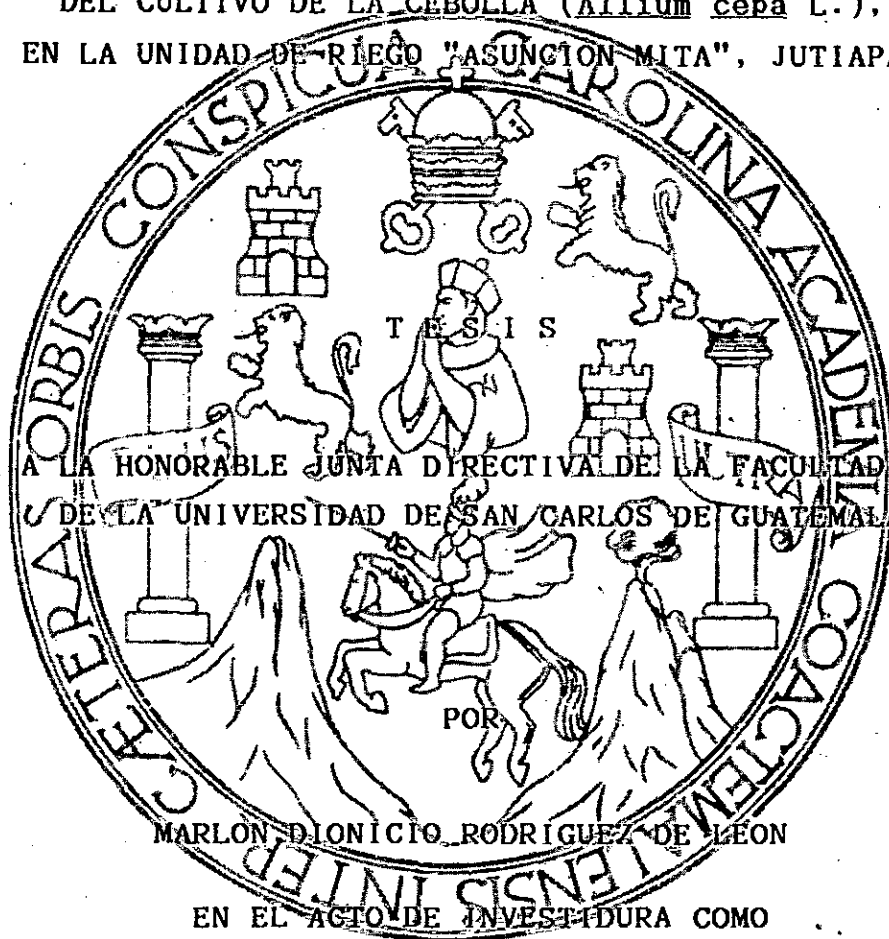


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO  
DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.),  
EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA.

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



MARLON DIONICIO RODRIGUEZ DE LEON

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

Guatemala, octubre de 1.991.

DL  
01  
T(1337)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL I:	Ing. Agr. Mynor Estrada R.
VOCAL II:	Ing. Agr. Waldemar Nufio R.
VOCAL III:	
VOCAL IV:	P.A. Alfredo Itzep M.
VOCAL V:	P.A. Francisco Ibarra C.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Marco Romilio Estrada M.

Guatemala, septiembre de 1,991.

Señores:

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía

Respetables señores:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO  
DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA (Allium cepa L.),  
EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA.

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

Atentamente,

  
Marlon Dionicio Rodríguez de León.

## ACTO QUE DEDICO

A: Dios, fuente de luz y sabiduría

A MIS PADRES: Nery Ramiro Rodríguez Ramírez  
Marta Lubia de Rodríguez

Por el incondicional apoyo moral y económico que me brindaron durante la carrera, Son un ejemplo de amor y responsabilidad, y por ello éste triunfo más que mío es de ustedes

A MIS HERMANOS: Nery Oswaldo, Edgar Manolo y Lubia Adalgisa

A MIS FAMILIARES:

A MI NOVIA: Milvia A. Calderón Portillo

A MIS AMIGOS: En especial a:

Adiverth Martínez, César Castillo, Byron Girón, Byron Marroquín, David Portillo, Edgar Pérez, Efraín Palma, Florentín Castillo, Fernando Argueta, Guillermo Ortíz, Hilda Meza, Mynor Arrivillaga, Sénder Escobar, Mynor Recinos, Mario Coroxón.

TESIS QUE DEDICO

- A: MI PATRIA GUATEMALA
- A: ASUNCION MITA, JUTIAPA
- A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA
- A: LA ESCUELA DE FORMACION AGRICOLA DE SAN MARCOS

## AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES:

Ing. Agr. Msc. Jorge E. Sandoval Illescas.  
Ing. Agr. David A. Pineda Herrera.

Por su valiosa asesoría, supervisión, revisión y toda la ayuda desinteresada que brindaron en el desarrollo de ésta investigación.

A LOS INGENIEROS  
AGRONOMOS:

Ronald Estrada Hurtarte, Fernando Mazariegos Luna, Carlos Roberto Motta de Paz, Fredy Hernández Ola.

Por su amistad y orientación profesional.

A LOS SEÑORES:

Edgar Menéndez, Lenin Rodríguez.

Por su valiosa colaboración en la ejecución de la investigación.

# CONTENIDO

## PAGINA

RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1. MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1. Exigencias de humedad de la cebolla	4
3.1.2. Investigación realizada en frecuencias de riego en Guatemala	4
3.1.3. Evapotranspiración	7
3.1.3.1. Evapotranspiración real y potencial	7
3.1.3.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET <sub>o</sub> ) y máxima (ET <sub>m</sub> )	8
3.1.4. Coeficiente de cultivo (K <sub>c</sub> )	9
3.1.5. Método de Hargreaves modificado para determinar evapotranspiración	9
3.2. MARCO REFERENCIAL	11
4. OBJETIVOS	13
5. HIPOTESIS	14
6. METODOLOGIA	15
6.1. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO	15
6.2. MANEJO DEL CULTIVO	16
6.2.1. Almacigo o semillero	16
6.2.2. Preparación del terreno	16
6.2.3. Trasplante	16
6.2.4. Distancias de siembra	16
6.2.5. Control de plagas y enfermedades	16
6.2.6. Control de malezas	17
6.2.7. Fertilización	17
6.2.8. Cosecha	17
6.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	17
6.3.1. Area del experimento	17
6.3.2. Modelo estadístico	18
6.4. VARIABLES RESPUESTA	18

6.5.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	19
6.5.1.	Control de la humedad del suelo y aplicación de los riegos	19
6.5.2.	Lámina de agua a reponer en cada riego	19
6.5.3.	Volúmen de agua a aplicar en cada riego	21
6.5.4.	Tiempo de riego para cada parcela	21
6.6.	ANALISIS DE RESULTADOS	21
7.	RESULTADOS	23
7.1.	VARIABLES RESPUESTA	23
7.1.1.	Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea	24
7.1.2.	Rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea	24
7.1.3.	Número de plantas vivas por parcela útil al final del ciclo	25
7.2.	USO DEL AGUA POR EL CULTIVO	25
7.2.1.	Riegos y láminas aplicadas	25
7.2.2.	Agotamiento de la humedad aprovechable	27
7.3.	COMPARACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION MEDIDA CON LA CALCULADA POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA	28
7.4.	CALCULO DEL COEFICIENTE "C" DE LA RELACION EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION	28
8.	CONCLUSIONES	30
9.	RECOMENDACIONES	31
10.	BIBLIOGRAFIA	32
11.	APENDICE	34



# INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Epoca de siembra-cosecha, lugar y tipo de suelo en que se realizaron los experimentos en cebolla	5
2	Valores de evapotranspiración total (mm) de los cuatro experimentos realizados en cebolla	6
3	Rendimiento de bulbos en tm/ha de los cuatro experimentos realizados en cebolla	6
4	Propiedades físicas del suelo	15
5	Resultados del análisis químico del suelo	15
6	Resultados promedio de las variables respuesta	23
7	Número de riegos, láminas de agua aplicadas y calculadas con la fórmula de Hargreaves modificada en 1977 y láminas consumidas en el campo, para los cinco tratamientos	26
8	Relación evapotranspiración/evaporación para las diferentes etapas fenológicas del cultivo obtenida con el promedio de los tratamientos f-7 y f-10	29
9 "A"	Resultados de rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, para cada tratamiento y repetición	35
10 "A"	Análisis de varianza para el rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea	35
11 "A"	Prueba de Tukey para rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea	35

12 "A"	Resultados de rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea para cada tratamiento y repetición	36
13 "A"	Análisis de varianza para el rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea	36
14 "A"	Prueba de Tukey para rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea	36
15 "A"	Radiación extraterrestre en mm/día (Ra)	37
16 "A"	Coefficiente de cultivo (Kc)	38

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1 "A"	Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos	39
2 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento f-7	40
3 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento f-10	41
4 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento f-13	42
5 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento f-16	43
6 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable y del suelo, para el tratamiento f-19	44

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA (Allium cepa L.), EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA

EFFECT OF FIVE FREQUENCIES OF IRRIGATION ON THE YIELD OF CROP (Allium cepa L.), AT THE IRRIGATION DISTRICT "ASUNCION MITA", JUTIAPA.

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación sobre el efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento del cultivo de la cebolla (Allium cepa L.), se realizó en la unidad de riego del valle de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; durante el período comprendido del mes de noviembre de 1,990 a marzo de 1,991, en un suelo de textura franco arcillo arenoso.

Las frecuencias de riego evaluadas fueron: 7, 10, 13, 16 y 19 días las cuales se distribuyeron en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones, teniendo un total de 20 unidades experimentales.

La cantidad o lámina de agua aplicada en cada riego y durante todo el ciclo del cultivo, se determinó mediante la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977.

El efecto de las distintas frecuencias de riego, se determinó a través de la medición de las 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.

Al evaluar el efecto de las cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento del cultivo de la cebolla, para la época y condiciones edáficas y climáticas de la zona donde se efectuó el experimento, se determinó que la frecuencia regada cada 7 días produjo el mayor rendimiento de bulbos y plantas completas, siendo de 21.32 tm/ha y 39.72 tm/ha, respectivamente. Con relación a la variable respuesta número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo, se determinó que las frecuencias de riego evaluadas, no afectan ésta variable.

La evapotranspiración calculada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977, es diferente a la medida en todos los tratamientos. Por lo que se concluye que dicha fórmula no se adapta para estimar la evapotranspiración en el área.

