al nylon en el fondo de la toma. La longitud de las mangueras era de 0.6 mts. y poseían a su entrada un tapón de madera que se quitaba sólo cuando se regaba la unidad experimental. Para desviar toda el agua a la unidad, se utilizaron bolsas de nylon llenas de tierra. Para dominar los cinco surcos por unidad experimental se usó el instrumento diseñado por Sánchez (11), el que distribuye el caudal entre los surcos simultáneamente.

5.4.3 Lámina de Agua a reponer en cada Riego:

Para poder calcular la lámina de agua a reponer fue necesario contar inicialmente con los datos siguientes:

- El porcentaje de humedad del suelo, obtenido antes del riego (%HAR)
 - El porcentaje de humedad a capacidad de campo (%HCC)
 - La densidad aparente del suelo (D_a , gr/cc)
 - La profundidad del estrato en centímetros (P_e)
- y sustituirlos en la fórmula siguiente:

$$L_r = \frac{\%HCC - \%HAR}{100} \times D_a \times P_e$$

Con la cual se obtuvo la lámina en centímetros a reponer en cada riego, a cada unidad experimental y para el estrato de 30 centímetros.

5.4.4 Lámina de Agua Consumida:

Teniendo los valores de porcentaje de humedad después del riego y antes del siguiente, se pudo calcular la lámina de agua consumida para un período determinado mediante la ecuación:

$$L_c = \frac{\%HDR - \%HAR}{100} \times D_a \times P_e$$

Donde:

Lc = Lámina consumida en centímetros
 %HDR = Porcentaje de humedad después del riego

Como entre los muestreos antes y después de un mismo riego existía un período de tres días, en los cuales no se conocía el consumo, fue necesario efectuar un ajuste proporcional relacionando mediante una regla de tres simple, el período de consumo conocido, con los tres días comprendidos entre muestreos.

5.4.5 Riegos Generales:

En el período de establecimiento de 18 días todas las unidades experimentales se regaron cada 3 días con la misma cantidad de agua, no habiéndose medido la humedad del suelo para determinar la lámina consumida, por lo que se tomó como lámina de consumo para este período la cantidad de 2.5 cms. calculada por Sánchez (11) al proyectar hacia atrás la curva de consumo de agua del tratamiento regado cada cuatro días, por ser el más aproximado a la frecuencia usada en esta etapa.

5.4.6 Muestreos de la humedad del suelo y mediciones en el tanque evaporímetro:

Para el muestreo se empleó el barreno Tipo Oakfield, tomando la muestra de suelo del tercio medio de éste. Se tomaron 4 muestras por unidad experimental y se formaron 2 muestras compuestas. Los puntos de muestreo se tomaron al azar, tratando de cubrir toda el área de la unidad experimental. Los muestreos se realizaron antes y después de cada riego. Antes del riego, con 24 horas de anticipación para poder conocer así qué lámina de agua había que reponer y después del riego se muestreó a las 48 horas, ya que es cuando el suelo teóricamente alcanza el porcentaje de humedad a capacidad de campo.

Las mediciones de la evaporación del agua se realizaron cada 3 días en el tanque evaporímetro Rossback Modelo FV-122-R.

5.4.7 Diseño Estadístico:

El terreno utilizado, tiene pendiente en el sentido Oriente-Poniente, por lo que se consideró conveniente utilizar el diseño experimental de Bloques al -

Azar. Se evaluaron siete frecuencias de riego, que se definieron en base a -- los resultados obtenidos y recomendaciones dadas por Sánchez (11) en 1,984.

Estas frecuencias fueron: riegos cada 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días, - los cuales se distribuyeron al azar para cada una de las cuatro repeticiones y en este documento se identifican como: F-8, F-12, F-16, F-20, F-24, F-28 y F-32 respectivamente.

5.4.8 Areas del Experimento:

- Area total del experimento:	1003 mts ²
- Area neta del experimento:	420 mts ²
- Area por Unidad Experimental:	15 mts ²
- Area útil por unidad experimental:	7.5 mts ²
- Distancia entre bloques:	2.0 mts.
- Número de surcos por unidad experimental:	5
- Densidad de plantas por parcela <u>ne</u> ta:	300
- Densidad de plantas por parcela útil:	150

En la figura 16 del apéndice, se incluye mayor información sobre el área experimental, así como se tiene la asignación aleatoria de los tratamientos a cada unidad experimental y la ubicación de la infraestructura para la aplicación de los riegos.

5.4.9 Variables Respuestas:

Para poder evaluar el efecto de los diferentes tratamientos, se analiza ron los variables respuesta siguientes:

- Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea
- Rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea y
- Número de plantas vivas por parcela útil para cada tratamiento al finalizar el experimento.

5.4.10 Método de Análisis de Resultados:

A los resultados obtenidos de las variables respuesta medidas, se les aplicó un análisis de varianza con niveles de significancia del 1 y 5%. Así mismo, en vista que se encontraron diferencias entre tratamientos se hicieron pruebas de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculados con la fórmula de Hargreaves Modificada en 1,983, equivalían a los valores de evapotranspiración medidos en el campo, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente (valores de evapotranspiración calculados por la fórmula) era explicado por el modelo de regresión lineal simple, $Y = b_0 + b_1X$, considerándose para este análisis un nivel de significancia del 0.1% para mayor confiabilidad de los resultados.

Se consideró que cuando los coeficientes de determinación " r^2 " calculados fueran menores a los tabulados para un nivel de significancia de 0.1% y $n-2$ grados de libertad, el modelo de regresión lineal simple no explicaba satisfactoriamente la relación entre los datos medidos y los calculados, lo que indicaba que la fórmula de Hargreaves Modificada, no se adaptaba a la región. Para coeficientes de determinación " r^2 " calculados, mayores a los tabulados para el nivel de significancia y grados de libertad mencionados, se efectuaron dos pruebas de hipótesis para determinar que la pendiente de la recta es igual a uno y que el intercepto es igual a cero, de ser así, esto indicaría que los valores de evapotranspiración calculados son equivalentes a los medidos directamente, por lo que la fórmula de Hargreaves Modificada, se adapta a la región. En el caso de rechazar las hipótesis planteadas nos indicarían que los datos calculados no son equivalentes a los medidos en el campo, pero que podrían ajustarse por tener un coeficiente de determinación " r^2 " alto.

La prueba de hipótesis para determinar que la pendiente de la recta es igual a uno, se efectuó mediante comparaciones entre " t " calculada (t_c) y " t " tabulada (t_t) de los valores de dos colas al 5% de significancia y $n-2$ grados de libertad de la distribución t de Student.

Los valores de t_c se determinaron de la manera siguiente:

Hipótesis 1 Ho: $B_1 = 1$

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

Donde:

t_c = "t" calculada

b_1 = Pendiente obtenida de la regresión

B_1 = Valor de la pendiente de la hipótesis considerada (1 para este caso)

Sb_1 = Error standard del coeficiente de regresión.

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

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

Donde:

Sb_1^2 = Varianza del coeficiente de regresión

S^2 = Cuadrado medio del error

n = Número de datos considerados

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

$$S^2 = \frac{S_{yy} - b_1 \cdot S_{xy}}{n-2}$$

Donde: S_{yy} = Suma de cuadrados de la variable "y" = $\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$

S_{xy} = Suma de cuadrados de xy = $\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$

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

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

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

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

Donde: b_0 = Valor del intercepto obtenido de la regresión que es igual a:

$$b_0 = \frac{\sum y}{n} - b_1 \frac{\sum x}{n}$$

B_0 = Valor del intercepto de la hipótesis considerada (0 para este caso)

Sb_0 = Error standar del intercepto

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

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

Además de este análisis estadístico, también se efectuó una comparación -- gráfica ploteando los valores de tasa de evapotranspiración semanal y la evapotranspiración acumulada, ambos con respecto al tiempo de cada uno de los tratamientos y los valores calculados con la fórmula de Hargreaves Modificada, para observar la tendencia que siguió cada una de las curvas y determinar si los valores medidos son equivalentes a los valores acumulados.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente ensayo y la discusión de los mismos, se presentan en cuatro partes. En primer lugar se encontrarán los resultados y análisis de las variables respuesta medidas en el experimento. En la segunda parte se hace un enfoque sobre el uso del agua por las plantas para los diferentes tratamientos. En la tercera parte se comparan los resultados de Evapotranspiración obtenidos en los tratamientos, con los calculados por la fórmula de Hargreaves Modificada y en la última parte se calculan los valores del coeficiente "C" obtenidos de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del agua en el tanque evaporímetro.

6.1 Variables Respuesta

Las variables respuesta medidas en el experimento fueron: Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea y número de plantas vivas por parcela útil al final del experimento. Los resultados obtenidos se detallan en el cuadro 2.

CUADRO 2. Resultados promedio por tratamiento en toneladas métricas por hectárea de bulbos y plantas completas y número de plantas vivas de cebolla al final del experimento.

Tratamiento	Rendimiento en T.M./Ha.		Número de Plantas vivas por parcela útil al final del ciclo
	Bulbos	Plantas Completas	
F-8	29.833	56.667	150
F-12	25.900	42.600	150
F-16	25.400	38.267	150
F-20	20.333	32.100	150
F-24	17.966	25.200	150
F-28	15.033	22.067	150
F-32	13.667	19.067	150

6.1.1 Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea:

En el cuadro 2 puede observarse que el tratamiento regado cada 8 días, produjo el rendimiento mayor con 29.83 TM/Ha. y que invariablemente la producción disminuyó, a medida que el intervalo de riego aumentaba, hasta llegar a una producción de 13.67 TM/Ha. en el tratamiento regado cada 32 días.

El rendimiento en peso de bulbos para cada uno de los tratamientos, cada repetición, totales y promedio se presentan en el cuadro 3 del apéndice. El análisis de Varianza que se encuentra en el cuadro 4 del apéndice, muestra que existe diferencia significativa y altamente significativa entre tratamientos. Al efectuar la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, cuyo resumen se presenta en el cuadro 5 del apéndice, se encontró que el tratamiento F-8 es el de mayor rendimiento, seguido por los tratamientos F-12 y F-16 los cuales producen igual y son superiores a los tratamientos regados con intervalos mayores.

Es de hacer notar la gran similitud que los resultados anteriores tienen con los obtenidos por Sánchez (11), para las frecuencias de 8 hasta 24 días -- que fueron las utilizadas por dicho investigador.

El promedio nacional de producción de bulbos de cebolla oscila alrededor de las 20 toneladas métricas por hectárea, cantidad que puede ser obtenida con el tratamiento regado cada 20 días. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sánchez (11), quien determinó que el tratamiento F-20 es aún adecuado, porque su rendimiento es mayor que ese promedio.

6.1.2 Rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea:

En el cuadro 2 están contenidos los rendimientos de plantas completas -- en TM/Ha., siendo mayor para los tratamientos con intervalos de riego cortos, lo cual reafirma lo obtenido por Sánchez (11).

El rendimiento en peso de plantas completas, para cada tratamiento, cada repetición, totales y promedio, se presenta en el cuadro 6 del apéndice. De acuerdo al ANDEVA del cuadro 7 del apéndice, existe diferencia significativa y altamente significativa entre tratamientos. El resumen de la prueba de Tukey, cuadro 8 del apéndice, indica que estadísticamente son diferentes los tratamien

tos regados cada 8, 12, 16 y 20 días, siendo la media de F-24 igual a F-28, y esta última igual a F-32.

Se puede concluir por lo tanto, que el rendimiento de bulbos como el de plantas completas se ven afectadas por la frecuencia de riego, siendo la producción en ambos casos mayor para intervalos de riego más cortos y su efecto más notorio en la variable respuesta de rendimiento de plantas completas, pues estadísticamente son diferentes los resultados obtenidos en la mayoría de los resultados.

6.1.3 Número de plantas vivas por parcela útil:

Como puede observarse en el cuadro 2, referente a esta variable respuesta, se confirma lo obtenido por Sánchez (11) en sus primeras conclusiones, al indicar que aún en los tratamientos más secos, no hubo mortalidad de plantas. Ello refleja la gran resistencia de la cebolla a la sequía, pues en el presente experimento la mortalidad fue nula, regando con intervalos de 28 y 32 días.

6.2 Uso del Agua por el cultivo

6.2.1 Riegos y láminas aplicadas a los siete tratamientos:

Tomando en cuenta la humedad del suelo, antes y después de cada riego, se determinaron las láminas consumidas entre un riego y el siguiente, efectuando un ajuste proporcional para tres días que es el período comprendido entre muestreos de los cuales no se conoce el consumo, esto puede observarse en los cuadros del 9 al 15 del apéndice, en los que sólo se incluyen las láminas consumidas en la diferenciación de los tratamientos y no así la lámina de 2.5 cms. consumida en la etapa de establecimiento, la que fue igual para todos los tratamientos.

En el cuadro 16 del apéndice, se encuentran registrados el número de riegos, láminas aplicadas en cada riego y láminas totales aplicadas para cada tratamiento. Es de hacer notar la tendencia de aumento de las láminas aplicadas en cada riego, conforme avanza el ciclo del cultivo. En todos los casos puede observarse una reducción de la lámina total aplicada conforme se alarga el intervalo de riego, esto era de esperarse, ya que las plantas al disponer de más agua tenderán a consumir más.

