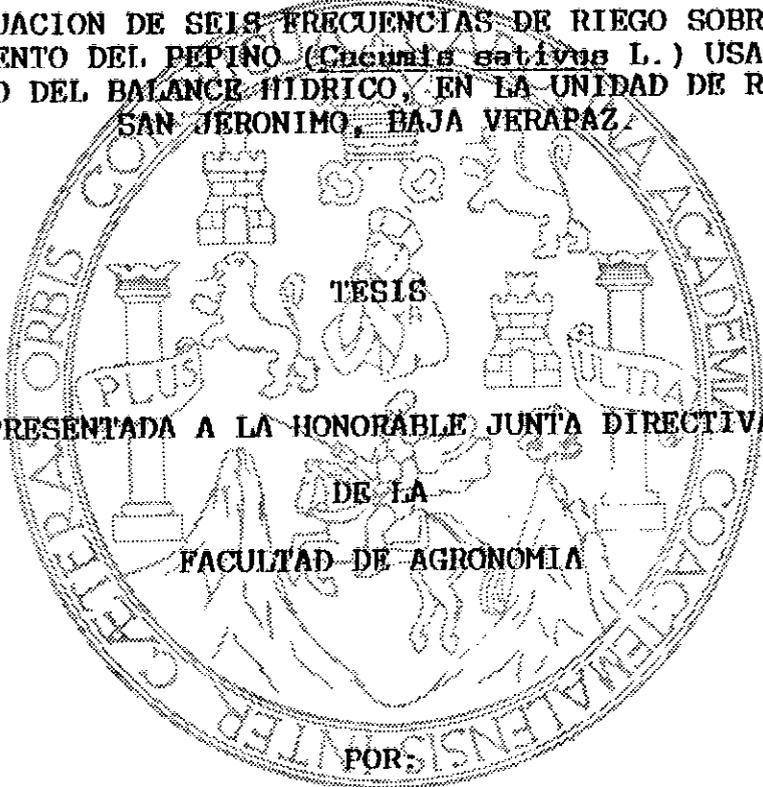


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

"EVALUACION DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL  
RENDIMIENTO DEL PEPINO (*Cucumis sativus* L.) USANDO EL  
METODO DEL BALANCE HIDRICO, EN LA UNIDAD DE RIEGO  
SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ.



TESIS  
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RICARDO ELISEO COJULUN LEONARDO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, noviembre de 1991

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(1354)

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 Guerra
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Mynor Estrada Rosales
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Waldemar Nufio
VOCAL TERCERO:	
VOCAL CUARTO:	Br. Elías Raymundo Raymundo
VOCAL QUINTO:	P. Agr. Francisco Ibarra
SECRETARIO:	Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy

Guatemala, 11 de noviembre de 1991

Honorables miembros  
Junta Directiva  
Facultad de Agronomía

Sres.:

De conformidad a lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado "EVALUACION DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL PEPINO (Cucumis sativus L. ) USANDO EL METODO DEL BALANCE HIDRICO, EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ".

Presento el mismo, como requisito profesional, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

atentamente,

Br. Ricardo Cojulún Leonardo

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS

A: MIS PADRES

Ricardo Cojulún Gonzáles  
y Almeda Elizabeth de Cojulún

A: MI ESPOSA

Nora Emilia Martínez de Cojulún

A: MIS HIJOS

Norma Cecilia y Ricardo Eliseo  
Cojulún Martínez.

A: MIS HERMANOS

Byron René (Q.E.P.D.)  
Silvia Patricia (Q.E.P.D.)  
Silvia Cecilia y Aida Elizabeth  
Cojulún Leonardo.

A: MIS ABUELOS

Eliseo Cojulún Leal (Q.E.P.D.)  
Pedro Leonardo (Q.E.P.D.)

A: MIS ABUELITAS

Vidalina Gonzales Vda. de Cojulún  
Donatila Sánchez Vda. de Leonardo

A: MI SOBRINA

Katherine Yohanna

A: MIS TIOS

En General

A: MIS PRIMOS

En General

A: MIS AMIGOS

En General

TESIS QUE DEDICO

A: MI PATRIA GUATEMALA

A: EL RANCHO

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A: LOS AGRICULTORES DE TODO EL PAIS

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas; por su valiosa asesoría y orientación en la presente investigación.

Al Personal de la unidad de riego San Jerónimo, por su colaboración en la realización del presente estudio.

A Carlos Luna Suchini y Lorena Guillen de Luna, por su valiosa colaboración en la realización de la presente investigación.

Al Ing. Agr. Manuel de Jesus Tum Canto, por su valiosa colaboración en la redacción e impresión del presente documento.

A La Dirección Técnica de Riego y Avenamiento (DIRYA), por la colaboración prestada.

## INDICE

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO TEORICO	2
2.1 Marco conceptual	2
2.1.1 Características generales del cultivo	2
2.1.2 Factores que afectan los requerimientos de agua de los cultivos	3
2.1.3 El balance hídrico	5
2.1.4 Evapotranspiración	6
2.2 Marco referencial	10
2.2.1 Ubicación y descripción del área experimental	10
3. OBJETIVOS	12
4. HIPOTESIS	13
5. METODOLOGIA	14
5.1 Análisis y determinaciones previas	14
5.1.1 Análisis físico del suelo	14
5.1.2 Análisis químico del suelo	15

CONTENIDO	PAGINA
5.2 Manejo del cultivo	15
5.3 Manejo del experimento	16
5.3.1 Trazo del experimento	16
5.3.2 Método de riego a utilizar	17
5.3.3 Riegos generales	17
5.3.4 Lámina de agua a reponer en cada riego	17
5.3.5 Diseño estadístico	21
5.3.6 Parcela experimental	23
5.3.7 Variables respuesta	23
5.3.8 Análisis de resultados	23
6. RESULTADOS Y DISCUSION	24
6.1 Variables respuesta	24
6.2 Uso del agua	26
7. CONCLUSIONES	32
8. RECOMENDACIONES	33
9. BIBLIOGRAFIA	34
10. APENDICE	36

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PAGINA
1A.	Agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-7	40
2A.	Agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-V	41
3A.	Agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-10	42
4A.	Agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-14	43
5A.	Agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-17	44
6A.	Agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-21	45
7A.	Plano general del experimento	46

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PAGINA
1.	Resultados del análisis físico del suelo	15
2.	Resultados del análisis químico del suelo	15
3.	Rendimiento promedio de frutos comerciales en TM/Ha.	24
4.	Lámina de agua consumida, tiempo de riego y número de riegos para cada uno de los tratamientos	27
5A.	Rendimiento de frutos comerciales de pepino en TM/Ha.	37
6A.	Análisis de varianza para rendimiento de frutos comerciales en TM/Ha.	37
7A.	Prueba de tukey para el rendimiento de frutos comerciales en TM/Ha.	37
8A.	La radiación extraterrestre expresada en equivalente de evaporación, en mm/día	38
9A.	Zona principal de raíces de varios cultivos	39

EVALUACION DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL  
RENDIMIENTO DEL PEPINO (Cucumis sativus L.),  
USANDO EL METODO DEL BALANCE HIDRICO, EN LA  
UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ.