Al cuantificar la evapotranspiración en los diferentes tratamientos puede notarse que la cantidad o lámina de agua aplicada y consumida durante el ciclo del cultivo de la cebolla, tiende a disminuir conforme se alarga el intervalo de riego, alcanzando valores de 369.52 mm y 310.90 mm; respectivamente, para el tratamiento regado cada 7 días, hasta 293.15 mm y 114.67 mm; respectivamente, para el tratamiento regado cada 19 días.

En la relación evapotranspiración medida versus evaporación del tanque tipo "A", el coeficiente "C" promedio, para los tratamientos regados cada 7 y 10 días, por ser los de mejores rendimientos, fue de: 0.43 para la etapa inicial, 0.44 para el desarrollo del cultivo; 0.58 para mediados del período y 0.64 para finales del período.

Finalmente se recomienda continuar generando investigación de éste tipo para la misma región en el cultivo de la cebolla y otros cultivos de similar importancia económica, hasta lograr suficiente información en cuanto a necesidades de agua de los cultivos.

## 1 . INTRODUCCION

En la mayoría de las unidades de riego del país, incluyendo la que opera en el valle de Asunción Mita, se ha venido regando en una forma empírica, sin atender ningún criterio técnico. En tal sentido, el agricultor tiende a aplicar cantidades excesivas de agua a intervalos de riego generalmente cortos, según su criterio y costumbre, lo cual da como resultado un mal manejo de éste recurso, el cual se traduce en desperdicios y daños al sistema suelo-planta.

En tal sentido, la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Instituto de Investigaciones Agronómicas, inició en el año de 1,982 el proyecto de investigación en frecuencias de riego, como una respuesta a la falta de investigación sobre el uso del agua en nuestro país.

Hasta el mes de abril de 1,991, se han ejecutado 33 experimentos en 8 regiones del país, en los cultivos de: tomate, tabaco, cebolla, chile pimiento, zanahoria, brócoli, maíz, pepino, frijol, melón y remolacha.

Sin embargo, los resultados obtenidos en dichas investigaciones no pueden ser considerados como conclusiones determinantes, por lo tanto, se hace necesario generar más investigación en frecuencias de riego, de tal manera que se cubran las zonas y cultivos principales bajo riego del país, hasta obtener resultados consistentes y confiables.

La unidad de riego del Valle de Asunción Mita, inició sus operaciones en enero de 1,965, siendo en la actualidad una de las más antiguas de nuestro país. En los 25 años de operación la investigación en ésta a sido muy escasa, por lo que se hace necesario planificar y ejecutar proyectos que permitan resolver la problemática anteriormente expresada.

El presente estudio se realizó en la unidad de riego del Valle de Asunción Mita, se evaluó el efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento del cultivo de la cebolla (Allium cepa L.), el cual representa uno de los cultivos de mayor importancia económica en el área. Teniendo en un momento determinado que regar simultáneamente bastante

área se hace indispensable investigar las frecuencias propuestas y en la época referida, para proponer la frecuencia de riego que contribuya a hacer un uso más eficiente del recurso agua en la unidad de riego, cuya área potencial es de 850 hectáreas, las cuales son irrigadas por gravedad.

El estudio se desarrolló en el período comprendido del mes de noviembre de 1,990 a marzo de 1,991.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La unidad de riego del Valle de Asunción Mita, Jutiapa; inició sus operaciones en el año de 1965. En los 25 años de existencia de ésta, los usuarios de la misma han regado sus cultivos de una manera empírica; aplicando láminas no adecuadas a intervalos de riego generalmente cortos.

Los desperdicios de agua debido al exceso de riego, provocan daños tanto al suelo como a la planta, sin tener menor importancia la erosión, el efecto económico y otros.

Claramente ésto es evidente, el sobre-riego que se produce al dar mayores láminas a las óptimas a frecuencias inadecuadas, se refleja en la poca área que se riega, porque no alcanza el volúmen entregado, quedando muchos usuarios sin riego.

Por lo expresado anteriormente se hizo necesario realizar la presente investigación, con el propósito de determinar las láminas y frecuencias de riego óptimas que respondan a las necesidades del cultivo de la cebolla (Allium cepa L.), el cual representa uno de los cultivos de mayor importancia económica para el área.



### 3 . MARCO TEORICO

#### 3.1. MARCO CONCEPTUAL.

##### 3.1.1. EXIGENCIAS DE HUMEDAD DE LA CEBOLLA.

Withers y Vipond (14), consideran que la profundidad típica de enraizamiento, para extraer el agua del suelo para el cultivo de la cebolla es de 0.30 m, dicho valor está referido al desarrollo no restringido de las raíces en los suelos fértiles con buen drenaje.

Doorenbos y Kassam (2), aseguran que el cultivo de la cebolla es sensible al deficit de agua, durante el período de formación de la cosecha, especialmente durante el período de crecimiento del bulbo. El cultivo de la cebolla, consume el agua a una tasa de evapotranspiración de 5-6 mm/día, reduciéndose cuando se ha agotado el 25 % del agua disponible en el suelo, para mantener un alto porcentaje de rendimiento de buena calidad, éste cultivo necesita un suministro de agua controlado y frecuente durante todo el período vegetativo.

De acuerdo a Withers y Vipond (14), el cultivo de la cebolla, es sensible a la humedad durante el desarrollo de bulbos. En un suelo uniforme, se produce mayor desarrollo radicular en los estratos superiores que en cualquier otro punto.

##### 3.1.2. INVESTIGACION REALIZADA EN FRECUENCIAS DE RIEGO EN GUATEMALA.

La facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA), a ejecutado en el período 1,982-1,987, específicamente en el proyecto de frecuencias de riego y evapotranspiración, 20 experimentos en 6 regiones de Guatemala, en los cultivos: Tomate, melón, cebolla, pepino, chile pimiento, maíz, frijol, tabaco y remolacha; habiendo sido todos ellos trabajos a través de investigaciones de tesis (12).

Dentro de éstas investigaciones, cuatro han sido

desarrolladas para el cultivo de la cebolla, variedad chata mexicana, tres de ellas en Bárcena, Villa Nueva y la otra en Monjas, Jalapa; el cuadro 1 muestra las características generales de éstas investigaciones.

CUADRO 1 EPOCA DE SIEMBRA-COSECHA, LUGAR Y TIPO DE SUELO EN QUE SE REALIZARON LOS EXPERIMENTOS EN CEBOLLA.

EXPERIMENTO	SIEMBRA-COSECHA	LUGAR	SUELO	ESTUDIANTE INVESTIGADOR
Cebolla I	Dic/83-Feb/84	Bárcena Villa N.	Franco arcilloso	Francisco Sánchez
Cebolla II	Dic/84-Marzo/85	Bárcena Villa N.	Franco arcilloso	Mario Sagastume
Cebolla III	Ene/87-Abril/87	Monjas Jalapa	arcilloso	David Pineda
Cebolla IV	Dic/87-Feb/88	Bárcena Villa N.	Franco arcilloso	Mario Zavala

FUENTE: Sandoval Illescas, J.E. (12)

En el cuadro 2 se presentan los valores de evapotranspiración total (mm) de los cuatro experimentos realizados en cebolla, por el proyecto de investigación en frecuencias de riego y evapotranspiración del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CUADRO 2 VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION TOTAL (MM) DE LOS CUATRO EXPERIMENTOS REALIZADOS EN CEBOLLA.

FRECUENCIA DE RIEGO (días)	CEBOLLA I (Bárcena)	CEBOLLA II (Bárcena)	CEBOLLA III (Monjas)	CEBOLLA IV (Bárcena)
4	194			
8	220	347	279	278
12	175	245	209	198
16	241	203	184	179
20	161	173	179	155
24	70	161	173	144
28		146	160	134
32		142	154	115

FUENTE: Pineda Herrera, D.A. (9)  
 Sagastúme Garza, M.B. (10)  
 Sánchez Chávez, J.F. (11)  
 Zavala Cuevas, M.R. (15)

En el cuadro 2 puede observarse que invariablemente los valores de evapotranspiración en los cuatro experimentos, es menor a medida que se alarga el intervalo de riego.

El cuadro 3 resume los rendimientos de bulbos en tm/ha obtenidos en los cuatro experimentos.

CUADRO 3 RENDIMIENTO DE BULBOS EN T.M./HA DE LOS CUATRO EXPERIMENTOS REALIZADOS EN CEBOLLA.

FRECUENCIA DE RIEGO (días)	CEBOLLA I (Bárcena)	CEBOLLA II (Bárcena)	CEBOLLA III (Monjas)	CEBOLLA IV (Bárcena)
4	25.6			
8	29.8	29.8	27.1	25.6
12	25.2	25.9	23.7	25.2
16	25.2	25.4	21.6	20.9
20	21.3	20.3	17.6	18.2
24	17.7	17.9	15.6	16.6
28		15.0	13.3	13.2
32		13.7	----	12.3

Fuente: Pineda Herrera, D.A. (9)  
Sagastume Garza, M.B. (10)  
Sánchez Chávez, J.F. (11)  
Zavala Cuevas, M.R. (15)

Para la zona de Bárcena es conveniente hacer notar la gran similitud de los resultados obtenidos en los experimentos I y II. Regando con una frecuencia de 8 días se producen 29.8 tm/ha y regando cada 12 y 16 días se obtienen cerca de 25.5 tm/ha, rendimiento que es considerado bueno. La cebolla sembrada en Monjas y regada cada 8 días produjo 27.1 tm/ha, rendimiento que si presenta diferencia estadísticamente significativa con la regada cada 12 días, que 23.7 tm/ha rendimiento considerado aún bueno (12).

### 3.1.3. EVAPOTRANSPIRACION.

Israelsen y Hansen (8), coinciden con la mayoría de autores, definen el término evapotranspiración como la suma de evaporación de agua del suelo y de la transpiración de las plantas. El volumen de agua transpirado por las plantas depende de la temperatura, humedad del aire, régimen de vientos, intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de las plantas, de su follaje y de la naturaleza de las hojas.

#### 3.1.3.1. Evapotranspiración real y potencial.

Penman, citado por Grassi (3), define dos tipos de evapotranspiración la potencial y la real. Con relación a la evapotranspiración potencial (ETP), la define como la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta totalmente 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. Con respecto a la evapotranspiración real o del cultivo (ETR ó ETC), las variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, las condiciones edáficas y los niveles de humedad del suelo, tanto en espacio como en

tiempo, modifican la definición anterior de evapotranspiración potencial, actuando como factores reductores de la misma.

$$ETR = Kc \cdot ETP$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real (mm/día)

Kc = Coeficiente de cultivo, se obtiene de cuadro 16 de apéndice. Y depende del cultivo, de la etapa de desarrollo de éste, y en cierta medida, de la velocidad del viento y la humedad.