6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable:

En esta sección se hará un enfoque del esfuerzo de tensión de humedad a que se sometió el cultivo, para cada uno de los tratamientos. De la figura 1 a la 7 del apéndice se grafica el porcentaje de humedad en el suelo y el porcentaje de humedad aprovechable, contra el tiempo en días. Las constantes de humedad se determinaron en el campo y en el laboratorio, coincidiendo con las obtenidas por Sánchez (11). Los primeros 18 días corresponden a la etapa de establecimiento en donde se trató de matener el suelo a capacidad de campo, regando cada 3 días y así lograr el mayor porcentaje de pegue posible, por lo tanto en las figuras esta etapa se grafica con una línea recta que coincide con la capacidad de campo.

La figura 1 corresponde al tratamiento F-8, en la cual puede observarse que en los primeros 58 días, el agotamiento de la humedad aprovechable fue del 48% y en promedio se agota un 36%. Del segundo mes en adelante, el cultivo no consumió más del 90% y promedió un 81%.

En la figura 2 se grafica el comportamiento del aprovechamiento de la humedad por parte del tratamiento F-12, el cual mantuvo relativamente constante el consumo de agua, durante el período de los 42 a los 54 días, con un consumo promedio de 61%. El mismo comportamiento observó en la etapa de los 66 días a la cosecha, pues su mayor porcentaje de humedad aprovechable agotado fue del 84% y de 83% su promedio.

La figura 3 es la representación gráfica del aprovechamiento de humedad por parte del tratamiento F-16, en la que se puede observar que la humedad es aprovechada en forma cada vez mayor conforme avanza el ciclo del cultivo, llegando a tocar el punto de marchitez permanente a la altura del día 82, contradiciendo lo que Doorembos, J. y Kassam A. (4) indican, en el sentido de que, el porcentaje de humedad aprovechable no debe ser consumido abajo del 25%, para no afectar la tasa de evapotranspiración y por consiguiente el rendimiento de la cebolla; pues para el tratamiento F-16 el rendimiento de bulbos en Tm/Ha., estadísticamente es igual al rendimiento del tratamiento F-12 y se mantiene muy arriba del promedio nacional.

La figura 4 corresponde al tratamiento F-20, en la cual graficamente se observa que durante los primeros 2 meses del cultivo, la humedad aprovechable agotada fue del 94% y en promedio se agotó en 68%. A la altura del día 78 el cultivo consume el 100% de la humedad aprovechable y no hay marchitez permanente, al igual que en el tratamiento F-16.

El comportamiento gráfico de como aprovechó la humedad del suelo el tratamiento F-24, se presenta en la figura 5, en la cual se observa que en los primeros 42 días ésta se agotó hasta un 78% y en el último mes y medio de cultivo, se aprovechó el 100%.

La anterior discusión relaciona el comportamiento del aprovechamiento de humedad por parte del cultivo, para aquellos tratamientos que Sánchez (11) investigó en Diciembre de 1,983 a Febrero de 1,984, pudiendo concluirse que el comportamiento de los tratamientos F-8 al F-24 fue similar, sin considerar que en la presente investigación se hicieron los ajustes a las láminas de consumo determinadas para el período de consumo previo a aplicar el riego (1 día) y posterior a éste (2 días), lo cual no realizó dicho investigador por considerarlo despreciable en sus cálculos.

El agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento F-28 y F-32 se presentan en las figuras 6 y 7 respectivamente. Para el caso de F-28 se puede observar que, en los primeros 46 días, 28 días después de la etapa de establecimiento; el cultivo sobrevivió a un porcentaje de humedad que se definió como PMP, al igual que a la altura del día 74. El tratamiento F-32 a los 50 días después de su transplante sobrevive a un porcentaje del 8.4% de humedad en el suelo y al día 82 la humedad aprovechable es de 1.7% equivalente a un 10.2% de humedad en el suelo.

6.3. Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Hargreaves Modificada:

En los cuadros 17 y 18 del apéndice puede observarse el cálculo de la evapotranspiración semanal por la fórmula de Hargreaves Modificada y la tasa semanal de evapotranspiración para los siete tratamientos, Hargreaves Modificada y la Evaporación del tanque ROSSBACH FV-122-R.

Para verificar la adaptabilidad de la fórmula de Hargreaves Modificada, en la estimación de la evapotranspiración del cultivo de la cebolla, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente es explicado por el modelo de regresión lineal simple, encontrándose que desde el tratamiento F-8 al F-24 los coeficientes de determinación r^2 calculados (r_c^2) son mayores al tabulado (r_t^2) concluyéndose que el modelo explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos en el campo y los calculados por la fórmula, lo cual se observa en el cuadro 19 del apéndice.

En el mismo cuadro 19 del apéndice, para los tratamientos F-28 y F-32 se concluye que el modelo de regresión lineal simple no explica satisfactoriamente la relación entre los datos, pues el coeficiente de determinación, es menor al tabulado.

Realizada la prueba de "t" para probar la hipótesis de que la pendiente de la recta, es igual a uno y el intercepto igual a cero, se encontró que estadísticamente sólo para el tratamiento F-12 fue igual a uno e igual a cero respectivamente; lo que indica que para calcularse láminas de consumo con intervalos de riego de 12 días, pueden éstas determinarse por medio de la fórmula. Sin embargo, en vista que el análisis de correlación también indica que el modelo de regresión lineal simple es bueno para los tratamientos F-8, F-16, F-20 y F-24 y en estos la pendiente de la recta no es igual a uno, es necesario realizar un ajuste de la fórmula de Hargreaves modificada, para poder calcular láminas de consumo a través de ésta.

También en el mismo cuadro 19 del apéndice puede observarse que en los tratamientos regados cada 8, 16 y 20 días, el valor del intercepto de la recta, según la prueba de "t" es igual a cero, pero los valores de la pendiente para los mismos tratamientos, no son iguales a uno, esto se debe a que la prueba de b_0 acepta intervalos de confianza mayores que la de b_1 .

En las figuras, de la 8 a la 14, del apéndice se muestra el comportamiento gráfico de la evapotranspiración semanal para los siete tratamientos, fórmula de Hargreaves modificada y evaporación del tanque evaporímetro.

La figura 8 corresponde al tratamiento F-8, muestra que de la quinta sema-

na del cultivo en adelante, la evapotranspiración semanal medida en el campo - fue mayor a la calculada por la fórmula y a la octava semana sobre paso a la - medida en el tanque evaporímetro.

La figura 9 del tratamiento F-12, muestra la similitud de la evapotranspi- ración medida y la calculada por la fórmula y en el cuadro 19, se observa que es el único tratamiento en donde la pendiente de la línea es uno y el inter- cepto es cero, lo cual, como ya se definió, indica que la tasa de evapotranspi- ración calculada con la fórmula de Hargreaves y la medida en la frecuencia de 12 días son iguales.

Las figuras 10, 11, 12, 13 y 14, muestran como se comportaron los trata- mientos del F-16 al F-32 y puede observarse que mientras mayor era el interva- lo de riego, la tasa de evapotranspiración semanal va siendo menor y se aleja más de la gráfica de evapotranspiración para Hargreaves y tanque.

En el cuadro 20 del apéndice se tabulan los valores de la evapotranspira- ción semanal acumulada para los siete tratamientos, la fórmula y la evaporación del tanque evaporímetro, los cuales sirvieron para elaborar la figura 15. En esta figura 15 se observa que la línea de la evaporación del tanque va por enci- ma de todas las demás, seguida por el tratamiento F-8 y de la línea de Hargrea- ves, la cual de la quinta semana en adelante muestra casi un paralelo con el - tratamiento F-12.

6.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación Et/Ev

La evaporación en el tanque, está afectada por los mismos factores que a- fectan la evapotranspiración, a excepción del elemento planta, por consiguien- te los valores de evaporación son diferentes a los valores de evapotranspira- ción medidos en el campo, pudiéndose ajustar dichos valores por medio de coefi- cientes provenientes de la relación evapotranspiración/evaporación del tanque.

El cuadro 21 del apéndice muestra los coeficientes "C" semanales, para ca- da tratamiento durante el ciclo del cultivo, obtenidos de la relación evapo--- transpiración medida entre la evaporación del tanque. Puede observarse que en las dos primeras semanas dicho coeficiente es el mismo para todos los tratamien- tos, debido a que este período corresponde a la etapa de establecimiento del -

cultivo y en éste, las frecuencias de riego fueron cortas y se aplicaron láminas grandes de agua. En el mismo cuadro 21, se observa que dichos coeficientes para todos los tratamientos, aumentan casi invariablemente y a finales del período del cultivo disminuyen.

En el cuadro 22, los coeficientes se resumen en etapas fenológicas para -- los tratamientos F-8, F-12 y F-16, por ser estos los mejores en rendimiento, que dando como siguen: 0.36 para la etapa inicial, 0.56 en el desarrollo del cultivo, 0.88 para mediados del período y de 0.43 en la etapa final.

7. CONCLUSIONES

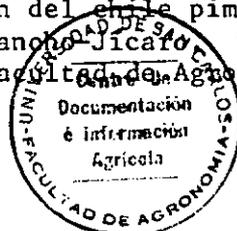
- 7.1 Las diferentes frecuencias de riego evaluadas afectan el rendimiento en bulbos de cebolla, siendo la frecuencia de 8 días la de mayor rendimiento con un promedio de 29.83 T.M./Ha., seguida por los tratamientos de 12 y 16 días que estadísticamente son iguales, con un rendimiento promedio de 25.9 y 25.4 T.M./Ha. respectivamente. En todos los casos la producción disminuyó a medida que el intervalo de riego fue mayor.
- 7.2 El rendimiento de plantas completas de cebolla se ve afectado por la frecuencia de riego, produciendo el intervalo de 8 días el mayor rendimiento con un promedio de 56.67 T.M./Ha. Al igual que para la producción de bulbos el rendimiento disminuyó a medida que el intervalo de riego aumentó.
- 7.3 Las frecuencias de riego usadas en este estudio no afectan el número de plantas vivas al final del experimento.
- 7.4 Las láminas de riego aplicadas, son menores en los riegos iniciales y mayores en los riegos aplicados en las etapas más avanzadas de desarrollo del cultivo. La evapotranspiración del cultivo disminuye mientras mayor sea el intervalo de riego. En las frecuencias de riego de cada 8 días el cultivo evapotranspiró 34.62 centímetros y con 32 días 14.5 centímetros.
- 7.5 El agotamiento de la humedad aprovechable para cada tratamiento fue variable y generalmente aumentó conforme era mayor el intervalo de riego. Los tratamientos regados cada 8 y 12 días fueron los únicos que nunca consumieron el total de la humedad aprovechable, en el resto de tratamientos la humedad del suelo alcanzó valores de punto de marchitez permanente. -- Sin embargo, es de hacer notar la resistencia que la cebolla (Allium cepa L.) presentó a la sequía a la que fue sometida, ya que las plantas no murieron y en el caso del tratamiento regado cada 16 días su rendimiento es aceptable.
- 7.6 Los valores de tasa de evapotranspiración calculados por la fórmula de Hargreaves modificada en 1,983 y los medidos con el intervalo de riego de 12 días son iguales. La evapotranspiración calculada con la fórmula y medi-

da en los tratamientos regados cada 8, 16, 20 y 24 días, tienen una alta correlación, por lo que la fórmula de Hargreaves puede ser ajustada para usarla en el cálculo de la evapotranspiración para estas frecuencias de riego.

- 7.7 El coeficiente "C" promedio, obtenido de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque, para los tratamientos regados cada 8, 12, y 16 días fue de : 0.36 para la etapa inicial, de 0.56 para el desarrollo del cultivo, 0.88 para mediados del período y de 0.43 para la etapa final.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, M. y MARTINEZ, R. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 2a. ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio de Irrigación, 1,980. 321 p.
2. CACERES, E. Producción de hortalizas. 3a. ed. Costa Rica, IICA, 1,980. 378 p.
3. CORADO ESQUIVEL, M. R. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en melón (Cucumis melo L.) en el Valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,984. 63 p.
4. DOOREMBOS, J. KASSAM, A. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1,979. 212 p.
5. GRASSI, C. Aspectos metodológicos para la determinación experimental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje, Material Didáctico Rd-26. 1,978. 212 p.
6. GUDIEL, V. M. Manual agrícola Superb. 5a. ed. Guatemala, Superb, 1,980. 291 p.
7. HARGREAVES, H. G. Estimating crop evapotranspiration requirements. Utah, Utah State University, International Irrigación Center, s.f. 10 p.
8. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. E. Principios y aplicaciones del Riego. 2a. ed. España, Reverté, 1,979. 369 p.
9. LOPEZ RODRIGUEZ, E. Determinación de la época crítica de interferencia maíza-cebolla (Allium cepa L.) en el área de Bárcena, Villa Nueva. Tesis Perito Agr. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1,983. 28 p.
10. MARTINEZ MENENDEZ, H. A. Evaluación de seis híbridos de cebolla (Allium cepa L.) para la industria del deshidratado. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,983. 37 p.
11. SANCHEZ CHAVEZ, J. F. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de -- Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,984. 66 p.
12. SANTOS DE LEON, A. M. Clasificación agrológica del área central del Instituto Técnico de Agricultura; informe técnico. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1,983. 20 p.
13. TELLO SAMAYOA, C. A. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento (Capsicum annum) en la Unidad de Riego El Rancho Jicaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,983. 64 p.



Patuallé 10. Co.