YIELD EVALUATION OF SIX IRRIGATION FREQUENCIES  
IN PEPINO (Cucumis sativus L.) USING THE WATER  
BALANCE METHOD, IN SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ,  
IRRIGATION DISTRICT.

RESUMEN

El presente experimento se llevó a cabo en el área bajo riego de la unidad de riego San Jerónimo, localizada en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. Se evaluó el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento del cultivo del pepino (Cucumis sativus L.), durante el período de diciembre de 1989 a febrero de 1990, en un suelo de textura arcillosa.

El objetivo de la presente investigación fué, el evaluar el efecto de las seis frecuencias de riego sobre el rendimiento del cultivo del pepino para la época y condiciones edáficas y climáticas del área basándose en el método del balance hídrico.

Las frecuencias evaluadas fueron de 7, 10, 14, 17 y 21 días, así como una frecuencia variable que se regaba cuando el balance hídrico indicaba que ya se había agotado el 50% de la humedad aprovechable del suelo. El diseño experimental utilizado fué el de bloques al azar con cuatro repeticiones, teniéndose un total de 24 parcelas; en las cuales se midió el consumo de agua por parte del cultivo, utilizando la evapotranspiración potencial, calculada por la fórmula de Hargreaves, así como la lámina de agua disponible en el suelo cada día.

El método utilizado fué el de Balance Hídrico Agrícola Acumulado tipo FAO/OMM, considerando la profundidad radicular del cultivo a nivel diario.

El efecto de las diferentes frecuencias de riego se midió a través de las variables respuesta: rendimiento de frutos comerciales en toneladas métricas por Ha. y la mortalidad de plantas al final del ciclo del cultivo por parcela. Los rendimientos más altos se obtuvieron en las frecuencias variable, de 10 y 7 días, los cuales fueron: 14.15, 13.39 y 12.53 TM/Ha. respectivamente, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre sus rendimientos. Los tratamientos de 17 y 21 días arrojaron los rendimientos más bajos siendo de 9.10 y 8.58 TM/Ha. respectivamente.

En cuanto a la mortalidad de plantas al final del ciclo del cultivo, se encontró que las diferentes frecuencias no afectan esta variable.

Al medir el consumo de agua en los diferentes tratamientos, se encontró que éste tiende a ser mayor en los intervalos cortos de riego, teniéndose los siguientes valores: 28.29, 27.48, 27.35, 27.14, 24.16 y 19.37 cms. para las frecuencias de 7 días, variable,

10, 14, 17 y 21 días respectivamente. Se encontró también que el mayor consumo de agua se manifestó en las etapas fenológicas de floración, fructificación y cosecha.

En relación al agotamiento de la humedad aprovechable del suelo, se pudo notar que los intervalos cortos de riego el agotamiento fué menor, alcanzándose valores de agotamiento para las frecuencias de 7 y 10 días, así como la frecuencia variable entre 30 y 50%, no así en las frecuencias de 17 y 21 días, en donde los valores de agotamiento no aprovechable alcanzaron valores entre 60 y el 70%. Sin embargo, en ningún tratamiento el porcentaje de agotamiento no aprovechable alcanzó valores correspondientes al punto de marchitez permanente.

Mientras se realizan más experimentos sobre el tema, se recomienda que en situaciones de poca disponibilidad de agua en la unidad de riego San Jerónimo, regar a cada 10 días, ya que se pudo comprobar que con esta frecuencia, se obtienen buenos rendimientos, se reduce el costo de riego y utiliza en mejor forma el recurso agua.

## 1 INTRODUCCION

La unidad de riego San Jerónimo se encuentra ubicada en el municipio de San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz, en dicha unidad se produce una diversidad de cultivos, entre los cuales tenemos el pepino [Cucumis sativus L.], el cual ocupa un 40% del área bajo riego, lo que evidencia la importancia que el cultivo tiene para los agricultores de la región. Sin embargo se tiene el problema que en la época seca, principalmente en los meses de enero a abril, la unidad de riego racionaliza el agua debido a los bajos caudales en la fuente que alimenta los canales de conducción, lo que aunado a que los agricultores utilizan en una forma deficiente el recurso agua, provoca que se tengan en la zona bajos rendimientos.

Por esta razón se hizo necesaria la realización del presente estudio, con el cual se pretende optimizar la utilización del recurso agua através del uso de frecuencias de riego y láminas de agua adecuadas.

Se trabajo con el cultivo del pepino (Cucumis sativus L.) variedad poinsett, tomando como variable de estudio la frecuencia de riego, con tratamientos de 7, 10, 14, 17 y 21 días y una frecuencia variable que dependió del requerimiento del cultivo en cada etapa de su desarrollo. Las láminas de agua consumida y aplicada en cada tratamiento se midieron através del método del Balance Hídrico Acumulado; las variables respuestas estudiadas fueron rendimiento de frutos comerciales en TM/ha. y la mortalidad de plantas al final del ciclo del cultivo.

## 2 MARCO TEORICO

### 2.1 Marco conceptual

#### 2.1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CULTIVO:

El pepino (Cucumis sativus L.), es una planta anual que pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, es de consistencia herbácea y hábito trepador, ésta última característica se presta para la siembra con tutores y mejorar en esta forma la calidad del fruto, obteniéndose más número de ellos con las características que exige el mercado (2).

El tallo presenta vellosidad, jugoso, carnoso y tiene forma columnar, es suave y muy sensible a la ruptura, cada herida o aplastamiento recibida por el tallo causa daño grave a la planta y éste se manifiesta en una disminución de la producción.