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/día)

Withers y Vipond (14), consideran que los valores típicos de evapotranspiración para climas templados es de 1.0 a 3.0 mm/día, en el trópico húmedo de 5.0 a 8.0 mm/día y en las regiones áridas de 10.0 a 12.0 mm/día.

### 3.1.3.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) y máxima (ET<sub>m</sub>).

Doorenbos y Kassam (2), indican que la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) representa la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa cubierta de hierba verde de 8 a 15 cm de altura, que ésta creciendo activamente, que sombrea completamente el terreno y que no escasea de agua.

La evapotranspiración máxima (ET<sub>m</sub>), se refiere a aquellas condiciones en que el agua es la conveniente para un crecimiento y desarrollo sin limitaciones; ET<sub>m</sub> representa la tasa de evapotranspiración máxima de un cultivo sano, que crece en grandes campos y en condiciones óptimas de ordenación agronómica y de riego.

Para un clima determinado, y para un cultivo y

etapa de desarrollo de éste, la evapotranspiración máxima (ETm) en mm/día del período considerado es:

$$ETm = Kc \cdot ETo$$

#### 3.1.4. COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc).

Doorenbos y Kassam (2), manifiestan que el valor de Kc varía con el cultivo, con la etapa de desarrollo de éste, y en cierta medida, con la velocidad del viento y la humedad.

Para la mayoría de cultivos el valor de Kc aumenta desde un valor reducido en el momento de la nascencia hasta un valor máximo durante el período en que el cultivo alcanza su pleno desarrollo y declina a medida que madura el cultivo.

El coeficiente de cultivo (Kc) que relaciona la evapotranspiración de referencia (ETo) con las necesidades de agua (ETm), tiene los valores siguientes en las distintas etapas de desarrollo que siguen al trasplante, para el cultivo de la cebolla: En la etapa inicial, 0.4-0.6 (15 a 20 días); en la etapa de desarrollo del cultivo, 0.7-0.8 (25 a 35 días); en la etapa de mediados del período, 0.95-1.1 (25 a 45 días); en la etapa de finales de temporada, 0.85-0.9 (35 a 45 días); y en la recolección, 0.75 a 0.85.

#### 3.1.5. METODO DE HARGREAVES MODIFICADO PARA DETERMINAR EVAPOTRANSPIRACION.

Israelsen y Hansen (8), mencionan para determinar la evapotranspiración los métodos directos siguientes: Tanques y lisímetros, parcelas experimentales, método de integración, método de entradas y salidas para grandes extensiones.

Los métodos indirectos estiman la evapotranspiración en función de datos climáticos, Israelsen y Hansen (7), reportan los siguientes: Método de Penman, Blaney Criddle, Hargreaves, evaporación del tanque y método de Thornthwaite.

De acuerdo a Hargreaves (6), la utilización de fórmulas complicadas para determinar la evapotranspiración,

entorpecen el trabajo del riego donde se requiere resultados en forma inmediata, sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados.

Las investigaciones desarrolladas por George H. Hargreaves (5), se han orientado a la forma de determinar los requerimientos de evapotranspiración de los cultivos. La fórmula propuesta inicialmente por Hargreaves (1,956) permite calcular el uso del agua por la planta en función de diferentes factores climáticos. En el año 1,966 su autor introdujo factores adicionales he hizo correcciones a la fórmula (6).

A partir de 1,977 y años subsiguientes Hargreaves ha formulado varias ecuaciones para calcular la evapotranspiración potencial.

En 1,977 Hargreaves (5), formuló la ecuación que sirve para determinar la evapotranspiración potencial, siendo ésta la siguiente:

$$ETP = 2 \times 10^{-3} Ra(1.8T_{med} + 32)(100 - HR_{med})^{0.25}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/día)

Ra = Radiación extraterrestre expresada en equivalente de evaporación (mm/día) de acuerdo a la latitud lugar y mes. Se obtiene de cuadro 15 del apéndice.

T<sub>med</sub> = Temperatura media (°C)

HR<sub>med</sub> = Humedad relativa media (%)

Esta fórmula tiene la ventaja de ser simple y usar datos climáticos de temperatura media y humedad relativa media, los cuales están disponibles en estaciones meteorológicas tipo "B", por ésta razón ésta ecuación se uso en éste experimento. La fórmula puede ser usada para calcular ETP diaria, hasta mensual.

Además los resultados obtenidos con la fórmula desarrollada por Hargreaves en 1,977 correlaciona muy bien con las fórmulas planteadas por el mismo autor en 1,983 (6) y 1,986 (7), en las cuales sólo se consideran los datos meteorológicos de temperatura mínima, media y máxima.

En los cuatro experimentos en el cultivo de la cebolla, ejecutados en el proyecto de investigación en frecuencias de riego, la única fórmula verificada es la de Hargreaves modificada en 1,983, llegándose a determinar que ésta estima bien la evapotranspiración si el cultivo se riega cada 12 días en Bárcena, Villa Nueva y cada 8 días en Monjas, Jalapa (12).

### 3.2. MARCO REFERENCIAL.

El presente trabajo de investigación se realizó en la unidad de riego del Valle de Asunción Mita, del departamento de Jutiapa, ubicada a 146 kilómetros de la ciudad capital.

Sus coordenadas geográficas son  $14^{\circ}19'58''$  de latitud norte y  $89^{\circ}42'33''$  de longitud oeste, con una temperatura media anual de 28 grados centígrados, la precipitación pluvial anual es de 1,285 milímetros. Los meses más lluviosos son: mayo, junio, julio, agosto y septiembre, y los más secos: diciembre, enero, febrero y marzo, la humedad relativa media anual es de 71.0 %. El mes de marzo es el menos humedo y la mayor humedad corresponde al mes de julio.

El Valle está situado a una altura sobre el nivel del mar de 450 metros, con un clima cálido seco, dentro de la zona de vida bosque seco sub-tropical, de la clasificación de Holdridge (1).

Según Simmons (13), los suelos pertenecen a la serie Mita caracterizados por ser profundos, mal drenados, desarrollados sobre material máfico de grano fino, en un clima humedo seco, ocupan relieves menos planos y son menos pedregosos que la serie Güija, muy plásticos cuando están humedos y duros cuando secos, estructura granular, con contenido de materia orgánica de 4 %, pH de 5.5-6.0.



La fuente de agua para la unidad de riego la constituye el río Ostúa, siendo el área diseñada y potencial de 1,000 y 850 hectareas respectivamente, las cuales son irrigadas por gravedad.

## 4 - OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL.

Determinar el efecto de las cinco frecuencias de riego, sobre el rendimiento del cultivo de la cebolla, para la época, condiciones edáficas y climáticas del área.

### 4.2. ESPECIFICOS.

- 4.2.1. Determinar la frecuencia de riego más adecuada para el cultivo, época y condiciones del área.
- 4.2.2. Determinar mediante el método de Hargreaves modificado en 1,977, la cantidad o lámina de agua a usar en cada riego y durante todo el ciclo del cultivo.
- 4.2.3. Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
- 4.2.4. Verificar la adaptabilidad de la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977 para el área en la estimación de la evapotranspiración.
- 4.2.5. Establecer la relación evapotranspiración/evaporación para diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con mayores rendimientos.

## 5 . HIPOTESIS

- 5.1. Los rendimientos obtenidos en el cultivo de la cebolla (Allium cepa L.), serán diferentes con la aplicación de las frecuencias de riego: 7, 10, 13, 16 y 19 días.
- 5.2. La evapotranspiración estimada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977, para cada una de las frecuencias de riego, será igual del valor de la evapotranspiración medida en el campo durante todo el ciclo del cultivo.

## 6 . METODOLOGIA

### 6.1. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO.

Tanto para la determinación de las propiedades físicas como químicas del suelo, se tomaron muestras a una profundidad de 0.30 m, debido a que a ésta profundidad se encuentra la zona principal de raíces del cultivo de la cebolla.

Todas las muestras que se tomaron se enviaron a los laboratorios de la disciplina de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y de la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento (DIRYA), del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; para el análisis de fertilidad y determinación de las propiedades físicas: Textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente; respectivamente.

Dichos muestreos y sus respectivos análisis se hicieron de acuerdo a metodologías estandarizadas por los laboratorios en mención.

Las propiedades físicas y químicas del área donde se realizó el experimento se presentan en los cuadros 4 y 5, respectivamente.

CUADRO 4 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

MUESTRA (CMS)	TEXTURA	C.C. (%)	P.M.P. (%)	Da (gr/cc)
0-30	Franco arcillo arenoso	28.48	17.58	1.0893

CUADRO 5 RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO.

ESTRATO (CMS)	pH	Microgramos/ml		meq/100 ml de suelo	
		P	K	Ca	Mg
0-30	6.5	50	458	9.61	3.87

## 6.2. MANEJO DEL CULTIVO.

El cultivo se maneja de acuerdo a las recomendaciones técnicas del ICTA para la región IV (Suroriente) del país (4).

Se usó la variedad chata mexicana, por ser la que más cultivan los agricultores del área, debido a que es la más recomendada (4).

### 6.2.1. Almácigo o semillero.

El semillero se preparó haciendo un tablón de 0.20 m de alto con un ancho de 1.0 m y una longitud de 15 m.

Previo a la siembra el semillero se desinfectó y desinfestó con bromuro de metilo, a razón de 1 libra por 15 m<sup>2</sup>. Tres días después se procedió a la siembra, utilizando para ello 1 libra de semilla, la siembra se hizo al chorrillo, dejando una distancia de 0.10 m entre surcos.

Para el control de plagas y enfermedades se aplicó metamidofos y mancozeb, respectivamente; 10 días después de la siembra a intervalos de 8 días.

### 6.2.2. Preparación del terreno.

Se efectuó una pasada profunda con arado y dos de rastra en forma cruzada, posteriormente se procedió al trazo de las melgas.

### 6.2.3. Trasplante.

La plantilla se trasplantó a los 40 días después de la siembra, cuando tenían una altura aproximada de 15 centímetros.

### 6.2.4. Distancias de siembra.

Entre hileras se dejó una distancia de 0.25 m y entre plantas de 0.15 m. Logrando una densidad de 266,666 plantas/ha.

### 6.2.5. Control de plagas y enfermedades.

Para determinar las dosis de los productos químicos

utilizados, se tomó en consideración las recomendaciones de las casas comerciales, y el plan de manejo de los mismos según recomendaciones técnicas del ICTA (4).