9. APENDICE

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE BULBOS EN T.M./HA., PARA CADA TRATAMIENTO, CADA REPETICION, TOTALES Y PROMEDIO.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTALES Y _i	PROMEDIOS Y _i
	I	II	III	IV		
F-8	28.933	31.200	32.133	27.067	119.333	29.833
F-12	25.333	27.333	26.400	24.533	103.599	25.900
F-16	26.000	24.933	24.400	26.267	101.600	25.400
F-20	21.200	19.467	18.933	21.733	81.333	20.333
F-24	18.800	17.733	17.200	18.133	71.866	17.966
F-28	15.067	14.000	16.133	14.933	60.133	15.033
F-32	14.133	13.067	13.600	13.867	54.667	13.667
TOTAL Y _j	149.466	147.733	148.799	146.533	592.531	
PROMEDIO Y _j	21.352	21.105	21.257	20.933		21.162

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE BULBOS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	F Tabulada	
					0.05	0.01
Bloque	3	0.706	0.235	0.135	3.16N.S.	5.09 NS
Tratamientos	6	880.944	146.824	84.078	2.66*	4.01**
Error	18	31.433	1.746			
Total	27	913.083				

NS: No Significativo

* : Significativo

** : Altamente Significativo

C.V.: Coeficiente De Variación 6.24%

CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN BULBOS DE CEBOLLA
EN T.M./HA.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO MEDIO EN T.M./HA.	INTERPRETACION*
F-8	29.833	a
F-12	25.900	b
F-16	25.400	b
F-20	20.333	c
F-24	17.966	c d
F-28	15.033	d e
F-32	13.667	e

$$q_{(7,18) 0.05} = 4.67$$

$$S_{\bar{x}} = 0.66$$

$$W = 3.082$$

* = Letras iguales, tratamientos con rendimiento estadísticamente igual.

CUADRO 6. RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS EN T.M./HA. PARA CADA TRATAMIENTO, CADA REPETICION, TOTALES Y PROMEDIO.

TRATAMIENTO	REPETICIONES				TOTAL Y_i	PROMEDIO \bar{Y}_i
	I	II	III	IV		
F-8	60.800	54.267	55.333	56.267	226.667	56.667
F-12	42.800	44.267	41.467	41.867	170.401	42.600
F-16	40.267	37.200	37.600	38.000	153.067	38.267
F-20	34.800	30.000	30.133	33.467	128.400	32.100
F-24	26.000	24.800	24.400	25.600	100.800	25.200
F-28	21.867	21.067	22.933	22.400	88.267	22.067
F-32	19.867	18.267	18.667	19.467	76.268	19.067
TOTAL Y_j	246.401	229.868	230.533	237.068	943.870	
PROMEDIO \bar{Y}_j	35.200	32.838	32.933	33.867		33.710

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada	
					0.05	0.01
Bloques	3	25.258	8.419	4.684	3.16*	5.09 NS
Tratamientos	6	4207.231	701.205	390.085	2.66*	4.01**
Error	18	32.356	1.798			
TOTAL	27	4264.846				

NS : No Significativo

* : Significativo

** : Altamente Significativo

C.V. : Coeficiente de Variación: 3.98%

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS DE CEBOLLA EN TM/HA.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO MEDIO EN T.M./HA.	INTERPRETACION*
F-8	56.667	a
F-12	42.600	b
F-16	38.267	c
F-20	32.100	d
F-24	25.200	e
F-28	22.067	e f
F-32	19.067	f

$$q_{(7,18)} 0.05 = 4.67$$

$$\bar{Sx} = 0.67$$

$$W = 3.129$$

* = Letras iguales, tratamientos con rendimiento estadísticamente igual.

CUADRO 9. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-8.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrato 0 - 30 cms.)				Dife ren- cia %	Consu mo entre mues- treos (cms.)	AJUSTE* (cms.)	LAMINA CONSUMIDA (cms.)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-12-84	21.74	31-12-84	19.3	2.44	0.922	0.553	1.475
3- 1-85	22.10	8- 1-85	18.87	3.23	1.221	0.733	1.954
10- 1-85	22.84	16- 1-85	17.32	5.52	2.086	1.252	3.338
19- 1-85	22.46	24- 1-85	17.64	4.82	1.822	1.093	2.915
27- 1-85	22.54	1- 2-85	16.93	5.61	2.121	1.273	3.394
4- 2-85	21.80	9- 2-85	14.76	7.04	2.661	1.597	4.258
12- 2-85	21.34	17- 2-85	13.52	7.82	2.956	1.774	4.730
20- 2-85	21.91	25- 2-85	12.75	9.16	3.462	2.077	5.539
6- 3-85	21.24 ^{**}	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Lámina parcial (cms.): 32.121

Riegos generales (cms.): 2.500

Lámina total consumida (cms.): 34.621

** : Ultimo riego y cosecha

DR : Después del riego

AR : Antes del riego

* : Ver cuadro 15

CUADRO 10. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-12.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrato 0 - 30 cms.)				Dife ren- cia %	Consu mo entre mues- treos (cms.)	AJUSTE* (cms.)	LAMINA CONSUMIDA (cms.)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-12-84	21.74	4-1-85	19.17	2.57	0.971	0.323	1.294
7- 1-85	21.48	16-1-85	15.42	6.06	2.291	0.763	3.054
19- 1-85	21.81	28-1-85	15.18	6.63	2.506	0.834	3.340
31- 1-85	22.64	9-2-85	12.83	9.81	3.708	1.235	4.943
12- 2-85	21.95	21-2-85	12.94	9.01	3.406	1.134	4.540
24- 2-85	22.36	5-3-85	13.01	9.35	3.534	1.177	4.711
6- 3-85	20.87 ^{**}	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Lámina parcial (cms): 21.882

Riegos generales (cms): 2.500

Lámina total consumida(cms): 24.382

** : Ultimo riego y cosecha.

CUADRO 11. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-16.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrado 0-30 cms)				Dife- ren- cia %	Consu- mo entre mues- treos (cms.)	AJUSTE* (cms.)	LAMINA COMSU- MIDA (cms.)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-12-84	21.74	8-1-85	17.54	4.20	1.588	0.366	1.954
11- 1-85	21.78	24-1-85	13.28	8.50	3.213	0.742	3.955
27- 1-85	22.03	9-2-85	11.41	10.62	4.014	0.897	4.911
12- 2-85	20.94	25-2-85	10.26	10.58	3.999	0.924	4.923
28- 2-85	21.17	6-3-85	16.16 ^{**}	5.01	1.894	-----	1.894

Lámina parcial (cms.) : 17.667
 Riegos generales (cms.) : 2.500
 Lámina total consumida (c,s.) : 20.167

** : Humedad al momento de cosechar.

CUADRO 12. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-20.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrato 0 - 30 cms.)				Dife ren- cia %	Consu- mo entre muestreros (cms.)	AJUSTE* (cms.)	LAMINA CONSUMIDA (cms.)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-12-84	21.74	12-1-85	16.81	4.93	1.863	0.328	2.191
15- 1-85	21.54	1-2-85	11.29	10.25	3.874	0.682	4.556
4- 1-85	22.27	21-2-85	10.43	11.84	4.476	0.788	5.264
24-2-85	21.85	6-3-85	14.81 ^{**}	7.04	2.661	-----	2.661

Lámina parcial (cms) 14.672
 Riegos generales (cms) 2.500
 Lámina total consumida (cms) 17.172

** : Humedad al momento de cosechar.

CUADRO 13. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-24.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrato 0 - 30 cms.)				Diferencia %	Consumo entre muestreos (cms)	AJUSTE* (cms)	LAMINA CONSUMIDA (cms)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-1-84	21.74	16-1-85	13.03	8.71	3.292	0.471	3.763
19-1-85	20.71	9-2-85	10.49	10.22	2.863	0.552	4.415
12-2-85	22.46	5-3-85	10.24	12.22	4.619	0.661	5.280
6-3-85	21.57 ^{**}	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Lámina parcial (cms): 13.458

Riegos generales (cms): 2.500

Lámina total consumida (cms): 15.958

** : Ultimo riego y cosecha.

CUADRO 14. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-28.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrato 0 - 30 cms)				Diferencia %	Consumo entre muestreos (cms)	AJUSTE* (cms)	LAMINA CONSUMIDA (cms)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-12-84	21.74	20-1-85	9.46	12.28	4.642	0.558	5.200
23- 1.-85	21.94	17-1-85	10.26	11.68	4.415	0.530	4.945
20-2-85	21.76	6-3-85	16.96 ^{**}	4.80	1.814	----	1.814

Lámina parcial (cms.) : 11.959

Riegos generales (cms.) : 2.500

Lámina total consumida (cms.) : 14.459

** : Humedad al momento de cosechar.

CUADRO 15. CONTROL DE LA HUMEDAD ANTES Y DESPUES DEL RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-32.

PORCENTAJE DE HUMEDAD (Estrato 0 - 30 cms)				Dife ren- cia %	Consu mo entre muestreos (cms)	AJUSTE* (cms)	LAMINA CONSUMI DA (cms)
DR		AR					
Fecha	%	Fecha	%				
24-12-84	21.74	24-1-85	8.74	13.00	4.914	0.506	5.420
27- 1-85	21.88	25-2-85	10.57	11.31	4.275	0.440	4.715
28- 2-85	22.30	6-3-85 ^{**}	18.04	4.26	1.610	-----	1.610

Lámina parcial (cms.) : 11.745
 Riegos generales (cms.) : 2.500
 Lámina total consumida (cms.) : 14.245

** : Humedad al momento de cosechar.

* : Ajuste proporcional que corresponde a tres días en los cuales no se determinó en el campo, el consumo de agua entre los muestreos previos (1 día) y posteriores (2 días) al riego.

CUADRO 16. NUMERO DE RIEGOS Y LAMINAS DE AGUA APLICADAS PARA LOS SIETE TRATAMIENTOS, INCLUYENDO EL PERIODO DE ESTABLECIMIENTO, (CMS)

NUMERO DE RIEGOS**	T R A T A M I E N T O S						
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	F-32
	LAMINAS APLICADAS EN CADA RIEGO (CMS.)						
1	1.475	1.294	1.954	2.191	3.763	5.200	5.420
2	1.954	3.054	3.955	4.556	4.415	4.945	4.715
3	3.338	3.340	4.911	5.264	5.280	1.814*	1.610*
4	2.915	4.943	4.923	2.611*			
5	3.394	4.540	1.894*				
6	4.258	4.711					
7	4.730						
8	5.539						
9	4.518						
Láminas aplicadas en la diferenciación de los tratamientos	32.121	21.882	17.667	14.672	13.458	11.959	11.745
Lámina aproximada aplicada en el establecimiento	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Lámina total aplicada equivalente a la evapotranspiración del cultivo	34.621	24.382	20.167	17.172	15.958	14.459	14.245

* : Láminas de agua consumidas durante la etapa previa a la cosecha y que no se repusieron en riego.

** : No incluye el número de riegos aplicados en la etapa de establecimiento.

CUADRO 18. VALORES DE TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN MILI METROS PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, HARGREAVES Y EVAPORACION DEL TANQUE.

SEMANA NUMERO	T R A T A M I E N T O S							Hargreaves Modificado	Evaporación del tanque
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	F-32		
1	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	7.90	22.00
2	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	10.22	24.00
3	10.63	9.10	9.39	9.14	10.08	10.66	10.33	11.52	32.50
4	13.51	7.55	8.55	7.67	10.98	13.00	11.86	15.01	27.20
5	17.09	13.41	8.55	7.67	10.98	13.00	11.86	15.90	28.40
6	29.20	17.82	17.30	11.21	10.98	13.00	11.86	19.17	29.50
7	26.04	19.24	17.30	15.95	12.60	12.82	11.86	21.45	34.13
8	28.50	20.82	20.38	15.95	12.87	12.36	10.75	24.65	30.08
9	34.01	28.83	21.62	17.36	12.87	12.36	10.31	27.22	29.95
10	39.02	27.83	21.58	18.42	13.96	12.36	10.31	27.06	34.56
11	43.41	26.48	21.54	18.42	15.40	11.10	10.31	24.18	36.94
12	47.19	27.20	20.83	16.35	15.40	7.94	10.85	26.68	36.41
13	39.54	27.48	16.57	15.52	15.40	7.94	14.08	25.81	45.80
TOTAL	347.58	245.20	203.05	173.10	160.96	145.98	143.82	256.77	411.44

CUADRO 17. CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA DE HANGREAVES MODIFICADA EN 1,983 PARA TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

FECHA (SEMANAS)	Duración del período en semanas	Promedio de tempe- ratura má- xima sema- nal °C	Promedio de tempe- ratura mí- nima sema- nal °C	T.D ^{0.5} °C	Ra mm/sem.	Rs mm/sem.	Temperatu- ra media ° F	Etp. mm/sem.	Kc	Etc mm/sem.	Etc acumulada (mm)
6-12-84 12-12-84	1	22.16	12.56	3.10	83.30	42.61	61.80	19.75	0.40	7.9	7.90
13-12-84 19-12-84	1	22.16	11.78	3.22	83.30	44.26	61.57	20.44	0.50	10.22	18.12
20-12-84 26-12-84	1	21.5	12.29	3.03	83.30	41.65	61.48	19.20	0.60	11.52	29.64
27-12-84 2- 1-85	1	24.24	13.59	3.26	84.10	45.24	65.06	22.07	0.68	15.01	44.65
3- 1-85 9- 1-85	1	21.98	10.72	3.34	86.10	47.45	59.58	21.20	0.75	15.90	60.55
10- 1-85 16- 1-85	1	22.37	11.87	3.24	86.10	43.03	61.69	21.30	0.90	19.17	79.72
17- 1-85 23- 1-85	1	23.41	12.09	3.36	86.10	47.73	63.09	22.58	0.95	21.45	101.17
24-11-85 30- 1-85	1	24.91	9.06	3.98	86.10	56.54	61.20	25.95	0.95	24.65	125.82
31- 1-85 6- 2-85	1	24.75	11.51	3.64	93.44	56.12	64.68	27.22	1.00	27.22	153.04
7- 2-85 13- 2-85	1	23.88	11.97	3.45	94.67	53.89	63.75	25.77	1.05	27.06	180.10
14- 2-85 20- 2-85	1	22.76	13.09	3.11	94.67	48.58	63.22	23.03	1.05	24.18	204.28
21- 2-85 27- 2-85	1	25.26	13.49	3.43	94.67	53.58	66.41	26.69	1.00	26.69	230.97
28- 2-85 6- 3-85	1	24.27	13.43	3.29	102.63	55.71	65.00	27.16	0.95	25.81	256.78

CUADRO 19. VALORES DE PENDIENTE, INTERCEPTO, PRUEBAS DE HIPOTESIS, CORRELACION Y COEFICIENTES DE DETERMINACION r^2 DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS VRS. FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA.