Sus hojas son alternas y ásperas, poseen un pedúnculo bastante largo, su forma varía entre triangular y acorazada, presentan bordes dentados.

La flor del pepino, como todas las flores de las cucurbitáceas es unisexual, encontrándose en una misma planta un mayor número de flores masculinas que femeninas, su reproducción es por semilla.

Este cultivo se desarrolla mejor en época de mayor temperatura ambiental, pero puede cultivarse en todas las épocas del año siempre en zonas con temperaturas mayores de 13 °C, las temperaturas altas aceleran el crecimiento, floración y fructificación (2).

El pepino se cultiva con más frecuencia en climas cálidos y templados, prefiere suelos francos, franco arenosos y franco arcillosos, fértiles bien abonados y con un pH entre 5.5 y 7.0.

Para la siembra el terreno se prepara arando y volteando el suelo a una profundidad de 25 centímetros, para lograr un grado de humedad adecuado, evitar la compactación y formación de terrones, después de la aradura se dan dos pasos de rastra. (9).

Porras Miron (9) y Gonzáles del Valle (2) recomiendan utilizar distanciamientos de siembr de 1.80 mts. entre surcos y 0.30 entre plantas, el Ministerio de Agricultura (8) recomienda distanciamientos de 1.20 a 1.80 mts. entre surcos y de 0.5 a 0.9 mts. entre plantas.

Se recomienda también depositar tres a cuatro semillas por postura y posteriormente dejar una o dos plantas, las que mejor desarrollo presenten.

#### 2.1.2 FACTORES QUE AFECTAN LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LOS CULTIVOS.

Los requerimientos de agua en los cultivos son muy variables. Roe (10) indica que el requerimiento de agua varía grandemente tanto entre diferentes tipos de plantas como entre las de un mismo tipo, también dentro de estas necesidades influyen condiciones naturales como el clima, la cantidad de distribución de lluvia y la clase de suelo y subsuelo.

Las necesidades de agua dependen de la evapotranspiración (3), por eso el procedimiento para calcular la cantidad de agua requerida por los cultivos debe medir la evapotranspiración

potencial y más exactamente la real

(12).

Se sabe que los factores climáticos juegan el papel principal en cuanto a las pérdidas de agua por evapotranspiración (8), en términos generales, los factores del clima que afectan las necesidades de agua de los cultivos son: radiación, horas de brillo solar, temperatura del aire, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y periodo libre de heladas (8).

La secretaría de recursos hidraulicos de México (8) menciona los siguientes factores que afectan la evapotranspiración: alta intensidad de radiación, baja presión de vapor en el aire, turbulencia debida al viento y a la rugosidad de la superficie. Afirma también que la fuente de energía para la evapotranspiración es la radiación solar y que un aumento de temperatura produce un aumento de la evapotranspiración y que la humedad relativa del aire no influye directamente.

Otros factores muy importantes son la fertilidad y la salinidad, la fertilización aumenta el desarrollo de las plantas con lo que las necesidades de agua se reducen proporcionalmente, es decir, a mayor fertilidad menor necesidad de agua pues ésta se usa más eficientemente.

Las sales del suelo producen una presión osmótica, lo cual implica una mayor tensión de humedad del suelo, por lo que los suelos salinos tienen menor disponibilidad de agua para las plantas.

Los factores de la planta, tambien afectan la

evapotranspiración, en forma general se pueden mencionar:

La profundidad de raíces y su capacidad de absorción de agua, la superficie foliar así como su capacidad para soportar períodos de sequía o excesos de humedad y su estado de desarrollo. (6).

### 2.1.3 EL BALANCE HIDRICO

El balance hídrico permite establecer las ganancias y las pérdidas de agua que se registran en un área dada, lo cual es útil entre muchos fines, para la planeación y la operación adecuada del riego y el drenaje de los campos agrícolas y la planeación en el manejo de los recursos hídricos de una región.

Los cálculos de los balances hídricos se facilitan si se posee información de campo sobre las fluctuaciones de la humedad del suelo y la evapotranspiración, pero como su medición presenta muchas dificultades, se hace más fácil estimarlos a través de datos meteorológicos. (1)

La esencia del balance hídrico comprende, entonces, el estudio de los aportes, el movimiento y las salidas de agua de una determinada zona, lo cual puede sintetizarse en la siguiente ecuación general:

$$P = ET + HS + I + E$$

Donde: P = Precipitación

ET= Evapotranspiración

HS= Cambios de humedad del suelo

I = Infiltración a las capas profundas

E = Escorrentía. (1)

Sin embargo esta ecuación se simplifica cuando el balance se lleva a cabo en una estación seca y que se apliquen riegos; la ecuación queda así:

$$L = ET + HS$$

donde:

L = Lámina neta de riego aplicada

ET= Evapotranspiración

HS= Cambios de humedad del suelo. (1)

#### 2.1.4 EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración es la suma de la transpiración y la evaporación. La transpiración es el agua que penetra através de las raíces y es utilizada en la construcción de tejidos, o emitida por las hojas y devuelta a la atmosfera. Evaporación es el agua evaporada en el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. La evapotranspiración puede ser calculada para un cultivo, una parcela, una finca, un proyecto o una cuenca. (5) El volúmente agua evapotranspirado por las plantes depende del agua que tiene a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad de luz, del sol, del estado de desarrollo de las plantas, de su follaje y de la naturaleza de sus hojas. (5)

Existen dos términos usados para referirse a la evapotranspiración, los cuales son: la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real.

Con respecto a la evapotranspiración potencial, Penman citado por Tello (11), 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. Además Penman (1948) basado en un balance de energía y en una ecuación aerodinámica, permite concluir que la evapotranspiración potencial depende de las siguientes variables:

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

donde:

$E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial

$R_g$  = Radiación global

$r$  = Coeficiente de reflexión o albedo

$T$  = Temperatura del aire

$e_a$  = Presión de vapor

$u$  = Velocidad del viento

$n$  = numero de horas del sol.

Con respecto a 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 espacio como en tiempo, modifican la definición anterior de evapotranspiración potencial, actuando como factores reductores de la misma. La evapotranspiración real se determina en base a la evapotranspiración potencial de la siguiente manera:

$$E_t = E_{tp} * K_c$$

Donde:

$E_t$  = Evapotranspiración real o actual

$E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial

$K_c$  = 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  $K_c$ , 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. (11)

#### 2.1.4.1 METODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACION

Existen varios métodos para determinarla de los cuales unicamente se hace mención, procediendo posteriormente a describir el método utilizado en la investigación.