Para el control de plagas se aplicó metamidofos y cyfluthrin, con un intervalo de aplicación de 7 días.

En cuanto al control de enfermedades, éste se realizó aplicando mancozeb, con un intervalo de aplicación igual al utilizado para el control de plagas.

#### 6.2.6. Control de malezas.

Cuando las malezas tenían de 2.0 a 3.0 hojas verdaderas, se aplicó Go-al 2 EC.

A los 30 días después del control químico, se hizo una escarda para romper la costra del suelo y una limpia a mano.

#### 6.2.7. Fertilización.

De acuerdo a las recomendaciones emanadas por el laboratorio de suelos del ICTA, se aplicó 7 qq/mz (10 qq/ha) de fertilizante fórmula compuesta 15-15-15, a los 15 días después del trasplante.

#### 6.2.8. Cosecha.

Se efectuó 90 días después del trasplante.

### 6.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El experimento incluyó 5 tratamientos, los cuales se distribuyeron en un diseño experimental en bloques al azar con 4 repeticiones (Ver figura 1 del apéndice). Siendo los tratamientos las frecuencias de riego: 7, 10, 13, 16 y 19 días, las cuales se identifican en éste documento como: F-7, F-10, F-13, F-16 y F-19; respectivamente.

#### 6.3.1. Area del experimento.

Area total del experimento = 955.5 m<sup>2</sup>

Area neta del experimento = 300 m<sup>2</sup>



## 6.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO.

### 6.5.1. Control de la humedad del suelo y aplicación de los riegos.

Al momento de efectuar el trasplante se regó uniformemente todo el experimento, para que las plántulas tuvieran condiciones adecuadas para su establecimiento.

Durante la primera quincena el cultivo se regó a intervalos de 5 días, después del trasplante. Posteriormente se empezó con las frecuencias de riego establecidas para cada tratamiento.

Todos los riegos se aplicaron utilizando el método de riego por melgas.

Para derivar el agua del canal principal se hizo necesario diseñar y construir un canal secundario, el cual llegó a un costado de la parcela, la conducción del agua a cada una de las unidades experimentales se efectuó a través de tomas terciarias (Ver figura 1 del apéndice).

Con el propósito de contar con un mejor y más eficiente manejo del agua, se utilizaron sifones de plástico rígido (PVC), previamente calibrados, de 1.0 pulgada de diámetro por 1.5 metros de largo y de 3/4 de pulgada de diámetro por 1.5 metros de largo, para las tomas terciarias y unidades experimentales, respectivamente.

El control de la humedad del suelo se efectuó mediante el método gravimétrico. La toma de muestras se realizó 24 horas antes de cada riego, para determinar el consumo de agua entre un riego y el siguiente, además se asumió que 24 horas después del riego el suelo se encontraba a capacidad de campo.

### 6.5.2. Lámina de agua a reponer en cada riego.

Para poder calcular la lámina de agua a reponer en cada tratamiento, se hizo necesario contar inicialmente con datos siguientes:



La radiación extraterrestre expresada en equivalente de evaporación en mm/día (Ra).

La temperatura media diaria en °C (Tmed).

La humedad relativa media en % (HRmed).

Las cuales fueron sustituidas en la fórmula siguiente:

$$ETP = 2 \times 10^{-3} Ra(1.8Tmed + 32)(100 - HRmed)^{0.25}$$

La temperatura media y la humedad relativa media, se tomaron de la estación meteorológica tipo "B", existente en el área donde se efectuó el estudio, a una distancia de aproximadamente 500 metros de las unidades experimentales.

En cuanto a la obtención de los valores de Ra, se usaron los datos del cuadro 15 del apéndice, dado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), 1,974.

Luego se procedió a calcular la evapotranspiración máxima del cultivo (ETm), la cual resultó de multiplicar ETP . Kc, o sea, aplicando la fórmula siguiente:

$$ETm = ETP \cdot Kc$$

Donde:

ETm = Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc = Coeficiente de cultivo (Adimensional)

El coeficiente de cultivo (Kc), se obtuvo del estudio FAO: Riego y drenaje No. 33 "Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos" (2). Ver cuadro 16 del apéndice.

La lámina neta de agua a reponer en cada riego o lámina de auxilio, (La) fue la suma de la evapotranspiración máxima

entre un riego y el subsiguiente.

También la evapotranspiración se midió en el campo, mediante muestreo de suelo, el cual se efectuó 24 horas antes de cada riego, además se asumió que 24 horas después del riego, el suelo había alcanzado el porcentaje de humedad a capacidad de campo.

#### 6.5.3. Volúmen de agua a aplicar en cada riego.

El volúmen de agua a aplicar en cada riego, se determinó a través de la fórmula siguiente:

$$\text{Vol} = A \times \text{La} \times 1000$$

Donde:

Vol = Volúmen de agua requerido.

A = Area de cada unidad experimental (m<sup>2</sup>).

La = Lámina de agua a reponer en cada riego (m).

1000 = Constante que transforma de m<sup>3</sup> a litros.

#### 6.5.4. Tiempo de riego para cada parcela.

Al conocer el caudal de entrada a cada una de las tomas terciarias, se calculó el tiempo de riego (Tr), para cada una de las parcelas, usando la fórmula siguiente:

$$\text{Tr} = \frac{\text{Vol}}{Q \times 60}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (minutos)

Vol = Volúmen de agua requerido (litros)

Q = Caudal de entrada (litros/segundo)

60 = Constante que transforma segundos a minutos

#### 6.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A los resultados obtenidos de las variables respuesta bajo estudio, se les aplicó un Análisis de Varianza (ANDEVA) con niveles de

significancia de 1.0 y 5.0 %, para determinar si existía o no variación entre los diferentes tratamientos. En virtud de que se encontró variación se usó la prueba de TUKEY con nivel de significancia de 5.0 %.

Para verificar si los valores de evapotranspiración calculados con la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977, 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 éste análisis un nivel de significancia del 0.01 %.

Se consideró que cuando los coeficientes de determinación " $r^2$ " calculados fueran menores a los tabulados para un nivel de significancia de 0.01 % 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 dist.  $t$  de Studen.

## 7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente ensayo y su respectiva discusión, se presentan a continuación en cuatro partes. La primera comprende los resultados y análisis de las variables respuesta a través de las cuales se evaluó el efecto de los distintos tratamientos. En la segunda se analiza el uso del agua por las plantas. En la tercera se comparan los resultados de la evapotranspiración medida con la calculada por la fórmula de Hargreaves modificada, y en la última se calculan los valores del coeficiente "C" obtenidos de la relación evapotranspiración medida en el campo y la evaporación de agua en el tanque tipo "A".

Vale indicar que la presente investigación se realizó en el cultivo de la cebolla (Allium cepa L.) variedad chata mexicana; la cual es de fotoperíodo corto, bulbos de forma redonda achatada, color blanco, pulpa suave, buenos para el transporte. Además es una de las variedades más cultivadas para la producción de cebolla con tallo, se cosecha a los 90 días después del trasplante.

### 7.1. VARIABLES RESPUESTA.

Las variables respuesta evaluadas en el presente experimento fueron las 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 al final del experimento.

Los resultados promedio obtenidos se resumen en el cuadro 6.

CUADRO 6 RESULTADOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES RESPUESTA.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO EN TM/HA		NUMERO DE PLANTAS VIVAS POR PARCELA UTIL AL FINAL DEL CICLO
	BULBOS	PLANTAS COMPLETAS	
F - 7	21.32	39.72	200
F - 10	17.21	31.54	200
F - 13	13.12	23.53	200
F - 16	9.25	16.61	200
F - 19	8.21	14.82	200

### 7.1.1. Rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea.

En el cuadro 6 puede observarse que el tratamiento regado cada 7 días, produjo el mayor rendimiento para bulbos, siendo éste de 21.32 tm/ha, y que invariablemente la producción disminuyó a medida que el intervalo de riego aumentaba, hasta llegar a una producción de 8.21 tm/ha en el tratamiento regado cada 19 días.

Los resultados de rendimiento de bulbos en toneladas métricas por hectárea, para cada tratamiento y repetición se presentan en el cuadro 9 del apéndice. El análisis de varianza, el cual se encuentra en el cuadro 10 del apéndice, indica que existe diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos evaluados, por lo que se decidió efectuar la prueba múltiple de medias TUKEY, cuyo resumen se muestra en el cuadro 11 del apéndice, donde se puede observar que el tratamiento regado cada 7 días es el mejor, con un rendimiento de 21.32 tm/ha, el cual es estadísticamente igual al tratamiento regado cada 10 días, el tratamiento de 13 días constituye el rendimiento intermedio, en cuanto a los tratamientos regados cada 16 y 19 días puede indicarse que estadísticamente son iguales constituyendo los rendimientos más bajos, 9.25 y 8.21 tm/ha; respectivamente.

### 7.1.2. Rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea.

En el cuadro 6 se presentan los rendimientos de plantas completas en toneladas métricas por hectárea, como puede observarse el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento regado cada 7 días y al igual que la variable respuesta rendimiento de bulbos, la producción disminuyó a medida que el intervalo de riego se incrementaba. Los resultados de rendimiento de plantas completas en toneladas métricas por hectárea, para cada tratamiento y repetición se presentan en el cuadro 12 del apéndice. El análisis de varianza se muestra en el cuadro 13 del apéndice, indica que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, al efectuarse la comparación de medias por la prueba de TUKEY, cuadro 14 del apéndice, se encuentra que los tratamientos regados cada

7 y 10 días son estadísticamente iguales, el tratamiento regado cada 13 días, el cual produjo un rendimiento de 23.53 tm/ha, se considera intermedio, en cuanto a los tratamientos regados cada 16 y 19 días son estadísticamente iguales, además el tratamiento con menor rendimiento es el regado cada 19 días.

- 7.1.3. Número de plantas vivas por parcela útil al final del ciclo. En relación a ésta variable respuesta, cuyo resultado se muestra en el cuadro 6, se puede indicar que ninguna de las frecuencias de riego evaluadas, tuvo efecto sobre la mortalidad de las plantas. Además el cultivo de la cebolla es tolerante a intervalos de riego hasta de 32 días, según lo manifestado por Sagastume (10) y Sánchez (11).

## 7.2. USO DE AGUA POR EL CULTIVO.

### 7.2.1. Riegos y láminas aplicadas.

La cantidad o lámina de agua aplicada en cada riego y durante todo el ciclo del cultivo, se calculó con la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977.

En el cuadro 7 se presentan el número de riegos, láminas de agua aplicadas y calculadas con la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977 y láminas consumidas medidas en el campo, para los cinco tratamientos.