TRATAMIENTO	PENDIENTE	INTERCEPTO	t_{c1}^b	t_{c0}^b	CORRELACION	DETERMINANTE r_c^2
F-8	1.80 \neq 1	-8.84 = 0	3.64	-0.42	**	0.86
F-12	1.12 = 1	-3.21 = 0	1.01	-0.55	**	0.89
F-16	0.73 \neq 1	1.25 = 0	-2.67	0.28	**	0.82
F-20	0.52 \neq 1	2.95 = 0	-5.41	0.88	**	0.76
F-24	0.27 \neq 1	6.93 \neq 0	-16.82	8.61	**	0.79
F-28	0.004 --	11.51 ---	----	----	N.S.	0.0002
F-32	0.05 ---	10.05 ---	----	----	N.S.	0.09

$$t_t (11, 0.05) = 2.201$$

$$r_t (11, 0.001) = 0.801$$

$$r_t^2 (11, 0.001) = 0.64$$

** : Alta significancia

N.S. : No significativo

CUADRO 20. VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL ACUMULADA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, HARGREAVES MODIFICADA Y EVAPORACION DEL TANQUE (MILIMETROS)

SEMANA NUMERO	T R A T A M I E N T O S							Hargreaves Modificada	Evaporación Tanque
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	F-32		
1	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	7.90	22.00
2	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45	18.12	46.00
3	30.07	28.55	28.83	28.58	29.53	30.10	29.78	29.64	78.50
4	43.58	36.09	37.38	36.25	40.50	43.10	41.64	44.65	105.70
5	60.68	49.51	45.93	43.91	51.48	56.10	53.49	60.55	134.10
6	89.88	67.32	63.23	55.13	62.45	69.10	65.35	79.72	163.60
7	115.92	86.56	80.54	71.07	75.06	81.92	77.21	101.17	197.73
8	144.42	107.38	100.92	87.02	87.93	94.28	87.96	125.82	227.81
9	178.43	136.21	122.54	104.38	100.80	106.64	98.27	153.04	257.76
10	217.45	164.04	144.58	122.80	114.76	119.00	108.59	180.10	292.76
11	260.86	190.52	165.66	141.23	130.16	130.10	118.90	204.28	329.23
12	308.05	217.72	186.49	157.58	145.56	138.04	129.75	230.97	365.64
13	347.59	245.19	203.05	173.09	160.96	145.98	143.83	256.78	411.44

CUADRO 21. RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE EVAPORIMETRO.

SEMANA NUMERO	T R A T A M I E N T O S						
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28	F-32
	Et/ Ev	Et/ Ev	Et/ Ev	Et/ Ev	Et/ Ev	Et/ Ev	Et/ Ev
1	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
2	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
3	0.33	0.28	0.29	0.28	0.31	0.33	0.32
4	0.50	0.28	0.31	0.28	0.40	0.48	0.44
5	0.60	0.47	0.30	0.27	0.39	0.46	0.42
6	0.99	0.60	0.59	0.38	0.37	0.44	0.40
7	0.76	0.56	0.51	0.47	0.37	0.37	0.35
8	0.95	0.69	0.68	0.53	0.43	0.41	0.36
9	1.13	0.96	0.72	0.58	0.43	0.41	0.34
10	1.13	0.81	0.62	0.53	0.40	0.36	0.30
11	1.17	0.72	0.58	0.50	0.42	0.30	0.28
12	1.30	0.75	0.57	0.45	0.42	0.22	0.30
13	0.86	0.60	0.36	0.34	0.34	0.17	0.31

CUADRO 22. ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO DURANTE SU CICLO Y COEFICIENTE "C" PROMEDIO, DETERMINADO EXPERIMENTALMENTE PARA LOS TRATAMIENTOS F-8, F-12 y F-16 DE MAYOR RENDIMIENTO.

ETAPA FENOLOGICA	DURACION DE LA ETAPA	RELACION Et/Ev PROMEDIO ("C")
Etapa inicial	6-12-84 al 24-12-84 (18 días)	0.36
Desarrollo del cultivo	25-12-84 al 28-01-85 (34 días)	0.56
Mediados del período	29-01-85 al 22-02-85 (24 días)	0.88
Finales del período	23-02-85 al 6-03-85 (11 días)	0.43

CUADRO 23. COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)

CULTIVO	FASES DE DESARROLLO DEL CULTIVO					Período Vegetativo Total
	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del período	Finales del período	Recolección	
Banana Tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
Subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0-1,2	1,0-1,15	1,0-1,15	0,85-0,95
Frijol verde	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Seco	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Col	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Algodón	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,9	0,65-0,7	0,8-0,9
Vid.	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Cacahuete	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maíz dulce	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,2	0,95-1,1	0,8-0,95
Grano	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05,1,2	0,8-0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Cebolla seca	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8-0,9
Verde	0,4-0,6	0,6-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Guisante seco	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Pimentero fresco	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,95-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Patata	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Arroz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Cártamo	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25	0,65-0,7
Sorgo	0,3-0,4	0,7-0,75	1,0-1,15	0,75-0,8	0,5-0,55	0,75-0,85
Soya	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Remolacha azúcarera	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Caña de azúcar	0,4-0,5	0,7-1,0	1,0-1,3	0,75-0,8	0,5-0,6	0,85-1,05
Girasol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabaco	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Sandía	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,8-0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Trigo	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9
Alfalfa	6,3-0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Cítricos						
Desyerbe total						0,65-0,75
s/control de malezas						0,85-0,9
Olivo						0,4-0,6

Cuadro 24

LA RADIACION EXTRATERRESTRE R_0 EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE EVAPORACION, EN MM/DIA

Hemisferio Norte												Lat	Hemisferio Sur											
En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.		En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8*	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.2	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

ALGUNAS ESPECIFICACIONES SOBRE EL TANQUE EVAPORIMETRO "ROSSBACH" MODELO
FV-122-R*

El tanque evaporímetro ROSSBACH Mod. FV-122-R para exposición directa, fue diseñado para eliminar los inconvenientes de los tanques convencionales de metal eligiéndose como material idóneo la fibra de vidrio reforzando a resinas termoestables para procurar un tanque resistente a la interperie y propio en forma y diseño que técnica y económicamente son más convenientes para su operación y mantenimiento. Elimina los problemas de corrosión a que están expuestos los tanques metálicos, siendo su duración mucho mayor. Tampoco requieren mantenimiento.

El tanque, fué diseñado para que en su instalación no fuera necesaria la parrilla de madera o metálica que se acostumbra hacer para montar los tanques de metal, pues su fondo está construido en varias capas con un espesor de 25 mm. , que le da una absoluta rigidez evitando flexiones y manteniéndolo siempre plano. Entre las capas del fondo se coloca un material estructural ligero y fuerte que además deja una zona de aislamiento térmico que procura la eliminación de influencia de la temperatura de radiación del suelo y elementos adyacentes. Las dimensiones del tanque son de acuerdo a las normas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México: Diámetro interior, 122 cms.; altura interior, 25 cms.; peso, 13.0 kgs.

Tornillo Micrométrico "ROSSBACH" Mod. ETR-75

Mediante pasos de rosca de su disco y poste vertical, las lecturas se hacen con precisión de centésimas.

Cilindro de Reposo "ROSSBACH" Mod. ECR-20

Para formar en el tanque una zona libre de oleaje y movimiento de agua, se usa éste; que es un instrumento inoxidable de 81.5 mm., de diámetro; 245 mm., de altura y con un peso de 1.3 kgs.

* Tomado de fotocopia proporcionada por la casa comercial IMEPRE, 10a. Calle 2-55, Zona 1, Guatemala, Guatemala.

6-XII-84 · Traslante

6-III-85 Cosecho

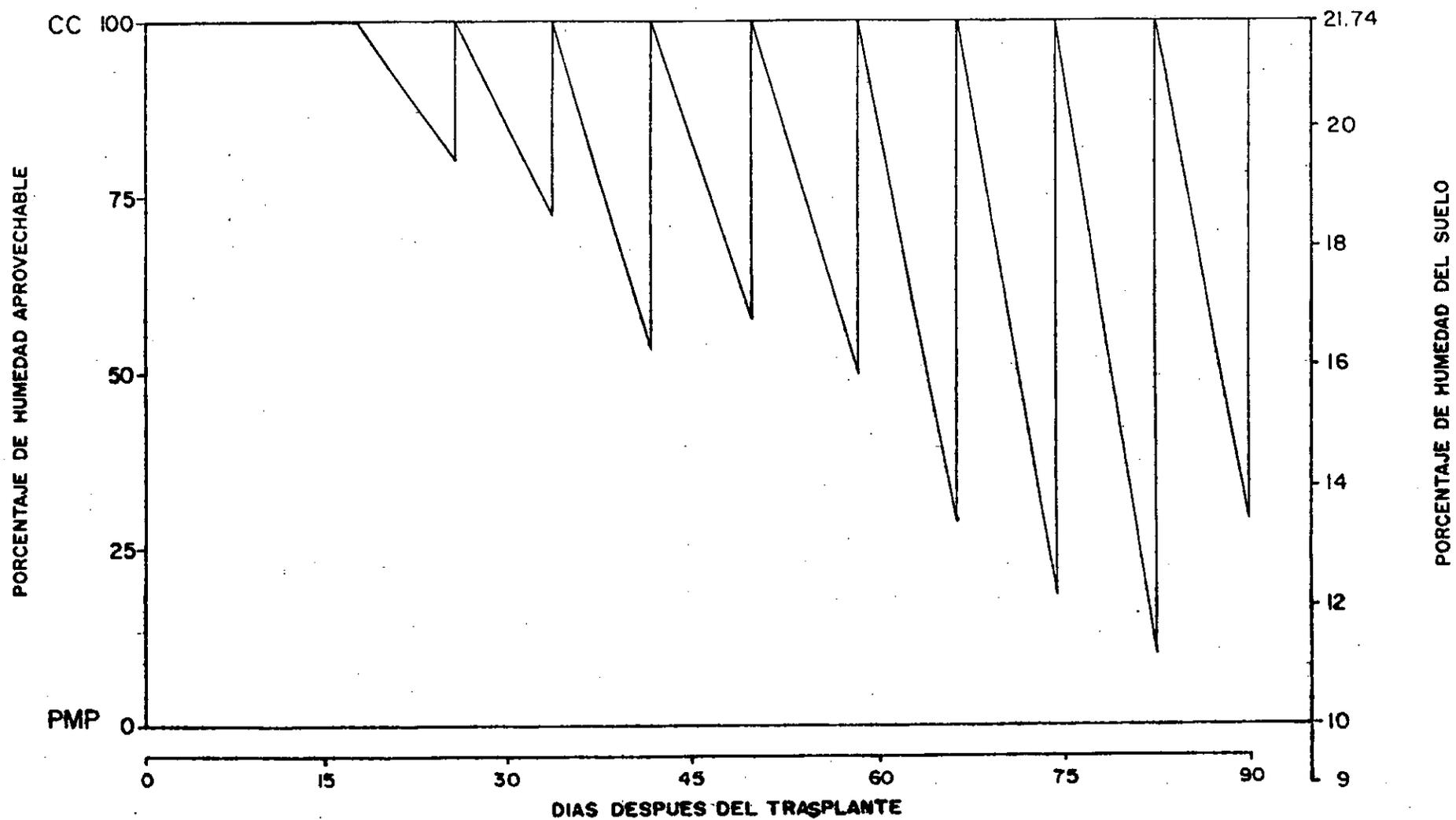
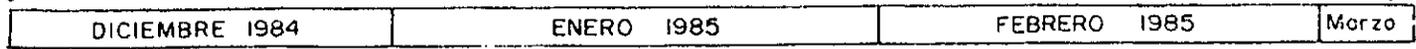