##### 2.1.4.1.1 Métodos Directos:

Hay varios métodos para determinar la cantidad de agua consumida por los cultivos y la vegetación natural en forma directa. Israelsen-Hansen (5) mencionan los siguientes:

- Experimentos en tanques y lisímetros.
- Parcelas experimentales.
- Estudios sobre la humedad del suelo
- Método de integración
- Método de entradas y salidas de agua para grandes extensiones.

##### 2.1.4.1.2 Métodos Indirectos ( en función de datos climáticos):

De acuerdo con Israelsen-Hansen (5), varios investigadores han estudiado en que medida la temperatura, humedad, velocidad del

viento, la presión de vapor y la radiación solar influyen en la evapotranspiración. Estos estudios se han realizado en diversas regiones del mundo existiendo más de 18 fórmulas experimentales, siendo las más usadas las siguientes:

- Método de Penman
- Método de Thornthwaite
- Método de Lowry-Johsson
- Método de Blaney-Criddle
- Método de Radiación
- Método del evaporímetro de tanque
- Método de Hargreaves.

#### 2.1.4.2. DESCRIPCION DEL METODO UTILIZADO

Método de Hargreaves:

George H. Hargreaves, quien por muchos años se ha dedicado a investigar la forma de determinar los requerimientos de evapotranspiración de diversos cultivos, concluye en uno de sus últimos artículos publicados (4) que, "la utilización de formulas complicadas para determinar la evapotranspiración entorpece el trabajo del riego, en donde se requieren resultados de forma inmediata sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados.

Al igual que muchas fórmulas que existen para determinar evapotranspiración en forma indirecta, en la que Hargreaves incluye en el artículo mencionado, debe calcularse primero la evapotranspiración potencial, la que multiplicada por los coeficientes del cultivo ( $K_c$ ), nos da la evapotranspiración real; es decir:

$$E_{tr} = E_{tp} * K_c$$

Donde:

$E_{tr}$  = Evapotranspiración real

$E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial

$K_c$  = Coeficiente que depende de la etapa de desarrollo del cultivo.

La evapotranspiración potencial ( $E_{tp}$ ) se calcula de la siguiente manera:

$$E_{tp} = 0.0023 * R_a (T_c + 17.8) T_d^{0.5}$$

Donde:

$E_{tp}$  = Evapotranspiración potencial

$R_a$  = Radiación extraterrestre expresada en mm/día de evaporación, de acuerdo a la latitud del lugar. (ver cuadro 8A. )

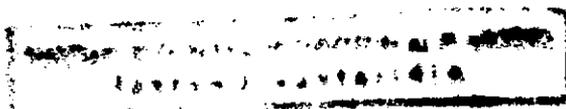
$T_c$  = Es la suma de la temperatura máxima mas la temperatura mínima dividido por dos, por día.

$T_d$  = Es la diferencia entre la temperatura máxima y mínima por día.

## 2.2 MARCO REFERENCIAL

### 2.2.1 UBICACION Y DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL:

El experimento fué realizado en el área de riego de la unidad de riego San Jerónimo, en el valle de San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz. Se localiza en las coordenadas 15°03'40" de latitud norte y 90°15'0" de longitud oeste.



En esta región ocurre una precipitación promedio de 975 mm. anuales distribuidos de mayo a noviembre, por lo que se hace necesario el empleo de riego cuando se cultiva en época en que la precipitación es prácticamente nula, durante los meses de noviembre y abril.

El valle de San Jerónimo, está ubicado dentro de la conformación ecológica sub-tropical seca según Holdrige. La temperatura promedio anual es de 21 °C, con una humedad relativa promedio anual de 73%, la elevación promedio sobre el nivel del mar es de 1000 metros (7).

Los suelos de la zona pertenecen a la clase agrológica I y se define en forma general, como profundos, textura media, estructura en bloque sub-angulares medianos, moderadamente desarrollados, de consistencia suave a ligeramente dura en seco y friable en húmedo; son suelos permeables con una zona radicular de 50 a 80 cms. (7).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL:

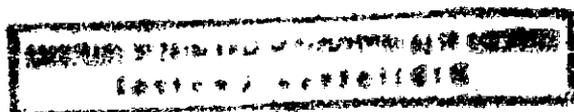
3.1.1 Evaluar el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento del cultivo del pepino, para la época y condiciones edáficas del área, basandose en el método del Balance Hídrico.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

3.2.1 Determinar la frecuencia de riego más adecuada para el cultivo y las condiciones del área.

3.2.2 Determinar la lámina total de agua consumida por el cultivo en cada tratamiento.

3.2.3 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable para cada tratamiento.



#### 4 HIPOTESIS

- 4.1 Los rendimientos obtenidos en el cultivo del pepino serán diferentes con la aplicación de las diferentes frecuencias de riego de 7, 10, 14, 17 y 21 días, así como la frecuencia variable aplicada de acuerdo a los requerimientos del cultivo.
  
- 4.2 El consumo de agua por parte del cultivo será diferente en los tratamientos regados con distintos intervalos de riego.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 ANALISIS Y DETERMINACIONES PREVIAS

Estos se realizaron con el propósito de conocer ciertos datos que serían de utilidad, para realizar en mejor forma la investigación.

#### 5.1.1 ANALISIS FISICO DEL SUELO:

En este análisis se determino la textura, Densidad aparente, Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente para cada uno de los estratos contemplados de acuerdo al cultivo.

Para realizar dicho análisis se tomaron varias submuestras del área experimental del estrato 0-40 cms, se homogenizaron y se enviaron al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA). La capacidad de campo y la densidad aparente se determinaron por métodos de campo. La primera se calculó haciendo uso de la parcela de 1 metro<sup>2</sup>. La densidad aparente se determinó por medio del barreno de densidades. Se tomaron varias muestras a las cuales se les calculó la densidad aparente por la fórmula:

$$Da = 100 * Psh / [Vt * (100 + Pa)]$$

Donde:

Da = densidad aparente en gr/cm<sup>3</sup>

Psh = peso de suelo húmedo en Kg.

Vt = porcentaje de humedad.

Pa = peso de suelo seco en Kg.