CUADRO 7 NUMERO DE RIEGOS, LAMINAS DE AGUA APLICADAS Y CALCULADAS CON LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1977 Y LAMINAS CONSUMIDAS EN EL CAMPO, PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS.

Número de Riegos <sup>1</sup>	TRATAMIENTOS									
	F-7		F-10		F-13		F-16		F-19	
	H <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	H <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	H <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	H <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	H <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
	LAMINAS (milímetros)									
1	17.26	16.93	29.13	24.34	39.59	23.76	50.03	32.24	59.58	31.43
2	24.16	15.99	33.91	28.91	47.06	28.78	59.00	23.47	77.30	25.03
3	24.03	19.05	38.58	22.86	56.17	35.84	86.77	26.02	21.22	36.73
4	27.37	23.09	47.12	33.88	77.42	36.71	98.31	35.18		
5	25.67	23.13	58.84	35.50	80.46	35.36				
6	40.37	26.69	62.72	33.48						
7	41.76	32.28	64.71	37.58						
8	43.80	31.86								
9	42.59	37.19								
10	47.46	36.21								
Lámina Total	334.47	262.42	335.01	216.55	300.70	160.65	294.11	116.91	258.10	93.19
Lámina de agua en el período de establecimiento	35.05	48.48	35.05	48.48	35.05	48.48	35.05	48.48	35.05	48.48
Lámina total aplicada y consumida durante el ciclo.	369.52	310.90	370.06	265.03	335.75	209.13	329.16	165.39	293.15	114.67

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

H<sup>2</sup> : Lámina de agua aplicada y calculada mediante la fórmula de Hargreaves modificada en 1977.

M<sup>3</sup> : Lámina de agua consumida medida en el campo con muestreo de suelo.

En términos generales puede indicarse que a medida que el intervalo de riego se alarga, la lámina total aplicada se reduce, así también el consumo de agua por la planta es menor, lo cual es obvio, en virtud de que las plantas al tener disponible mayor cantidad de agua tenderán a consumir más.

### 7.2.2. Agotamiento de la humedad aprovechable.

En las figuras de la 2 a la 6 del apéndice, se grafica el porcentaje de humedad aprovechable y el porcentaje de humedad del suelo contra el tiempo en días. Los primeros 15 días corresponden a la etapa de establecimiento, momento a partir del cual se dió inicio al primer riego para cada uno de los tratamientos.

En la figura 2 se presenta gráficamente el comportamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento regado cada 7 días, en la cual se puede observar que durante la etapa de desarrollo, media y final del cultivo, éste agotó en promedio 48 %, 73 % y 89 % de la humedad aprovechable, respectivamente.

La figura 3 representa gráficamente el aprovechamiento de la humedad para el tratamiento F-10, en el cual se observa que conforme el cultivo se desarrolla el agotamiento de la humedad aprovechable aumenta, presentando valores promedio de: 64 %, 87 % y 96 % para las etapas de: desarrollo, media y final; respectivamente.

La figura 4, corresponde al tratamiento F-13, en la cual puede observarse que la humedad es aprovechada en forma cada vez mayor conforme avanza el ciclo del cultivo, presentando valores promedio de: 95 % y 93 % para las etapas media y final; respectivamente.

El comportamiento gráfico de como aprovechó la humedad del suelo el tratamiento F-16, se presenta en la figura 5, en la cual se observa que en los 20 días de la etapa de desarrollo, el cultivo agotó el 74 % de la humedad aprovechable, por el contrario el mayor agotamiento se presentó en la etapa final, siendo éste de 93 %.

La figura 6, corresponde al tratamiento F-19, en la cual gráficamente se observa que en la etapa de desarrollo el cultivo agotó el 76 % de la humedad aprovechable, es



importante hacer notar que en las etapas media y final de desarrollo del cultivo, se alcanzaron valores casi iguales al punto de marchitez permanente.

De manera general puede indicarse que el agotamiento de la humedad aprovechable por el cultivo, en los diferentes tratamientos, se incrementó a medida que el tiempo transcurría, principalmente en las etapas que van de mediados a finales del período.

### 7.3. COMPARACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION MEDIDA CON LA CALCULADA POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA.

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 únicamente en el tratamiento F-7 el coeficiente de determinación  $r^2$  calculado ( $r^2c$ ) es mayor al tabulado ( $r^2t$ ) concluyéndose que el modelo lineal explica satisfactoriamente la relación entre los datos medidos en el campo en los tratamientos regados cada 7 días y los calculados por la fórmula.

Se realizó 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 para el tratamiento regado cada 7 días. Se encontró que estadísticamente para el tratamiento F-7 la pendiente de la recta no es igual a uno y que el intercepto si es igual a cero, por lo que se hace necesario realizar un ajuste de la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, para poder calcular láminas de consumo a través de ésta al regar el cultivo cada 7 días.

### 7.4. CALCULO DEL COEFICIENTE "C" DE LA RELACION EVAPOTRANSPIRACION/ EVAPORACION.

La evaporación en el tanque tipo "A", está afectada por los mismos factores que afectan la evapotranspiración, a excepción del elemento planta, por consiguiente los valores de evaporación son diferentes cuantitativamente a los valores de evapotranspiración medidos en el campo, pudiéndose ajustar dichos valores por medio de coeficientes

provenientes de la relación evapotranspiración/evaporación del tanque tipo "A".

En el cuadro 8 se muestran los coeficientes "C" obtenidos con los datos promedio de los tratamientos regados cada 7 y 10 días, en los cuales se obtuvieron los mejores rendimientos.

**CUADRO 8 RELACION EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION PARA LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO OBTENIDA CON EL PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS F-7 Y F-10.**

ETAPA FENOLOGICA DEL CULTIVO	DURACION	RELACION Et/Ev
Inicial (20 días)	29-12-90 al 17-1-91	0.43
Desarrollo (30 días)	18- 1-91 al 16-2-91	0.44
Media (26 días)	17- 2-91 al 14-3-91	0.58
Final (15 días)	15- 3-91 al 29-3-91	0.64

Los coeficientes "C" que aparecen en el cuadro anterior constituyen un dato muy valioso para el cálculo de evapotranspiración, partiendo únicamente de datos de evaporación, además de explicar por sí mismos la relación que existe entre la evapotranspiración medida en el campo y la evaporación del tanque tipo "A".

## 8 . CONCLUSIONES

- 8.1. Las diferentes frecuencias de riego evaluadas, si tienen efecto sobre el rendimiento de la cebolla, tanto para bulbos como para plantas completas. Obteniéndose un rendimiento promedio de bulbos de: 21.32, 17.21, 13.12, 9.25 y 8.21 tm/ha, para los tratamientos regados cada: 7, 10, 13, 16 y 19 días, respectivamente.
- 8.2. Las frecuencias de riego utilizadas, no afectan el número de plantas vivas al final del experimento.
- 8.3. La lámina de agua consumida por el cultivo de la cebolla se reduce a medida que la frecuencia de riego es mayor, siendo de: 310.90, 265.03, 209.13, 165.39 y 114.67 mm para las frecuencias de riego: 7, 10, 13, 16 y 19 días, respectivamente.
- 8.4. El grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo fue variable para cada tratamiento. De manera general puede indicarse que éste aumenta conforme se amplia el intervalo de riego. Además el agotamiento de la humedad aprovechable se incrementa conforme el cultivo de la cebolla se va desarrollando, teniendo un máximo agotamiento en las etapas fenológicas que van de mediados a finales del período. Para todos los tratamientos la humedad del suelo en ningún momento alcanzo valores de punto de marchitez permanente.
- 8.5. La evapotranspiración calculada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977, es diferente a la medida en todos los tratamientos. Por lo que se concluye que dicha fórmula no se adapta para estimar la evapotranspiración en el área.
- 8.6. El coeficiente "C" promedio obtenido de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque tipo "A", para los tratamientos regados cada 7 y 10 días fue de: 0.43 para la etapa inicial, 0.44 para el desarrollo del cultivo, 0.58 para mediados del periodo y 0.64 para finales del periodo.

## 9 . RECOMENDACIONES


- 9.1. Mientras se realiza más investigación en frecuencias de riego y evapotranspiración, para el cultivo de la cebolla en ésta región, se recomienda en forma preliminar programar riegos cada 7 días, debido a que el rendimiento obtenido con ésta frecuencia se considera aceptable.
- 9.2. No utilizar la fórmula de Hargreaves modificada en 1,977, para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de la cebolla.
- 9.3. En futuras investigaciones incluir más de cuatro repeticiones por tratamiento, con el propósito de reducir el coeficiente de variación.
- 9.4. Efectuar un análisis económico que permita comparar las frecuencias de riego, láminas y rendimiento.
- 9.5. Contemplar los aspectos fisiológicos del cultivo, en cuanto a fenología, para poder escoger las etapas en que debe regarse. Además se deberá considerar el efecto ambiental del exceso de humedad.
- 9.6. Continuar realizando éste tipo de investigaciones en la misma región, época y cultivo con el propósito de lograr resultados consistentes y confiables.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. CRUZ, S., J.R. DE LA. 1976. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
2. DOORENBOS, J.; KASSAM, A. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO. Serie de Riego y Drenaje no. 33. 212 p.
3. GRASSI, C.J. 1978. Aspectos metodológicos para la determinación experimental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje, material didáctico no. RD-26. 107 p.
4. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1990. Recomendaciones técnicas agropecuarias para la región IV. 37 p.
5. HARGREAVES, G.H. 1977. Water requeriment manual for irrigated crops and rainfed agriculture. United States, Agency for International Development. 24 p.
6. \_\_\_\_\_. 1983. Estimating crop evapotranspiration requeriments. Utah State University, International Irrigation Center. 10 p.
7. \_\_\_\_\_; SAMARI, Z.A. 1986. World water for agriculture precipitation management. Logan, Utah State University, International Irrigation Center. 100 p.
8. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1979. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté. 391 p.
9. PINEDA HERRERA, D.A. 1987. Efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración de la cebolla (Allium cepa L.) para la unidad de riego "Laguna del hoyo", municipio de Monjas, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
10. SAGASTUME GARZA, M.B. 1986. Efecto de siete 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 de Guatemala, Facultad de Agronomía. 52 p.
11. SANCHEZ CHAVEZ, J.F. 1984. 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 de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
12. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1989. Resúmen de la investigación realizada en frecuencias de riego y evapotranspiración de 1982 a 1987. Revista Tikalia (Gua.) 7(1): 79-98

13. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José Pineda Ibarra. p. 820-822.
14. WITHERS, B.; VIPOND, S. 1979. El riego, diseño y práctica. 2 ed. Madrid, España, Diana. 351 p.
15. ZAVALA CUEVAS, M.R. 1989. Efecto de siete 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 de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p.