Fig. 1 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-8

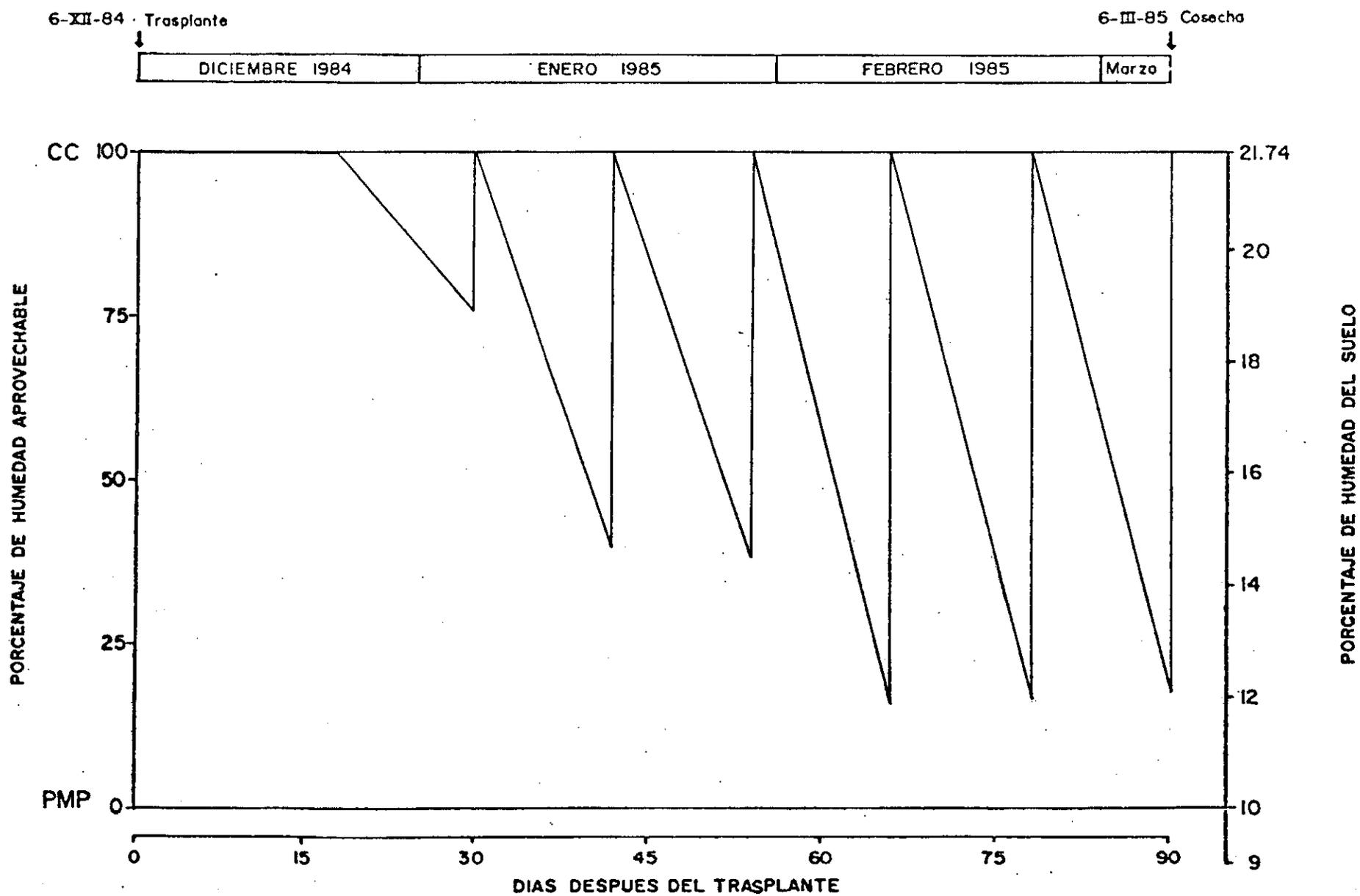


Fig. 2 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-12

6-XII-84 · Trasplante

6-III-85 Cosecha

DICIEMBRE 1984 ENERO 1985 FEBRERO 1985 Marzo

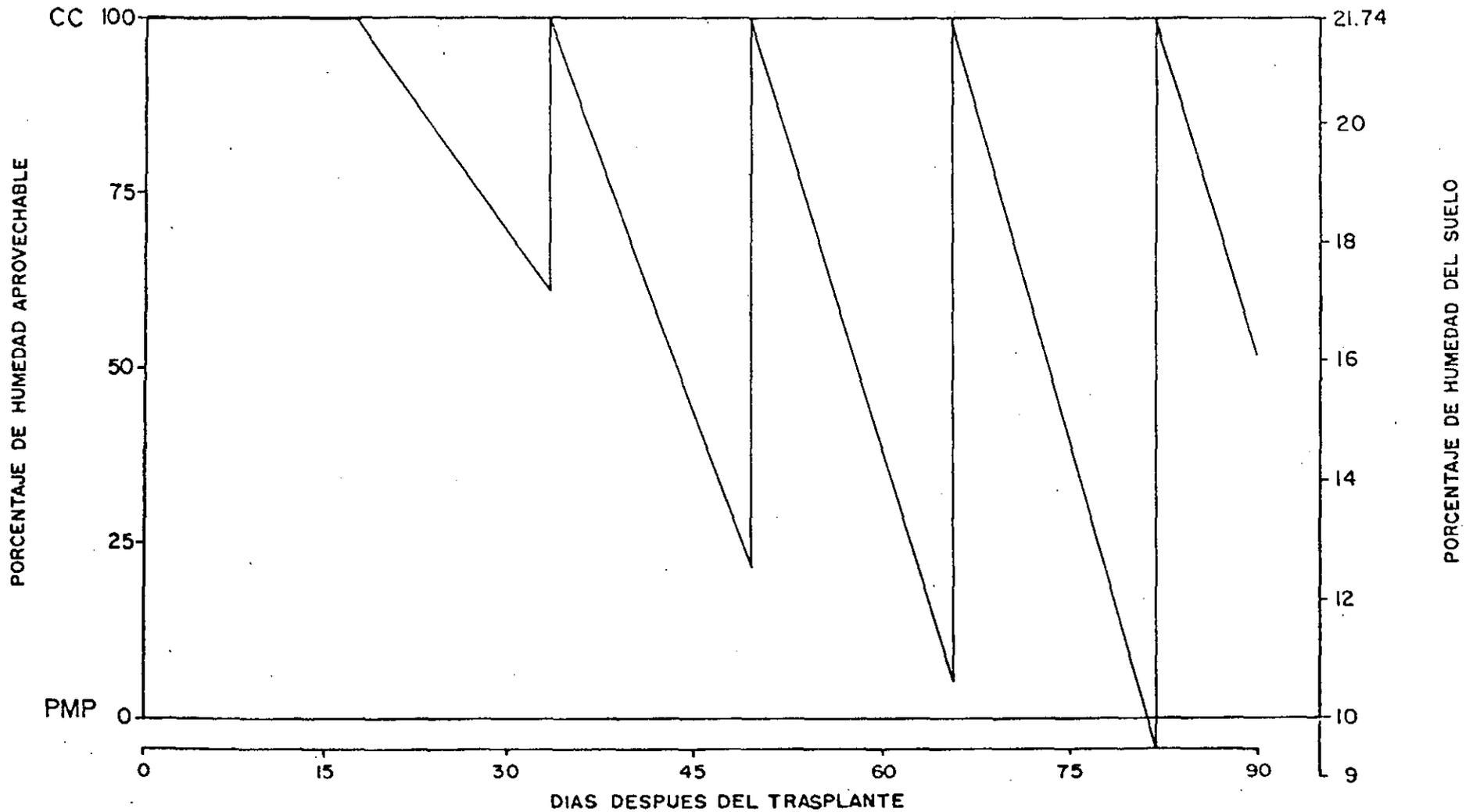


Fig. 3 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-16

6-XII-84 · Trasplante.

6-III-85 Cosecha

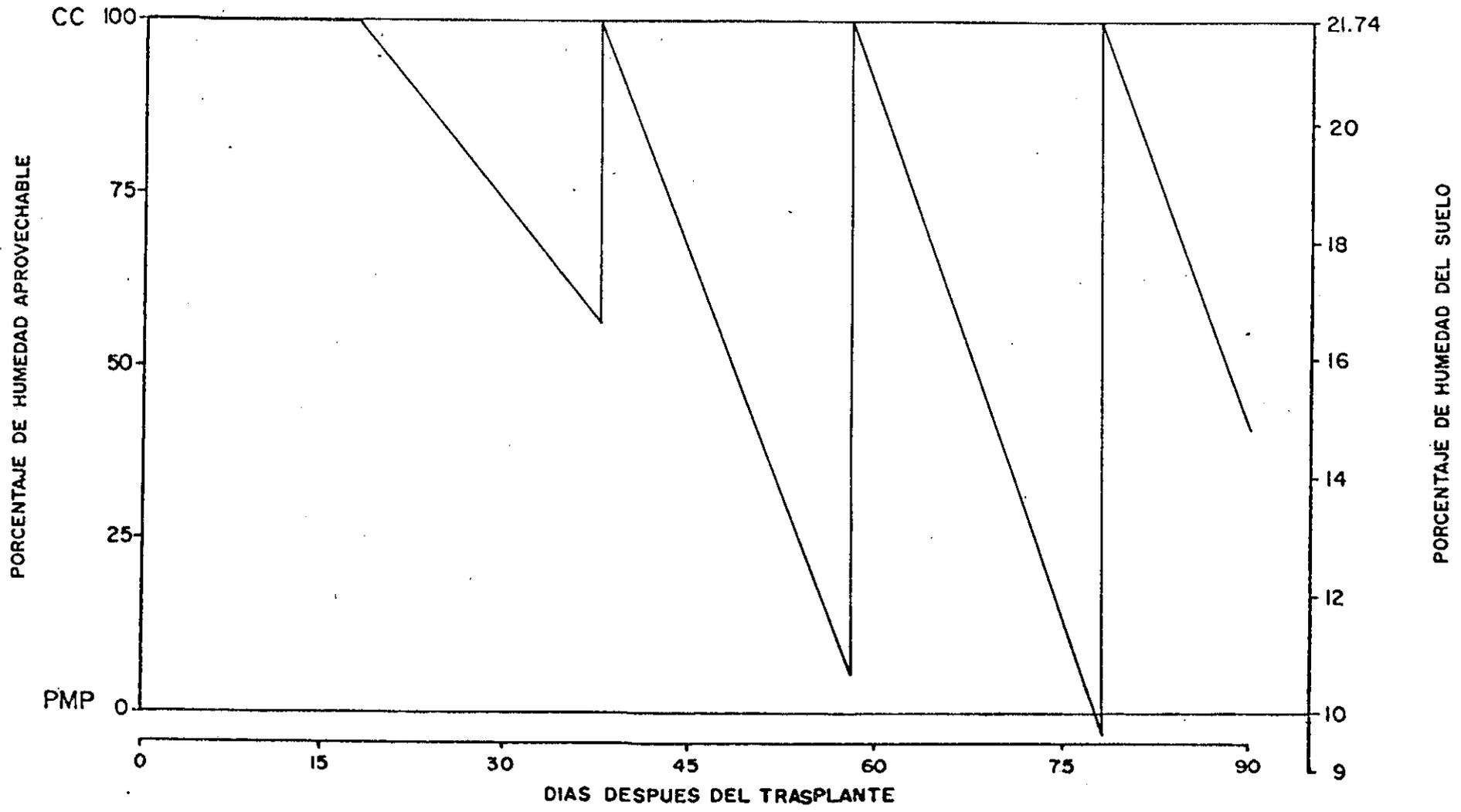
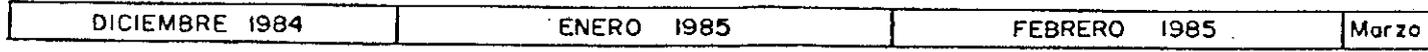


Fig. 4 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-20

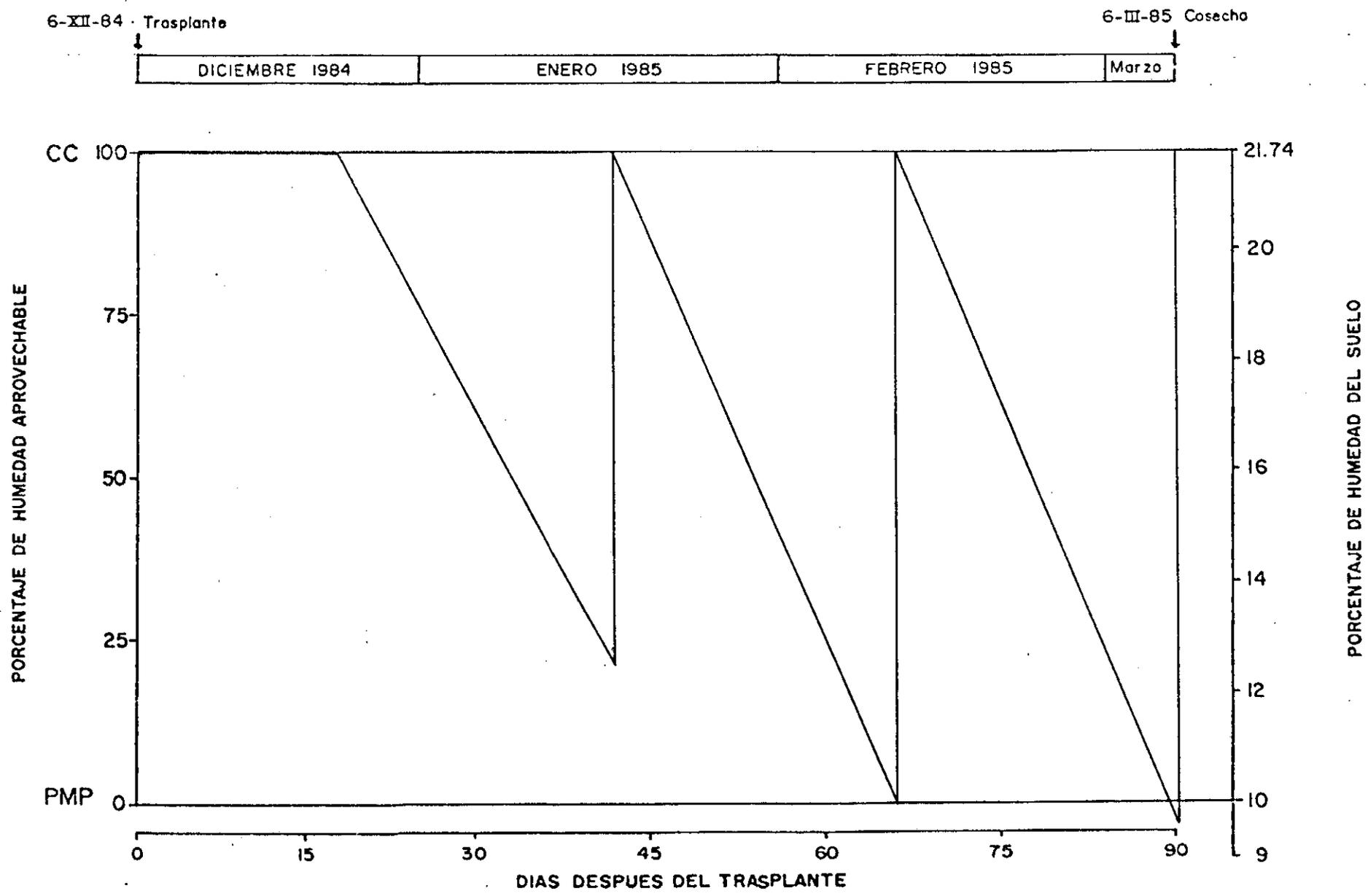


Fig. 5. PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO, PARA EL TRATAMIENTO F-24