El punto de marchitez permanente se cálculo considerandolo como el 50% de la capacidad de campo.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro No. 1.

Cuadro 1. Resultados del Análisis Físico del Suelo.

MUESTRA	LABORATORIO	CAMPO		CALCULADO
(cms)	textura	Da(g/cc)	%CC	%PMP
0-40	Arcillosa	1.24	40	20

#### 5.1.2 ANALISIS QUIMICO DEL SUELO:

Para la realización del análisis químico del suelo, se tomaron varias submuestras para luego formar una muestra compuesta del área experimental, la cual fue enviada al laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). La finalidad de este análisis fué el de obtener recomendaciones en relación al fertilización del cultivo; los resultados del análisis se muestran en el cuadro No. 2.

Cuadro 2. Resultados Análisis Químico del Suelo.

pH	Microgramos/ml		MEQ/100 ml. de suelo	
	P	K	Ca	Mg
6.46	12.3	102	6.12	1.15

#### 5.2 MANEJO DEL CULTIVO:

Se utilizo la variedad Poinsett, que es de guías

vigorosas y de gran producción; sus frutos son de color verde obscuro, de 20 cms. de largo por 5 cms. de diámetro.

El trabajo experimental dio inicio con la preparación del terreno, para lo cual se dio un paso de arado a una profundidad de 40 cms., posteriormente se dieron dos pasos de rastra en forma cruzada para dejar bien mullido el suelo y luego se surqueo con una pendiente de 0.2% a una distancia de 1.20 mts. entre surcos.

La siembra se realizó el 7 de diciembre de 1989, esta actividad se hizo en horas frescas (por la tarde), a un distanciamiento de 0.2 mts. entre plantas.

La fertilización del cultivo se realizó siguiendo las recomendaciones del laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). El control de plagas hizo alternando productos químicos como: Lannate (Nombre técnico: Metomil), Metasytox (Nombre técnico: Demetón) en dosis de 25 cc/bomba; para el control de enfermedades se utilizaron los fungicidas, Mancozeb como preventivo y Ridomil (Nombre técnico: Metalaxil) en forma curativa.

El control de malezas se hizo en forma manual, la primera a los 10 días después de la siembra y la segunda a los 30 días después de la siembra.

### 5.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO:

#### 5.3.1 Trazo del experimento

Después de haber preparado el terreno, se procedió a la delimitación de las parcelas experimentales; el tamaño de las mismas fué de 8.4 por 4.5 mts., dejando 2.5 mts. entre parcelas, además se dejaron 4.0 mts. entre bloques construyendo la toma respectiva a 2.0 mts. antes del bloque y a 1.0 mts. después del bloque con un ancho de 1.5 mts. aproximadamente.

#### 5.3.2 Método de Riego a Utilizar:

Se utilizó el método de riego por gravedad en surcos, conduciendo el agua de las tomas a los mismos por medio de sifones, los cuales permitieron estimar el volumen de agua aplicado en cada surco, ya que fueron aforados previamente. Los sifones utilizados para este experimento fueron de PVC de 1" de diámetro y 1.5 mts. de largo. El escurrimiento al final de cada surco se evitó haciendo bordos alrededor de las parcelas.

#### 5.3.3 Riegos Generales:

Durante las dos primeras semanas del cultivo fue necesario regar uniformemente todo el ensayo para que al iniciar cada tratamiento la plantación estuviera completamente establecida.

#### 5.3.4 Lámina de Agua a Reponer en cada Riego:

Para poder calcular la lámina de agua a reponer en cada tratamiento, se hizo necesario conocer los datos siguientes:

- Porcentaje de humedad de capacidad de campo (%CC).

- Porcentaje de humedad de Punto de marchitez permanente (%PMP).
- Densidad aparente (Da).
- Profundidad radical diaria del cultivo (Zi).
- Cantidad de agua disponible en el suelo (Ad).

Los datos de % CC, % PMP, Da y Zi se utilizaron para calcular la cantidad máxima de agua que el cultivo puede retener en su zona radicular, en el día (i), calculandose con la siguiente fórmula:

$$Adp_i = (\%CC - \%PMP) * Da * Zi / 100$$

El valor de Zi se determino mediante la fórmula propuesta por Norero, citada por Grassi (3), la cual es la siguiente:

$$Zi = 1.8 * (t/tc) * (1.5 - t/tc) * Zm$$

Donde:

t = tiempo en días a partir de la fecha de siembra, varía de t=0 a t=c.

tc = Período de tiempo en días que dura el ciclo del cultivo, para este cultivo se tomo tc=75.

Zm = Profundidad radical del cultivo sin impedimento pedogénético. (cuadro 9A).

El valor de Ad, se calcula mediante el Balance

Hídrico Agrícola Acumulado, tipo FAO/OMM., cuyo procedimiento se detalla a continuación:

Los valores de Z y Adp se colocan en un cuadro, para el cálculo del Balance Hídrico, Z se escribe en la columna 2 y Adp en la columna 12. El formato de dicho cuadro es el siguiente:

**Formato Cálculo de Balance Hídrico, Método Agrícola Acumulado, municipio de San Jerónimo, Elevación 1000 M.S.N.M., Latitud 15°03'40"N, Longitud 90°15'0"O. cultivo: Pepino, variedad Poinsett.**

MES:

---

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)

---

Día Z Etp Kc Etm Ad-1/Adp-1 Etr/Etm Etr EtrA Lr Ad Adp

---

1

2

3

.

.

.

29

30

31

---

Donde:

La columna (1), indica el número de días a partir de cuando se empieza a computar el balance hídrico.

En la columna (2) se coloca la profundidad radicular diaria del cultivo.

En la columna (3) se escribe la evapotranspiración potencial, la cual se calcula por la fórmula de Hargreaves.

En la columna (4) se escribe el coeficiente del cultivo, el cual se tomara de las recomendaciones hechas por FAO.

En la columna (5) se anota el resultado de la fórmula:  $E_{tm} = E_{tp} * K_c$ .

En la columna (6) se escribe el cálculo de la relación del agua disponible el día anterior ( $A_{d-1}$ ) y la cantidad máxima de agua que el suelo puede retener en la zona radicular un día anterior ( $A_{dp-1}$ ).