10. 130.  
*Pedruco*



11 . APENDICE

11 . APENDICE



11 . APENDICE

CUADRO 9 "A" RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA, PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL Y <sub>i</sub>	PROMEDIO $\bar{Y}_i$
	I	II	III	IV		
F - 7	29.62	21.74	16.36	17.57	85.29	21.32
F - 10	20.76	16.82	14.50	16.77	68.85	17.21
F - 13	14.50	12.22	13.21	12.57	52.50	13.12
F - 16	10.75	7.22	11.58	7.45	37.00	9.25
F - 19	4.73	9.19	8.85	10.07	32.84	8.21
TOTAL Y <sub>j</sub>	80.36	67.19	64.50	64.43	276.48	
PROMEDIO $\bar{Y}_j$	16.07	13.44	12.90	12.89		13.82

CUADRO 10 "A" ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F <sub>tabulada</sub> 0.05-0.01
Bloques	3	34.68	11.56	1.08	
Tratamientos	4	482.55	120.64	11.28 **	3.26 5.41
Error	12	128.34	10.69		
Total	19	645.57			

C.V.: Coeficiente de variación = 23 %

CUADRO 11 "A" PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO DE BULBOS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	INTERPRETACIONES
F - 7	21.324	a
F - 10	17.213	a
F - 13	13.125	b
F - 16	9.250	c
F - 19	8.210	c

CUADRO 12 "A" RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL Y <sub>i</sub>	PROMEDIO $\bar{Y}_i$
	I	II	III	IV		
F - 7	48.22	40.72	30.42	39.54	158.9	39.72
F - 10	35.03	33.82	25.75	31.58	126.18	31.54
F - 13	27.42	20.18	23.85	22.68	94.13	23.53
F - 16	19.08	14.12	20.14	13.10	66.44	16.61
F - 19	9.84	16.62	15.33	17.49	59.28	14.82
TOTAL Y <sub>j</sub>	139.59	125.46	115.49	124.39	504.93	
PROMEDIO $\bar{Y}_j$	27.92	25.09	23.09	24.88		25.24

CUADRO 13 "A" ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F <sub>tabulada</sub> 0.05-0.01
Bloques	3	59.56	19.85	0.95	
Tratamientos	4	1742.15	435.54	20.84 **	3.26 5.41
Error	12	250.80	20.90		
Total	19	2052.51			

C.V.: Coeficiente de variación = 18 %

CUADRO 14 "A" PRUEBA DE TUKEY PARA RENDIMIENTO DE PLANTAS COMPLETAS EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	INTERPRETACIONES
F - 7	39.725	a
F - 10	31.545	a
F - 13	23.533	b
F - 16	16.610	c
F - 19	14.820	c

CUADRO 15 "A" RADIACION EXTRATERRESTRE EN MM/DIA (Ra)

LATITUD GRADOS	ENE	FEBR.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGOS.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
20 N	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.8	14.8	13.3	11.6	10.7
19 N	11.4	12.9	14.5	15.6	16.2	16.2	16.2	15.8	14.9	13.4	11.8	10.9
18 N	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
17 N	11.8	13.2	14.6	15.6	16.0	16.0	16.0	15.7	15.0	13.7	12.2	11.3
16 N	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.8	12.4	11.6
15 N	12.2	13.5	14.8	15.6	15.9	15.8	15.8	15.7	15.1	14.0	12.6	11.8
14 N	12.4	13.6	14.9	15.6	15.8	15.7	15.7	15.6	15.1	14.1	12.8	12.0
13 N	12.6	13.8	15.0	15.6	15.7	15.6	15.6	15.6	15.2	14.2	13.0	12.2
12 N	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.2	12.5
11 N	13.0	14.1	15.2	15.7	15.6	15.4	15.4	15.5	15.3	14.5	13.4	12.7
10 N	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
9 N	13.4	14.4	15.3	15.6	15.4	15.1	15.2	15.4	15.3	14.7	13.7	13.1
8 N	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
7 N	13.8	14.6	15.4	15.5	15.2	14.8	15.0	15.3	15.3	14.9	14.0	13.5
6 N	13.9	14.8	15.4	15.5	15.1	14.7	14.8	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
5 N	14.1	14.9	15.5	15.5	15.0	14.6	14.7	15.1	15.3	15.0	14.3	13.9
4 N	14.3	15.0	15.5	15.5	14.8	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.0
3 N	14.5	15.1	15.5	15.4	14.7	14.3	14.5	15.0	15.3	15.2	14.6	14.2
2 N	14.6	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
1 N	14.8	15.4	15.6	15.3	14.5	14.0	14.2	14.8	15.3	15.3	14.9	14.6
0 IC	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.7	15.3	15.4	15.1	14.8
1 S	15.1	15.6	15.7	15.1	14.2	13.7	13.9	14.7	15.3	15.5	15.2	15.0
2 S	15.3	15.7	15.6	15.0	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
3 S	15.4	15.7	15.6	14.9	13.9	13.3	13.6	14.4	15.2	15.5	15.4	15.3
4 S	15.5	15.8	15.6	14.8	13.8	13.1	13.4	14.2	15.1	15.6	15.5	15.4
5 S	15.7	15.9	15.6	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.6	15.6	15.5
6 S	15.8	16.0	15.6	14.6	13.4	12.8	13.0	14.0	15.0	15.7	15.7	15.7
7 S	15.9	16.0	15.6	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.7	15.9	15.8
8 S	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
9 S	16.2	16.2	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.8	16.1	16.1
10 S	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.8	16.2	16.3

Fuente: Organizacion Meteorologica Mundial (OMM), 1974.

CUADRO 16 "A" COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)

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
Cacahuate	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
Sergo	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

## NOTA:

El número menor de Kc se usa cuando la humedad relativa mínima > 70 % y viento < 5 m/seg.

El número mayor de Kc se usa cuando la humedad relativa mínima < 20 % y viento > 5 m/seg

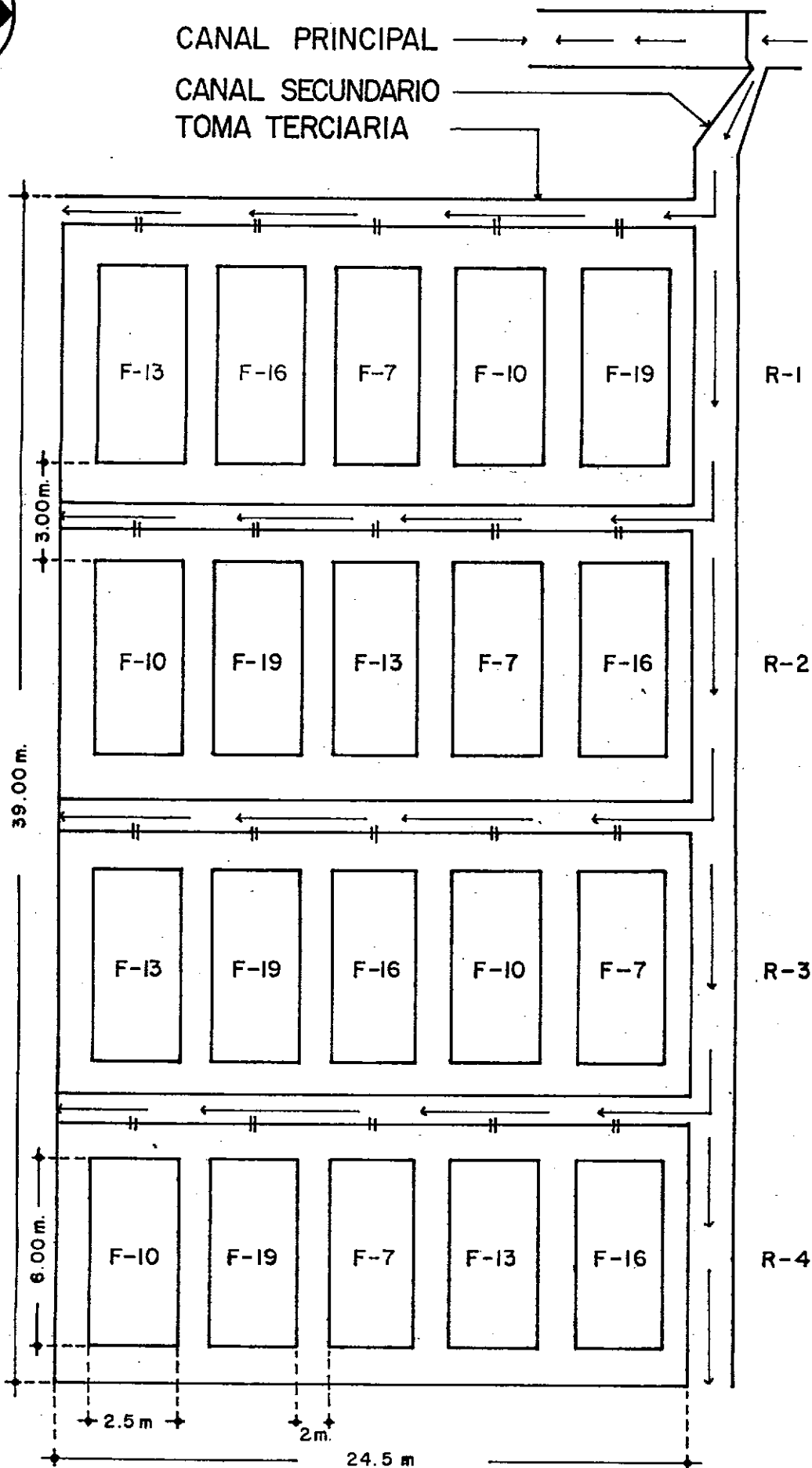


FIGURA I "A" PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO Y ASIGNACION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS.