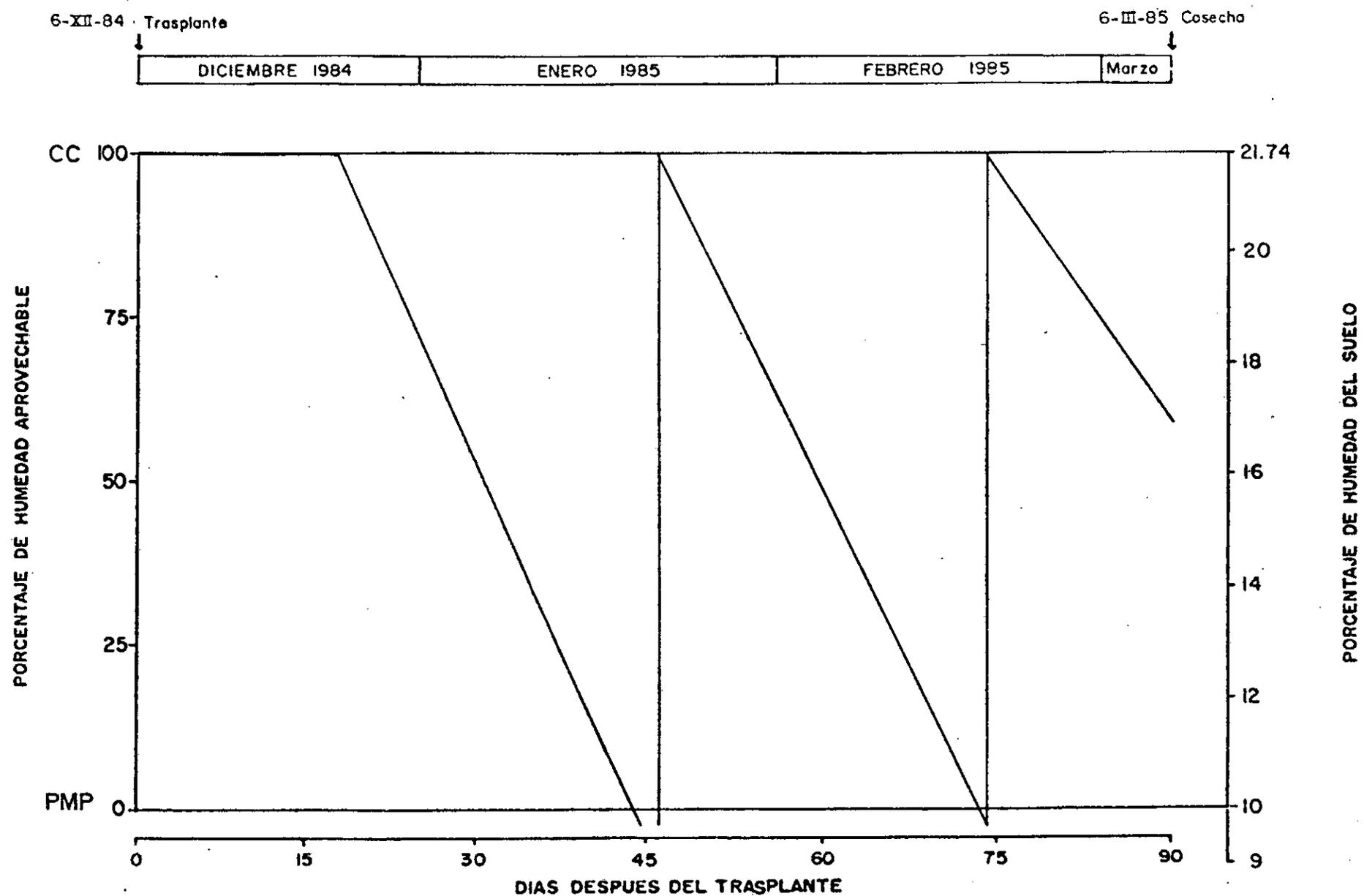


Fig.6 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-28

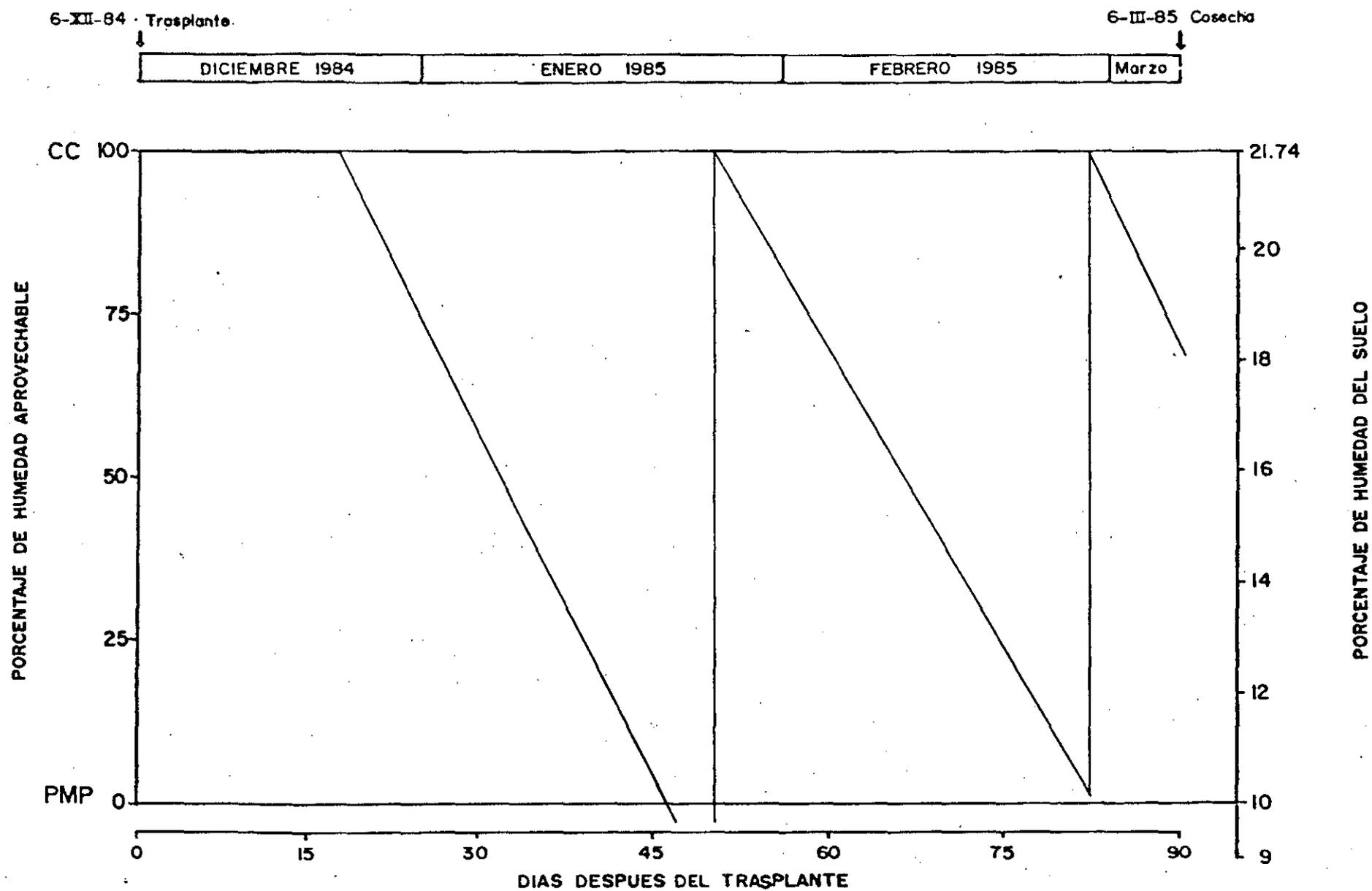


Fig. 7 PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-32

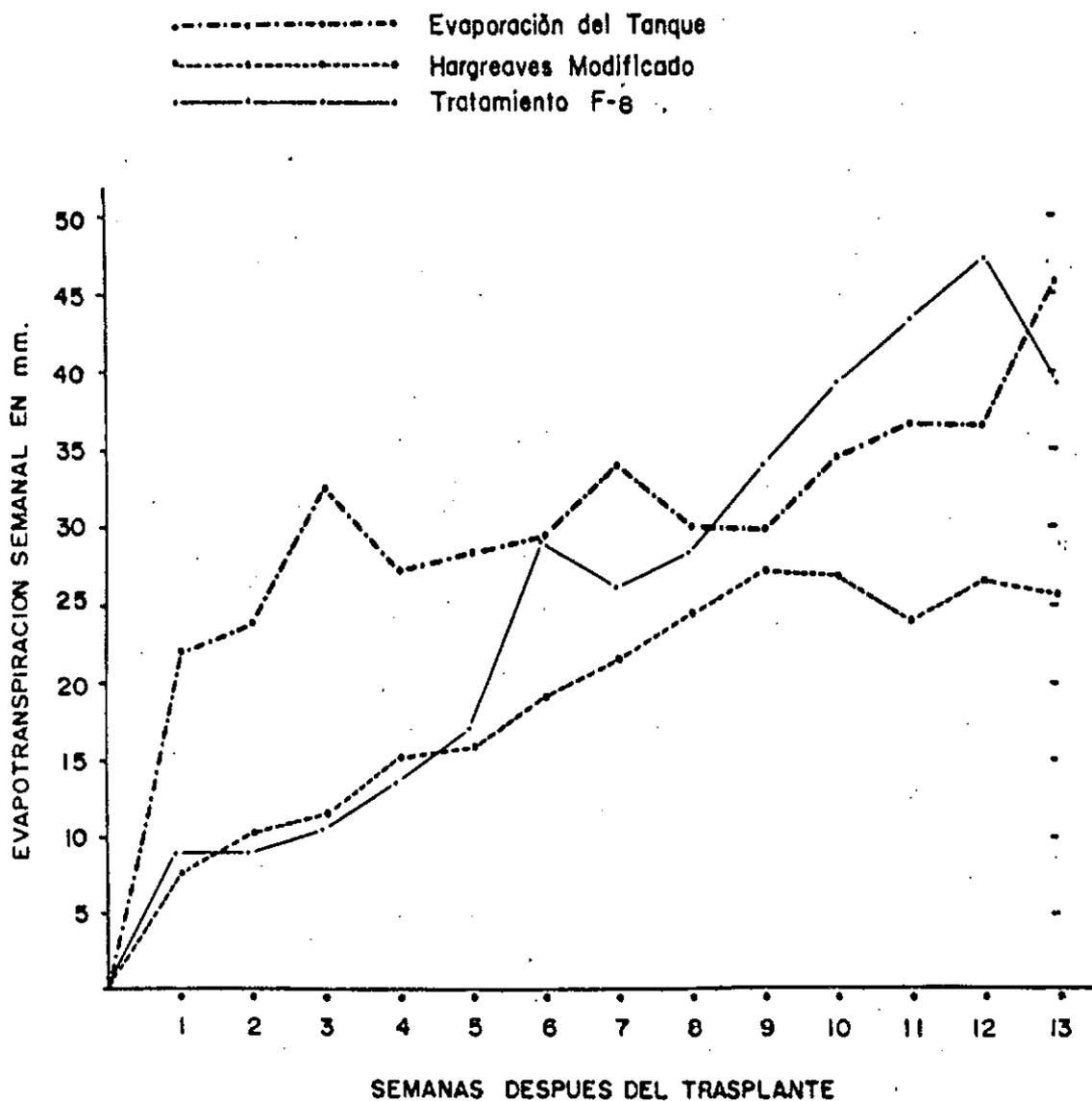


Fig. 8
TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-8 ,
HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