En la columna (7) se anota el cálculo de la relación  $E_{tr}/E_{tm}$ , mediante la fórmula recomendada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM):

$$E_{tr}/E_{tm} = 1.03 - e^{-3.5 * (A_{d-1}/A_{dp-1})}$$

En la columna (8) se escribe el valor del calculo de la siguiente fórmula:  $E_{tr} = (E_{tr}/E_{tm}) * E_{tm}$ .

En la columna (9) se registra la evapotranspiración real acumulada.

En la columna (10) se anota la lámina que debe aplicarse en cada riego (Lr) y se determina de la siguiente manera:

$$Lr = Adp-1 - Ad-1$$

En la columna (11) se escribe la cantidad de agua disponible en mm.

En la columna (12) se escribe la cantidad máxima de agua que el suelo puede retener en la zona radicular en el día (i) (Adp).

El volumen de agua que se aplico en cada riego se determino usando la fórmula:

$$Vol. = A * Lr * 1000$$

Donde:

Vol = Volumen de agua requerido en litros.

A = Area de cada unidad experimental.

Lr = Lámina de riego aplicada.

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

El tiempo de riego se calculo de la forma siguiente:

$$Tr = Vol / (Q * 60)$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (minutos).

Q = Caudal del sifón que provee al surco (lts/seg.).

60 = Constante que transforma segundo a minutos.

### 5.3.5 Diseño Estadístico:

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar

debido a que la única variable de estudio fué la frecuencia de riego. El modelo estadístico es el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$M$  = Efecto de la media poblacional.

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

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

Se evaluaron 6 tratamientos con 4 repeticiones, siendo los tratamientos las frecuencias de 7, 10, 14, 17, 21 días y un tratamiento variable en cuanto a frecuencia, ya que se regó cuando se consumía el 50% de la humedad aprovechable.

Todas las frecuencias se distribuyeron al azar para cada una de las repeticiones y para el efecto se identificaron de la siguiente manera:

TRATAMIENTO	IDENTIFICACION
Riego cada 7 días	F - 7
Riego cada 10 días	F - 10
Riego cada 14 días	F - 14
Riego cada 17 días	F - 17

Riego cada 21 días	F - 21
Frecuencia variable	F - V

#### 5.3.6 Parcela Experimental:

Area total del experimento: 1778.4 m<sup>2</sup>.

Area neta del experimento: 907.2 m<sup>2</sup>.

Area por parcela experimental: 37.8 m<sup>2</sup>.

Area útil de cada parcela experimental: 27 m<sup>2</sup>.

Número de parcelas: 24

Distancia entre parcelas: 2.4 mts.

Distancia entre bloques: 4.00 mts.

Número de surcos por parcela: 7

Densidad de siembra parcela neta: 115 plantas.

Densidad de siembra parcela bruta: 161 plantas.

(Figura 7 del Apendice).

#### 5.3.7 Variables Respuesta:

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos, se analizaron las variables respuesta siguientes:

- Rendimiento de frutos comerciales en TM/ha.
- Mortalidad de plantas al final del ciclo del cultivo.

#### 5.3.8 Análisis de Resultados:

Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza, y por existir diferencias entre tratamientos, se realizaron pruebas de Tuckey con un nivel de significancia del 5%.

## 6 RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente experimento y la discusión de los mismos se presentan de la manera siguiente: Primero los resultados y análisis de las variables respuesta por medio de los cuales se evaluó el efecto de los diferentes tratamientos y luego el uso del agua por las plantas.

### 6.1 VARIABLES RESPUESTA:

Las variables respuesta evaluadas en este experimento fueron: Rendimiento de Frutos Comerciales en TM/Ha y la Mortalidad de Plantas al final del ciclo del Cultivo. En el cuadro No.3 se resumen los resultados de los promedios de rendimiento de frutos comerciales obtenidos en los diferentes tratamientos.

Cuadro 3. Rendimiento promedio de Frutos comerciales en TM/Ha.

TRATAMIENTO	Rendimiento en Tm/ha. de frutos comerciales
F-V	14.15
F-10	13.39
F-7	12.53
F-14	11.26
F-17	9.10
F-21	8.58

Como se puede observar en el cuadro anterior el rendimiento más alto corresponde al tratamiento F-V (riego cuando se agota el 50% de la humedad

aprovechable), mientras que el tratamiento F-21 (riego cada 21 días) fué el que produjo el rendimiento más bajo.

Los resultados de varianza para el rendimiento de frutos comerciales en TM/Ha se presentan en el cuadro No. 6 del apéndice, dicho análisis indica que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Al realizar la comparación de medias por la prueba de Tuckey (cuadro 7 del apéndice) se determina que los tratamientos F-V, F-10 y F-7 son estadísticamente iguales, ya que la diferencia entre ellos no es significativa y además produjeron los mejores rendimientos. El rendimiento más bajo se manifestó en el tratamiento regado cada 21 días.

En cuanto a la mortalidad de plantas al final del ciclo del cultivo se pudo observar que ningún tratamiento incidió en la misma, ya que ninguna planta murió por el efecto de las diferentes frecuencias de riego evaluadas.

Cabe señalar que debido a que los tratamientos F-V, F-7 y F-10 produjeron los rendimientos más altos y estadísticamente no existe diferencia significativa entre ellos, es conveniente utilizar para la región la frecuencia de riego de cada 10 días, por lo siguiente:

- 1- La utilización de la Frecuencia Variable tendría el inconveniente de que el agricultor debe llevar

registros diarios de Evapotranspiración, lo cual resulta muy difícil.

2- En cuanto al uso de la Frecuencia de riego cada 7 días, se tendría el inconveniente de que se aumentaría el número de riegos y por consiguiente aumentaría también el volumen de agua utilizado, así como los costos.

## 6.2 USO DEL AGUA:

En esta parte se hace referencia a la lámina de agua consumida y al agotamiento de la humedad aprovechable para cada uno de los tratamientos.

### 6.2.1 Lámina de agua consumida:

En el cuadro No. 4, puede observarse las láminas parciales y totales de agua consumida para cada uno de los tratamientos, dichas láminas fueron calculadas a través del método de Balance Hídrico; para cada riego se aplicó la lámina que fue consumida en el intervalo correspondiente a cada tratamiento. En el mismo cuadro se puede observar que el tratamiento que consumió la mayor cantidad de agua fue el F-7, seguido por los tratamientos F-V, F-10 y F-14, mientras que la menor cantidad de agua fue consumida por el tratamiento F-21.

Cuadro 4. Lámina de agua consumida, tiempo de riego y No. de riegos para cada uno de los tratamientos.