TRASPLANTE | 29-12-90

29-3-91 | COSECHA

DICIEMBRE-1,990 / ENERO-1,991	FEBRERO-1,991	MARZO-1,991
-------------------------------	---------------	-------------

ETAPA INICIAL	E.	DESARROLLO	E. MEDIA DEL PERIODO	E. FINAL
---------------	----	------------	----------------------	----------

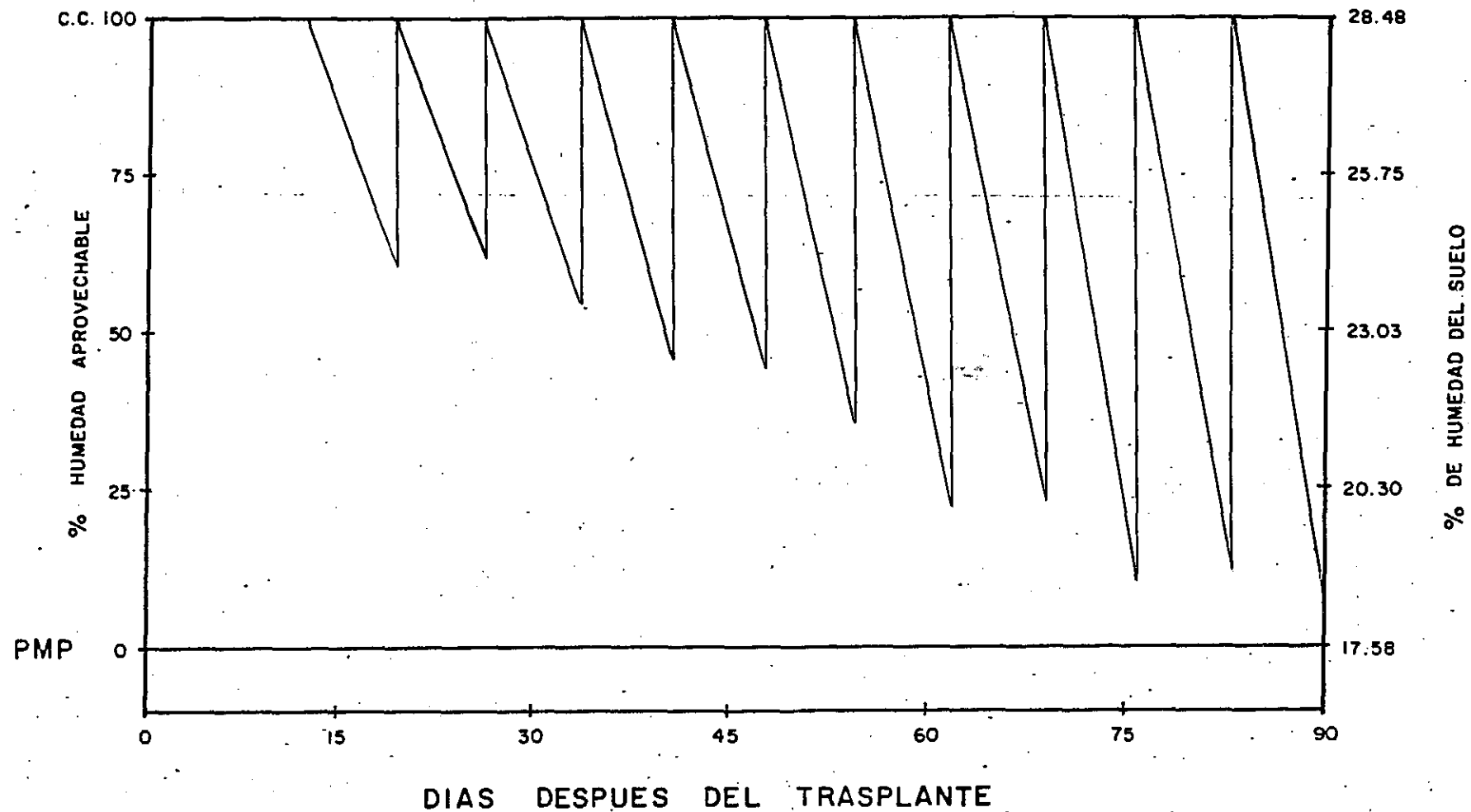


FIG. 2 "A" % DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-7

TRASPLANTE | 29-12-90

29-3-91 | COSECHA

DICIEMBRE-1,990 / ENERO-1,991	FEBRERO-1,991	MARZO-1,991
-------------------------------	---------------	-------------

ETAPA INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIA DEL PERIODO	E. FINAL
---------------	---------------	----------------------	----------

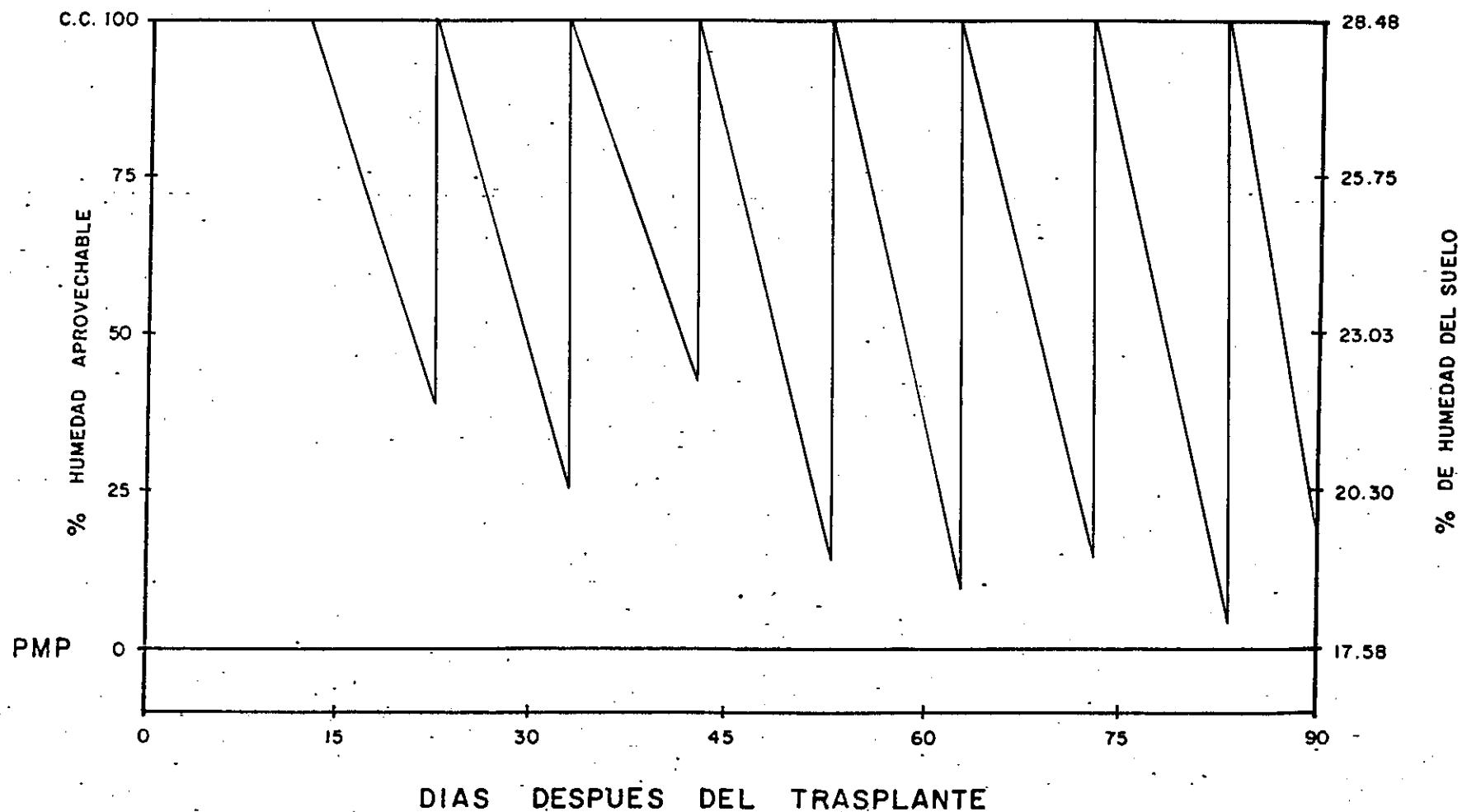


FIG. 3 "A"

% DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA  
EL TRATAMIENTO F-10



TRASPLANTE | 29-12-90

29-3-91 | COSECHA

DICIEMBRE - 1,990 / ENERO - 1,991	FEBRERO - 1,991	MARZO - 1,991
-----------------------------------	-----------------	---------------

ETAPA INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIA DEL PERIODO	E. FINAL
---------------	---------------	----------------------	----------