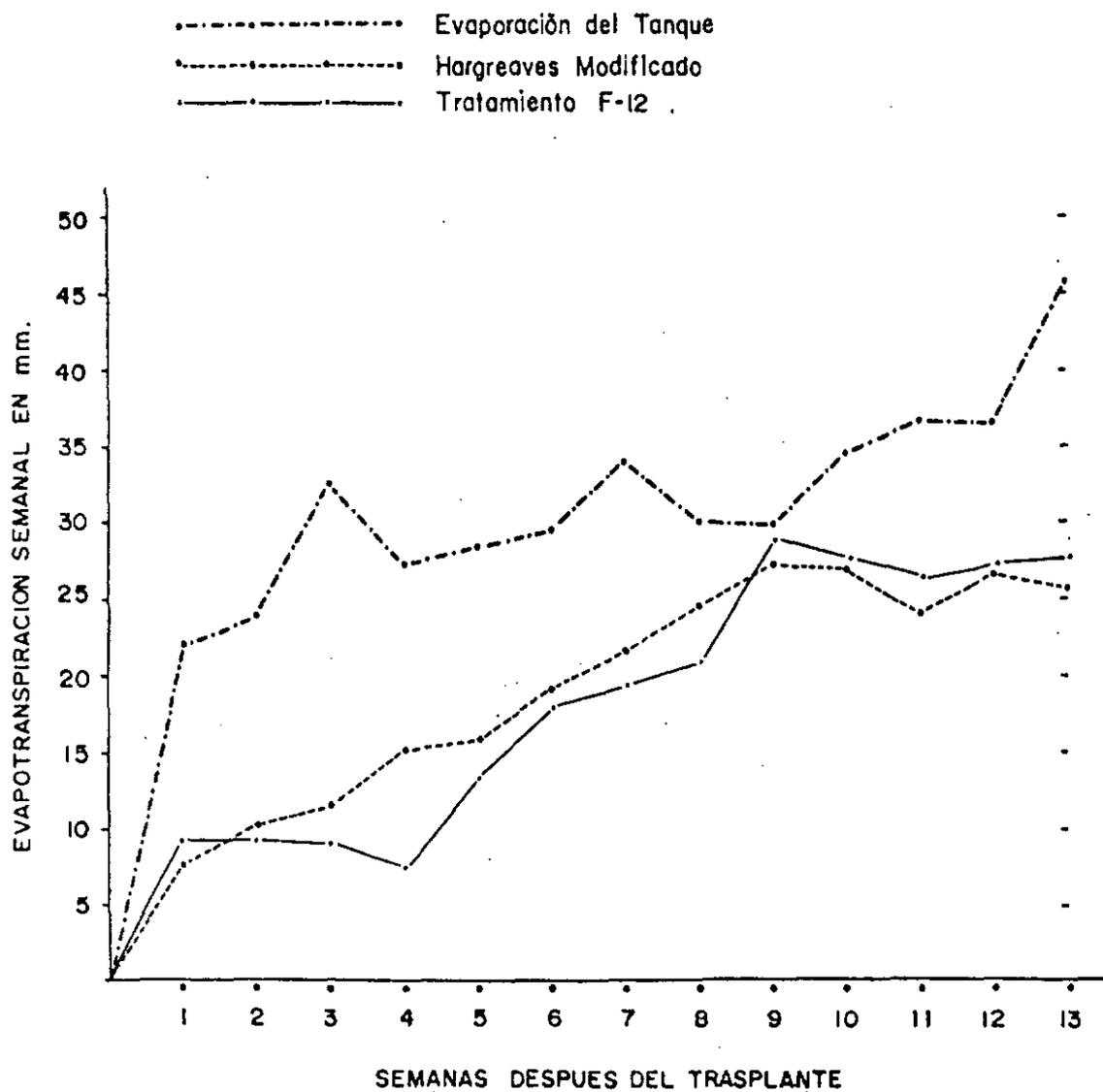


Fig. 9
TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-12 ,
HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

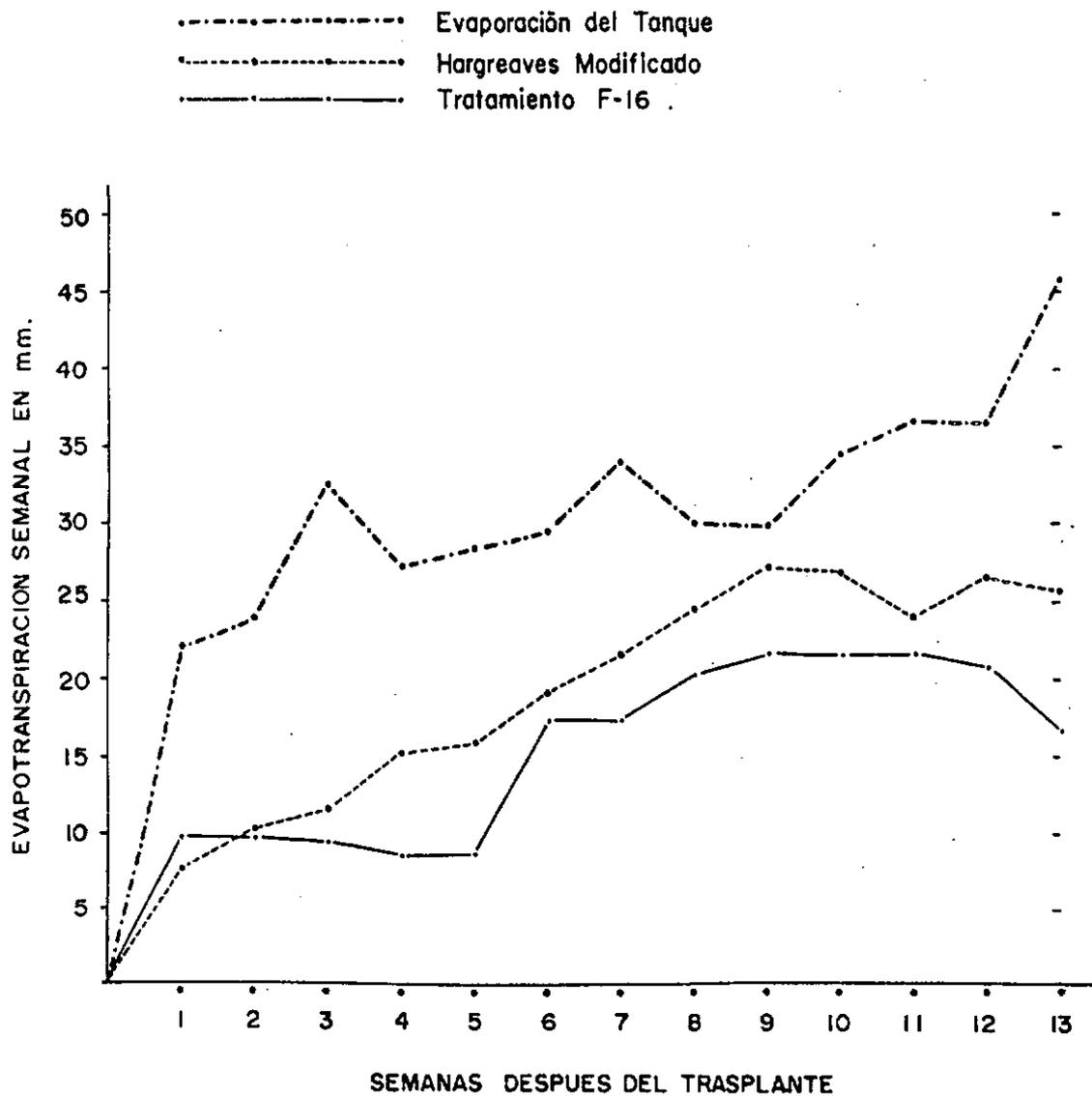


Fig. 10
TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-16 ,
HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

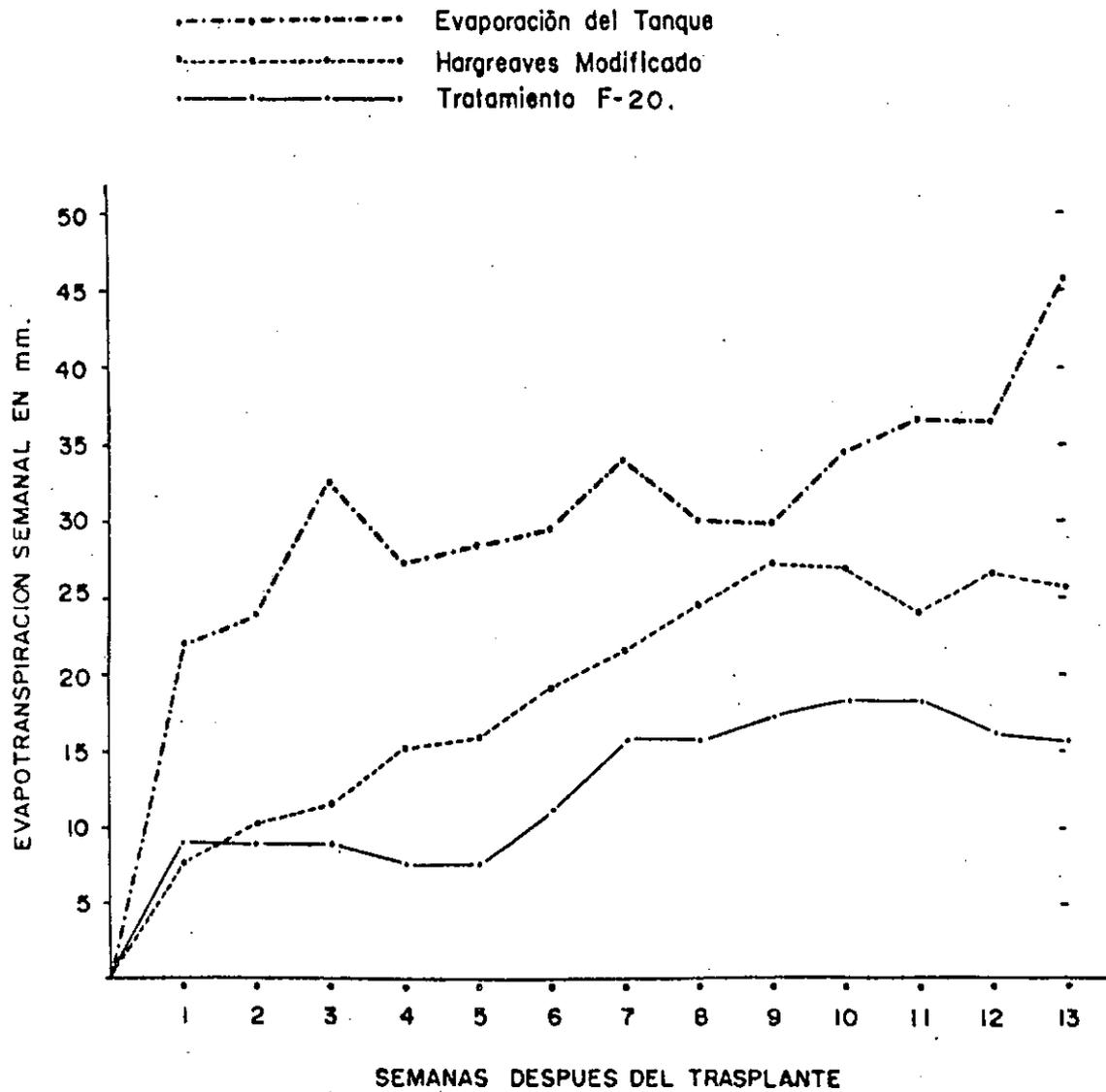


Fig. II
 TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-20,
 HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

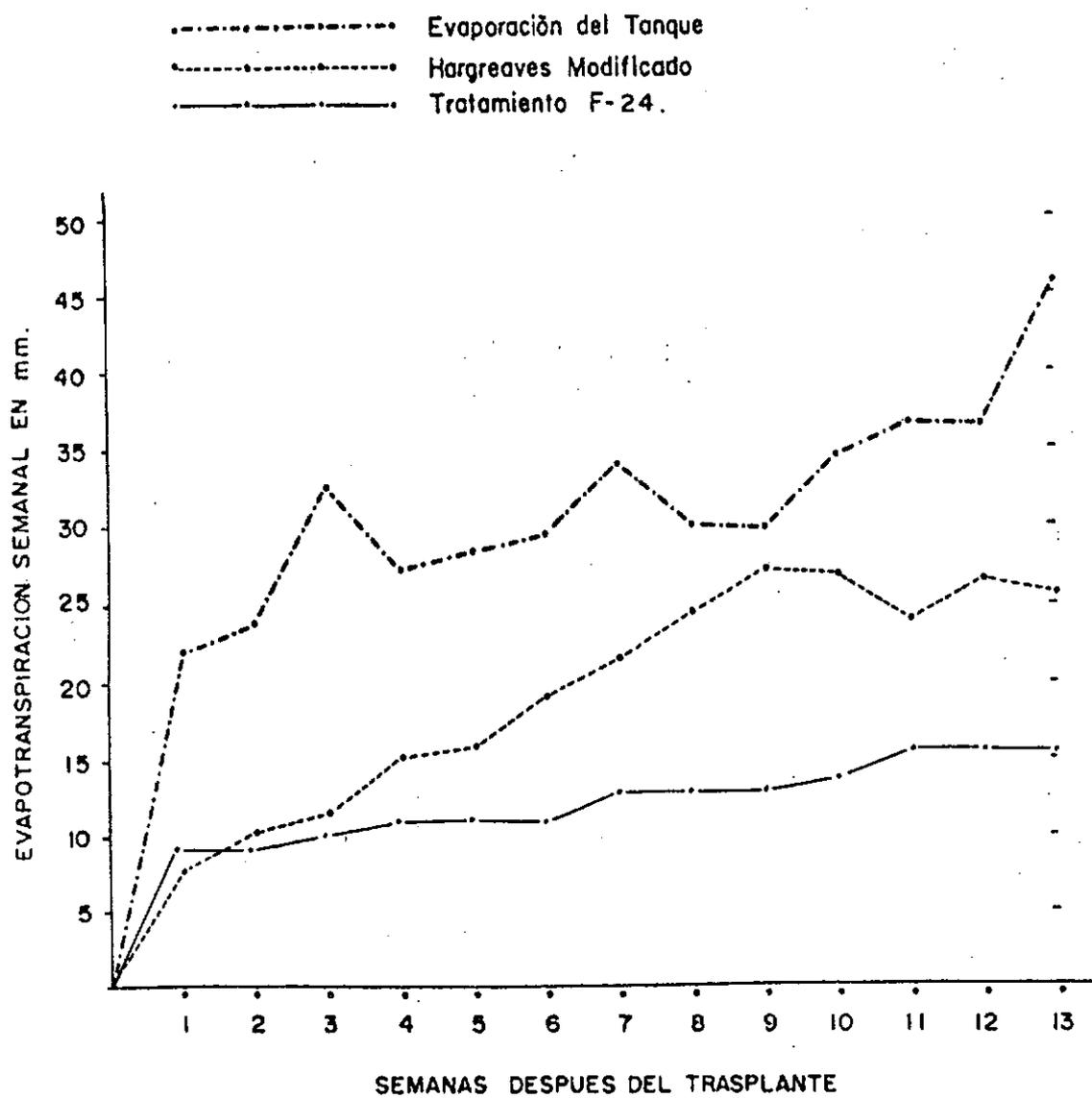


Fig. 12
TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-24,
HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