No. de Riego	TRATAMIENTOS											
	F-7	Tr	F-V	Tr	F-10	Tr	F-14	Tr	F-17	Tr	F-21	Tr
1	RIEGOS GENERALES											
2	(42.23 mm)											
3	28.97	8.7	65.13	19.5	51.29	15.4	56.59	16.9	65.13	19.5	74.61	22.4
4	34.04	10.2	66.16	19.8	48.31	14.5	59.05	17.7	69.38	20.81	76.87	23.1
5	34.31	10.3	52.26	15.7	46.84	14.1	57.57	17.3	64.91	19.5		
6	28.02	8.4	49.07	14.7	44.02	13.2	56.00	16.8				
7	27.71	8.3			40.85	12.3						
8	28.87	8.6										
9	29.47	8.8										
10	29.34	8.8										
TOTAL	282.96	72.1	274.85	69.7	273.54	69.5	271.44	68.7	241.65	59.8	193.71	45.5

En el cuadro anterior también se puede observar que el consumo de agua es mayor a medida que se acorta el intervalo de riego, lo cual es lógico ya que las plantas al disponer de una mayor cantidad de agua retenida a baja tensión tendrán a consumir una mayor cantidad de la misma. En cuanto a los tiempos de riego, se puede ver en el cuadro N. 4 que el tiempo total de riego para la frecuencia de 7 días es de 72.1 minutos, mientras que para la frecuencia de 21 días es de 45.5 minutos; puede apreciarse también que a medida que la frecuencia es más

larga el tiempo de aplicación por riego es más largo. Los tiempos largos de aplicación pueden influir en el suelo, provocando erosión y lavado de nutrientes, por lo que se considera que son más adecuados los tiempos cortos, los cuales se utilizan en las frecuencias cortas.

Además se puede observar en el mismo cuadro que el número de riegos varía de 10 para el tratamiento regado cada 7 días a 4 en el tratamiento regado cada 21 días, este factor influye en el costo de riego, ya que para las frecuencias cortas el costo de riego será mayor que para las frecuencias más largas.

#### 6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable del suelo:

El comportamiento de la humedad aprovechable del suelo para cada tratamiento se presenta en las figuras del 1 al 6 del apéndice, dicho comportamiento se estimó a nivel diario utilizando la técnica del Balance Hídrico. Se puede observar en estas figuras que durante el período de establecimiento del cultivo, en el cual todos los tratamientos fueron regados de la misma manera los valores de agotamiento de la humedad aprovechable fueron de 33.4% en los primeros 7 días (primer riego general) y de 26.4% a los 14 días. (segundo riego general).

Se observa además que durante todo el ciclo del cultivo en ninguno de los tratamientos el contenido de humedad del suelo descendió a valores correspondientes al punto de marchitez permanente; se puede notar también

que en todos los tratamientos el mayor agotamiento de la humedad aprovechable se manifestó en las etapas fenológicas finales del cultivo.

La figura 1A corresponde al tratamiento F-7, en ella se puede observar que el agotamiento de la humedad aprovechable fué ligeramente mayor durante las últimas etapas fenológicas del cultivo, alcanzando valores de 32%; sin embargo el porcentaje más alto de agotamiento se dio en la etapa de establecimiento del cultivo con un valor de 33.4%; estos porcentajes indican que el cultivo en esta frecuencia en ningún momento fue sometido a altas tensiones. El rendimiento obtenido se considera bueno ya que estadísticamente es igual al de la F-V y F-10, los cuales arrojaron los rendimientos más altos.

En la figura 2A, la cual corresponde al tratamiento F-V se puede observar que el porcentaje de agotamiento de humedad aprovechable se mantuvo a lo largo del ciclo en un 50%, ya que era el porcentaje necesario para hacer la aplicación del riego, lo que indica que no hubo escasez de agua disponible para el cultivo en esta frecuencia. Este fué el tratamiento en el cual se obtuvo los mejores rendimientos.

La figura 3A, corresponde al tratamiento F-10, se puede observar que el mayor porcentaje de agotamiento de humedad aprovechable fue de 45%, el cual se manifestó en las etapas fenológicas de floración y fructificación.

Dicho porcentaje indica que el cultivo no fue sometido a una tensión alta, lo que explica porque el rendimiento obtenido fué bueno, ya que estadísticamente es igual al obtenido en los tratamientos F-7 y F-V.

El comportamiento del agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento F-14 se muestra en la figura 4A. Se puede observar que en la etapa final del ciclo del cultivo el agotamiento de humedad aprovechable descendió a un 60%, lo que explica la baja en el rendimiento; ya que en esta etapa el cultivo requiere de una mayor cantidad de agua para la formación de frutos. Por lo que se considera que la falta de agua en el momento de la fructificación fué la causa de la baja calidad del fruto y por ende el bajo rendimiento obtenido en este tratamiento.

La figura 5A, corresponde al tratamiento F-17, se puede notar que el porcentaje máximo de agotamiento de humedad aprovechable fué de 66.5%, el cual se dio en la etapa final del ciclo del cultivo; lo que explica la baja en el rendimiento con relación a los tratamientos regados con frecuencias más cortas, ya que el cultivo careció de agua en la etapa que más la necesitaba, o sea en la formación del fruto.

En la figura 6A, se observa el comportamiento del agotamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento F-21, se puede observar que el valor máximo fué de 62.4%,

el cual se dio en la etapa de fructificación, lo que indica que el cultivo careció de agua en la formación del fruto. Esto explica de alguna forma porque en este tratamiento se obtuvieron los más bajos rendimientos.

## 7 CONCLUSIONES

- 7.1 El tratamiento F-V (riego cuando se consumía el 50% de la humedad aprovechable) y los tratamientos F-7 y F-10, fueron los que rindieron las mayores producciones de frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea, obteniéndose: 14.15, 13.39 y 12.53 respectivamente.
- 7.2 Los tratamientos de Frecuencias fijas, F-17 y F-21 fueron los que produjeron los rendimientos más bajos, obteniéndose: 9.10 y 8.5 TM/Ha.
- 7.3 Ninguna de las frecuencias de riego evaluadas provocó mortalidad de plantas al final del ciclo del cultivo.
- 7.4 La lámina de agua consumida disminuye a medida que aumenta el intervalo de riego, siendo de 31.2, 27.5, 27.4, 27.1, 24.2 y 19.4 centímetros para los intervalos de riego de 7, variable, 10, 14, 17 y 21 días respectivamente.
- 7.5 El agotamiento de la humedad aprovechable aumenta en los tratamientos regados con intervalos más largos, pero sin embargo dicho agotamiento nunca alcanzó valores correspondientes al Punto de Marchitez Permanente. El mayor agotamiento de humedad se dio en las etapas fenológicas de Floración, Fructificación y Cosecha.