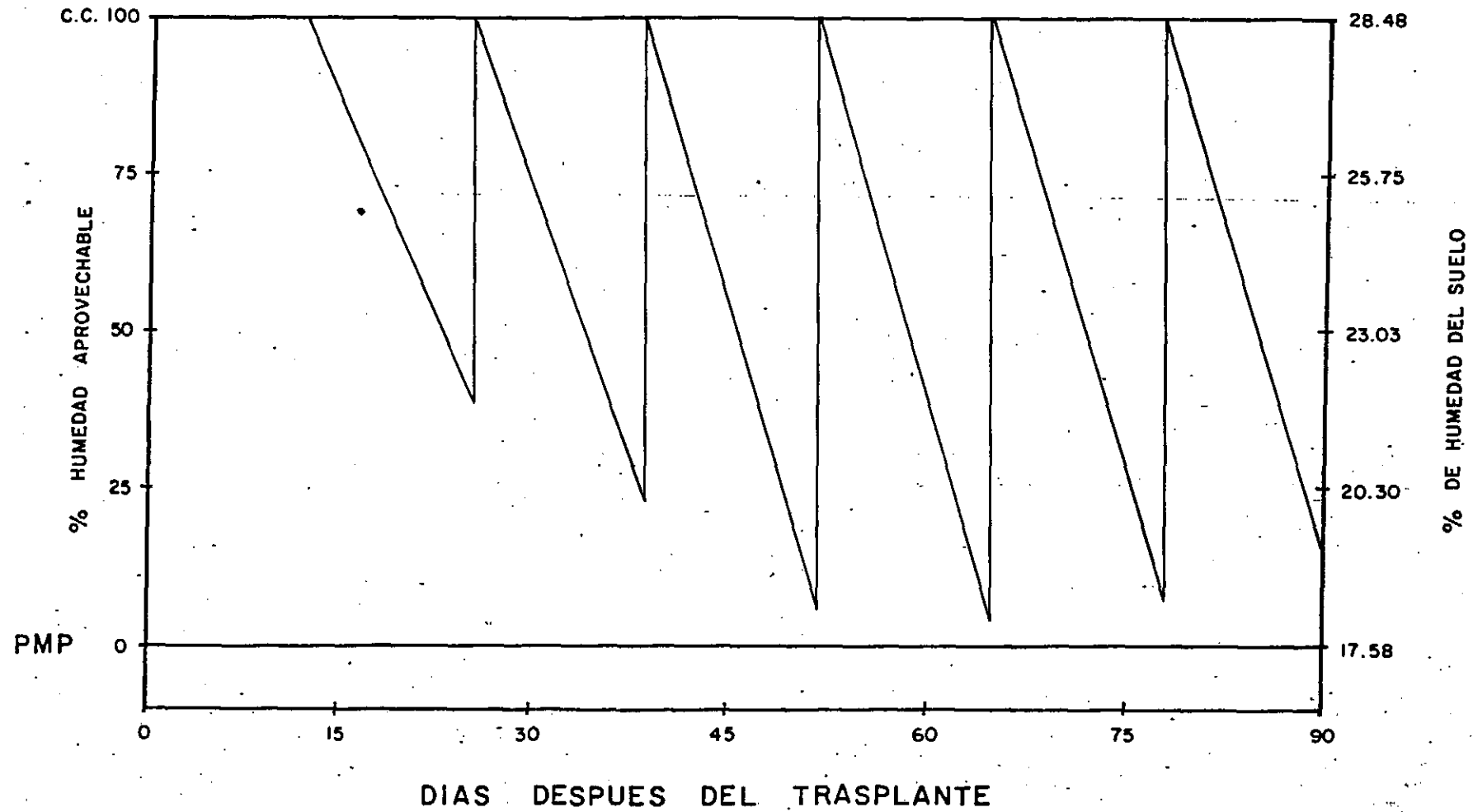


FIG. 4 "A" % DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-13

TRASPLANTE | 29-12-90

29-3-91 | COSECHA

DICIEMBRE-1,990 / ENERO-1,991	FEBRERO-1,991	MARZO-1,991
-------------------------------	---------------	-------------

ETAPA INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIA DEL PERIODO	E. FINAL
---------------	---------------	----------------------	----------

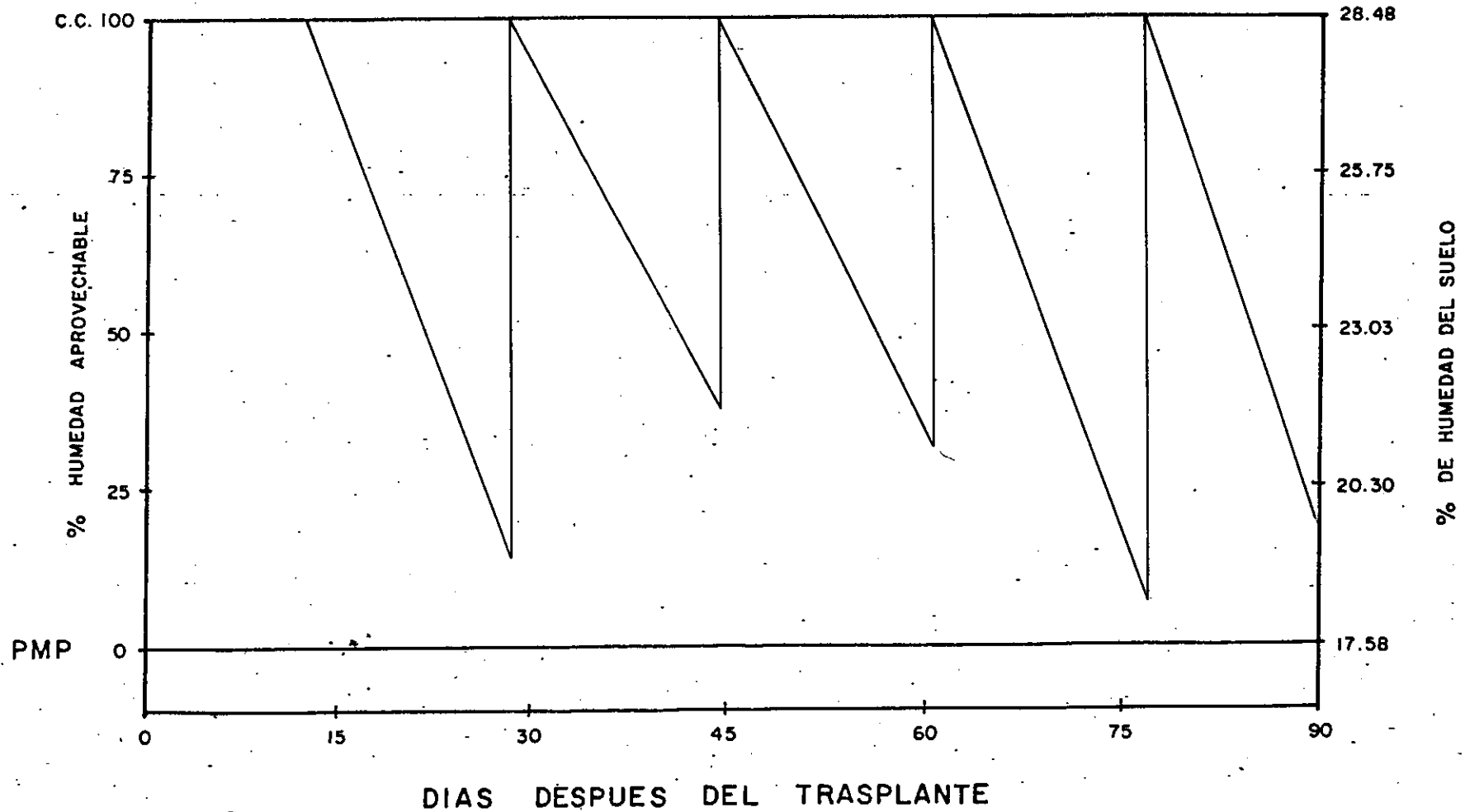


FIG. 5 "A" % DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-16

DICIEMBRE-1,990 / ENERO-1,991		FEBRERO-1,991		MARZO-1,991	
ETAPA INICIAL	E.	DESARROLLO	E. MEDIA DEL PERIODO	E.	FINAL

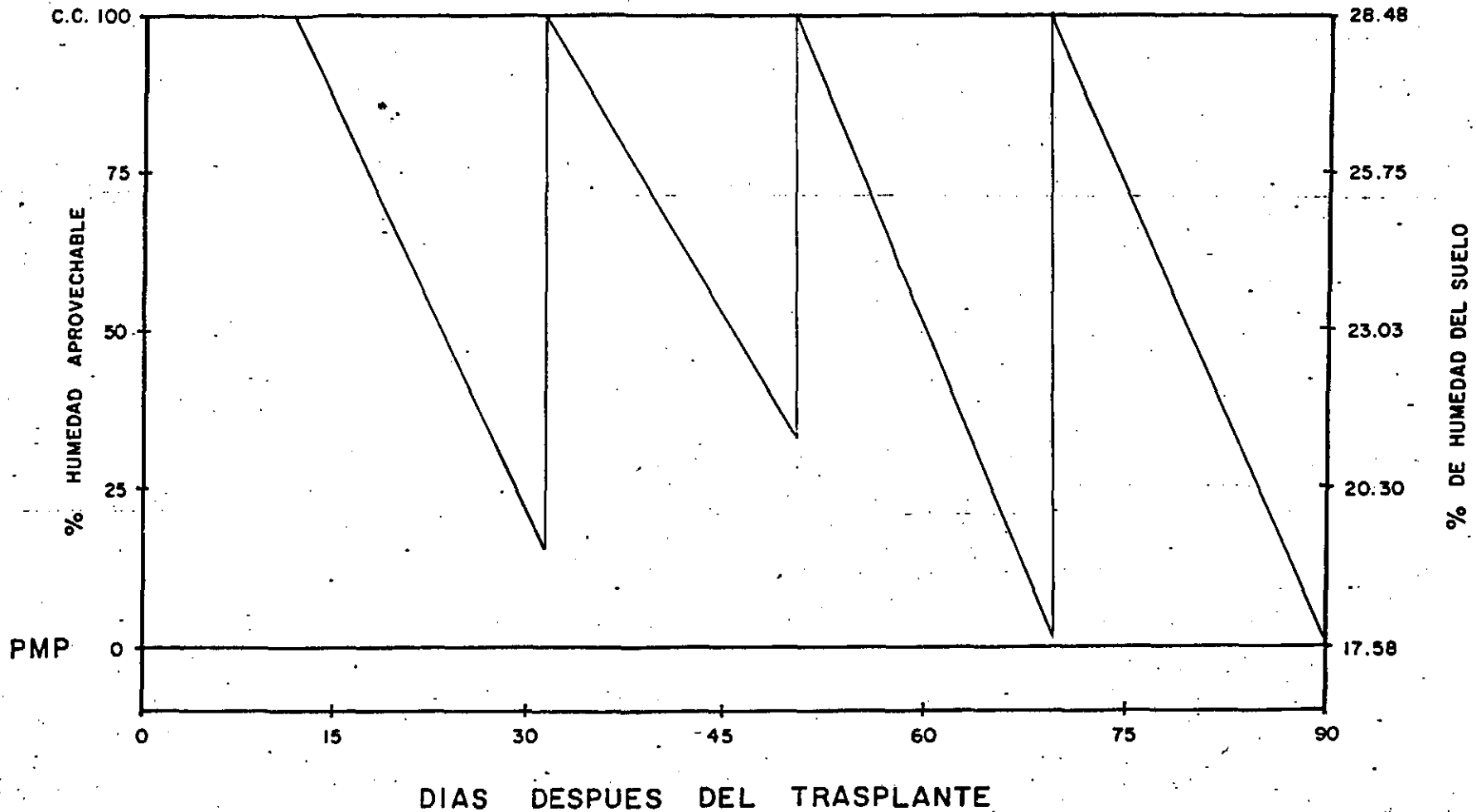


FIG. 6 "A" % DE HUMEDAD APROVECHABLE Y DEL SUELO PARA EL TRATAMIENTO F-19



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

REF: 042-91


LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA (Allium cepa L.), EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA".

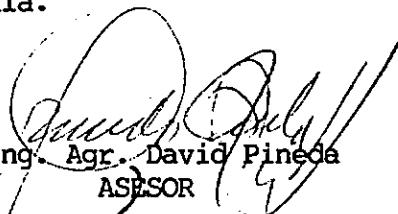
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARLON DIONICIO RODRIGUEZ DE LEON

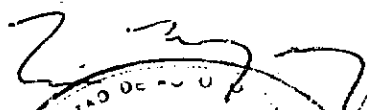
CARNET NO: 8310021

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Doctor Luis Mejía de León e Ingeniero Agrónomo William Escobar.

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
 Ing. Agr. Jorge Sandoval  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. David Pineda  
 ASESOR

  
 Dr. Luis Mejía de León  
 DIRECTOR DEL IIA

IMP R I M A S E:

  
 Ing. Agr. Efraín Medina-Guerra  
 DECANO