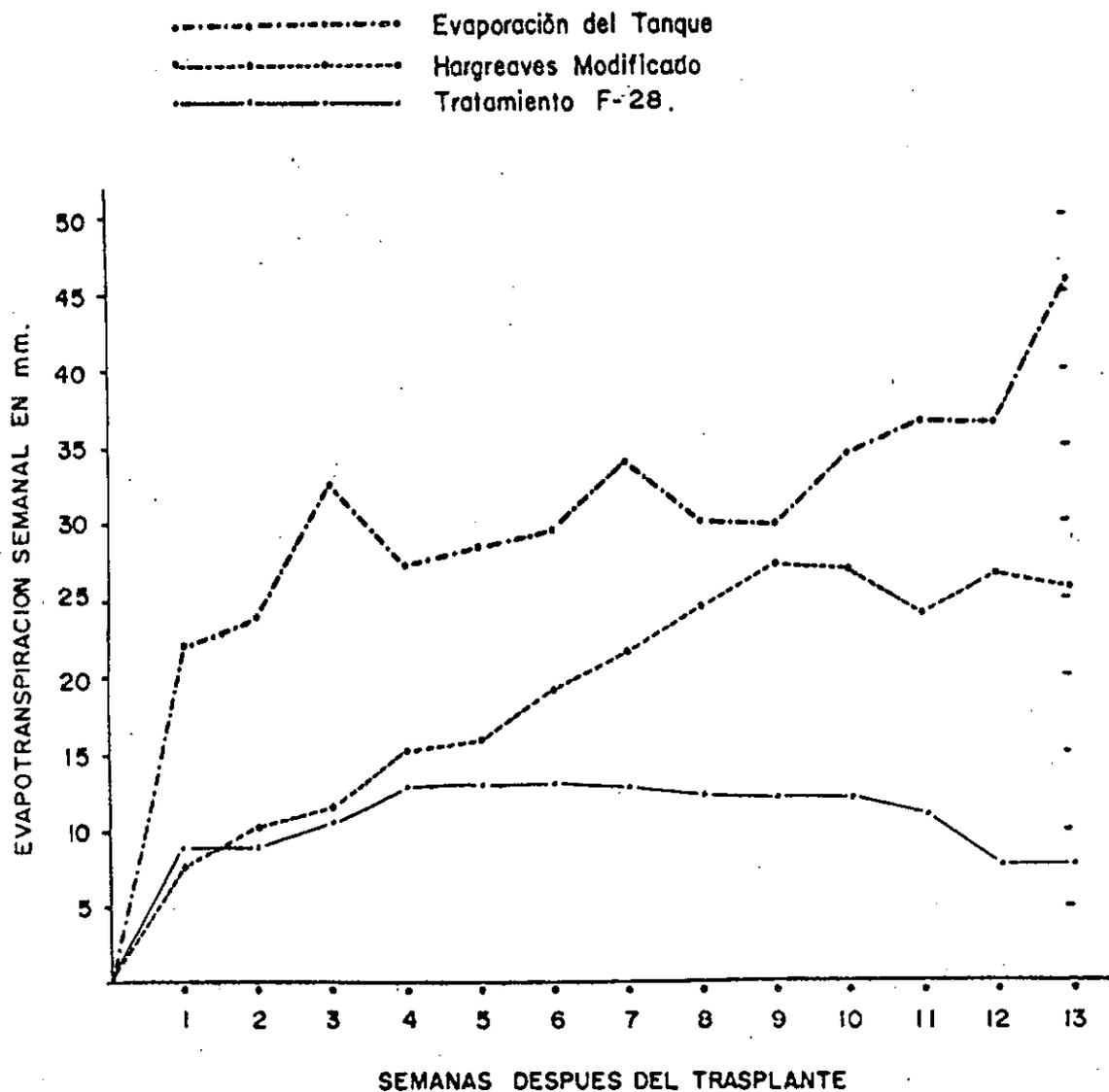


Fig. 13
TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-28,
HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

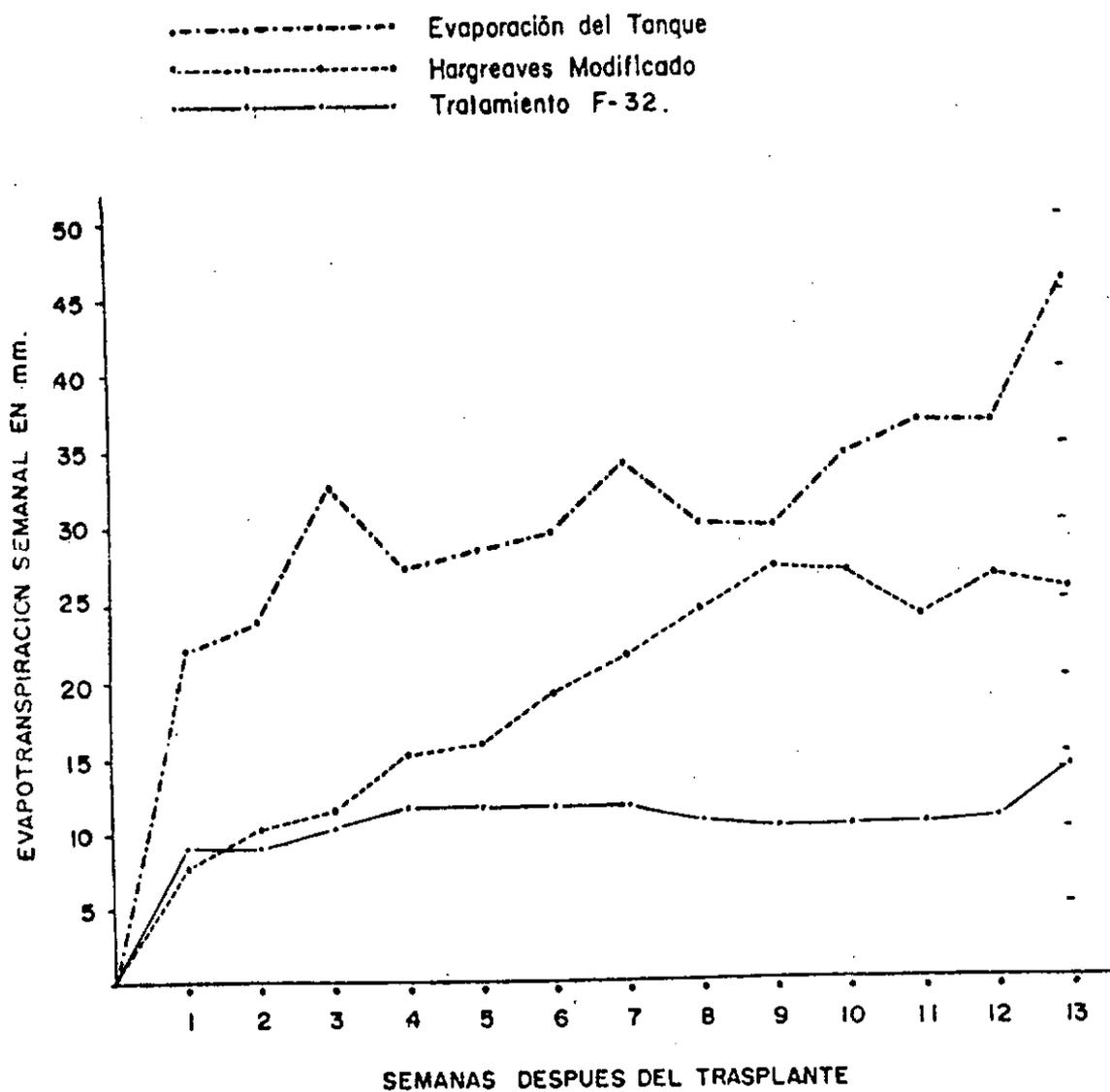


Fig. 14
TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DEL TRATAMIENTO F-32,
HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE "ROSSBACH".

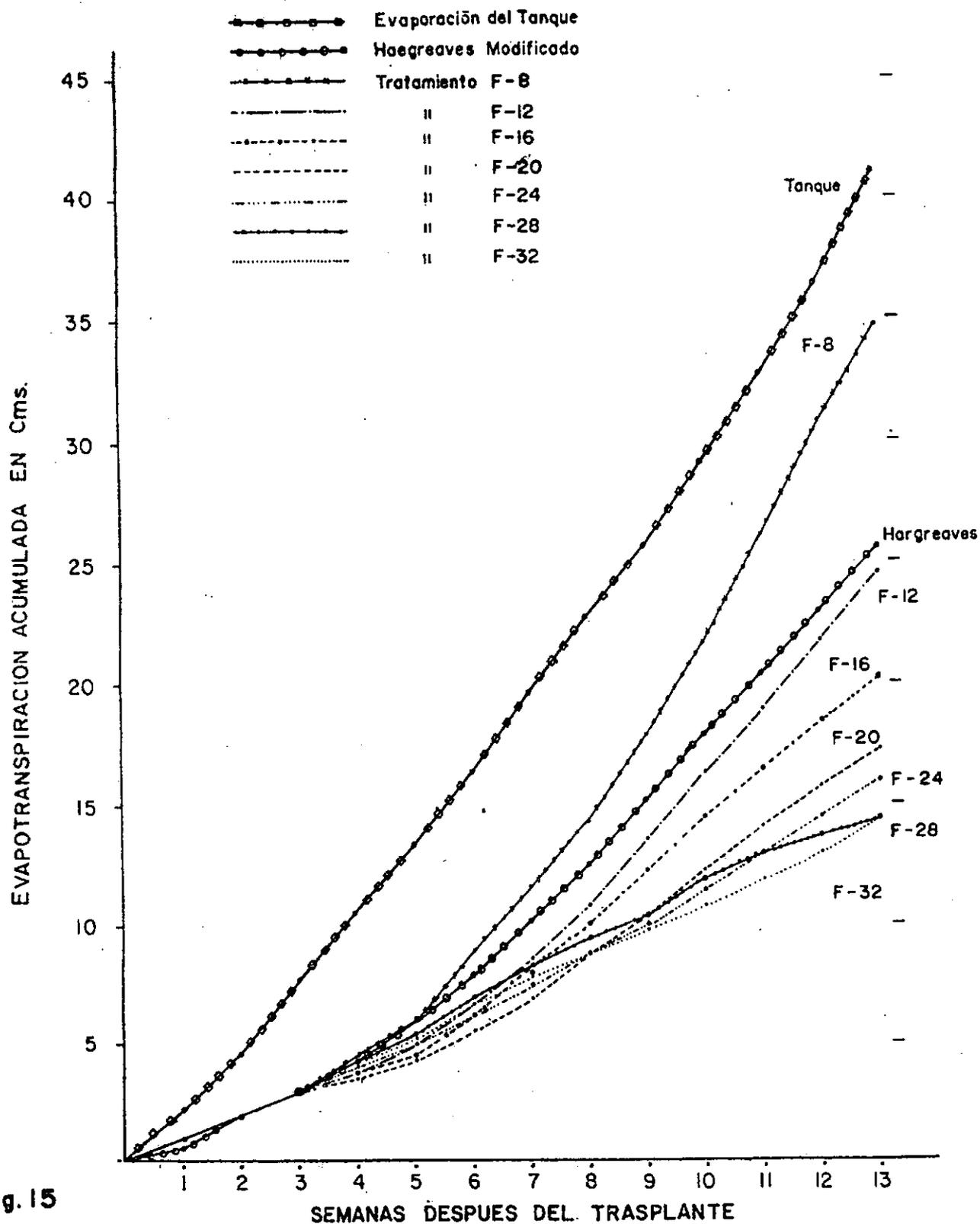


Fig. 15

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL ACUMULADA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, HARGREAVES MODIFICADO Y EVAPORACION DEL TANQUE

Referencia
Asunto
.....



FACULTAD DE AGRONOMIA
 Ciudad Universitaria, Zona 12.
 Apartado Postal No. 1546
 GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"

RECEIVED
 JUN 10 1960
 DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
 GUATEMALA



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