## 8 RECOMENDACIONES

8.1 Bajo condiciones de poca disponibilidad de agua en la Unidad de Riego San Jerónimo se recomienda regar cada 10 días, ya que se pudo comprobar que con esta frecuencia se obtienen buenos rendimientos y se utiliza en una mejor forma el recurso agua.

8.2 Se recomienda desarrollar este tipo de investigaciones en otras regiones y otros cultivos, para tener una mejor información sobre los requerimientos de agua y frecuencias de riego adecuadas. Así mismo se recomienda realizar un análisis económico para futuras investigaciones relacionadas con el tema.

8.3 Se recomienda que en investigaciones posteriores sobre frecuencias de riego se considere la evaluación de una frecuencia variable que dependa del agotamiento de la humedad aprovechable del suelo y de esta forma poder establecer frecuencias de riego adecuadas para diferentes cultivos y zonas.

## 9 BIBLIOGRAFIA

1. BOSHEL, F. 1986. Curso de agrometeorología. Uruguay, s.e. P. 73-106
2. GONZALES DEL VALLE, J. 1975. Evaluación de distancias de siembra en pepino (Cucumis sativus L.) para ensalada. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 51 p.
3. GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Mérida, Venezuela, CIDIAT, Texto No. RD-8. 88 p.
4. HARGREAVES, H.G. Estimating crop evapotranspiration requeriments.  
  
Sin publicar.
5. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1979. Principios y aplicaciones de riego. Traducido por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté. 276 p.
6. KRAMER, J.P. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas; una síntesis moderna. México, Edutex. 362 p.
7. MARTINEZ GOMEZ, C. 1977. Influencia de la lámina de agua aplicada y frecuencia de riego; sobre el rendimiento del cultivo del frijol en la Unidad de Riego San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
8. OROZCO MONTENEGRO, W. J. 1987. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (Cucumis sativus L.). En el centro de Producción San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.

9. PORRAS MIRON, M.R. 1977. Selectividad de insecticidas en la polinización del cultivo del pepino (Cucumis sativus L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 30 p.
10. ROE, H.B. 1950. Moisture, requirements in agriculture, farm irrigation. Estados Unidos, Mac-Graw Hill. 179 p.
11. TELLO SAMALLOA, C.A. 1983. 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 de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
12. WHITHERS, D.W.; VIPOND, S. 1979. El riego, diseño y práctica. Traducido por Agustín Contín. México, Diana. 150 p.

U. B. C.  
*P. Tello*



APENDICE

Cuadro 5A. Rendimiento de frutos comerciales de pepino en toneladas métricas por hectarea.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROM.
	I	II	III	IV		
F-7	14.16	14.71	11.55	9.69	50.11	12.53
F-10	16.72	13.91	12.14	10.81	53.58	13.39
F-14	15.69	10.95	9.58	8.84	45.06	11.26
F-17	11.33	8.99	8.45	7.63	36.40	9.10
F-21	9.80	9.40	8.35	6.79	34.34	8.58
F-V	14.72	16.01	14.19	11.70	56.62	14.15

Cuadro 6A. Análisis de Varianza para el rendimiento de frutos comerciales en TM/Ha.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft. 5%
BLOQUES	3	68.370360	22.790	16.192	0.0001
TRATAMIENTOS	5	104.062700	20.813	16.613	0.0001
ERROR	15	18.791500	1.253		
TOTAL	23	191.224600			

COEFICIENTE DE VARIACION: 9.7296%.

Cuadro 7A. Prueba de Tukey para el rendimiento de frutos comerciales en TM/Ha.

TRATAMIENTO	MEDIAS	
F-V	14.153	A
F-10	13.395	A
F-7	12.530	A
F-14	11.263	B
F-17	9.100	C
F-21	8.583	D

Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 8A. Radiación extraterrestre expresada en equivalente de evaporación. en mm/día.

HEMISFERIO NORTE

Lat.	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
50.0	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48.0	4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46.0	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44.0	5.3	7.6	10.6	14.0	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42.0	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40.0	6.4	8.6	11.4	14.3	17.0	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38.0	6.9	9.0	11.8	14.5	17.2	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36.0	7.4	9.4	12.1	14.7	17.2	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34.0	7.9	9.8	12.4	14.8	17.1	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32.0	8.3	10.2	12.8	15.0	17.0	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30.0	8.8	10.7	13.1	15.2	17.0	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28.0	9.3	11.1	13.4	15.3	16.8	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8
26.0	9.8	11.5	13.7	15.3	16.7	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24.0	10.2	11.9	13.9	15.4	16.6	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22.0	10.7	12.3	14.2	15.5	16.4	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2
20.0	11.2	12.7	14.4	15.6	16.4	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18.0	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
16.0	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
14.0	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12.0	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.7	15.2	14.4	13.3	12.5
10.0	13.2	14.2	15.3	15.7	15.3	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8.0	13.6	14.5	15.2	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6.0	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4.0	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2.0	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0.0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Fuente: FAO/OMM.

Cuadro 9A. Zona principal de raíces de varios cultivos.

CULTIVO	PROFUNDIDAD (mts.)	CULTIVO	PROFUNDIDAD (mts.)
Alfalfa	0.9 - 1.8	Nueces	0.90 - 1.80
Algodon	1.2	Papa	0.60
Camote	0.90	Pastos	0.45
Cebolla	0.45	Pepino	0.45 - 0.60
Cereales	0.60 - 0.70	Remolacha	0.60 - 0.90
Fresa	0.30 - 0.45	Repollo	0.45 - 0.60
Frijol	0.60	Sorgo	0.75
Frutales	0.60 - 1.50	Soya	0.60
Lechuga	0.30	Tabaco	0.75
Maíz	0.75	Tomate	0.30 - 0.60
Maní	0.45	Uva	0.90 - 1.80
Melón	0.75 - 0.90	Zanahoria	0.45 - 0.60

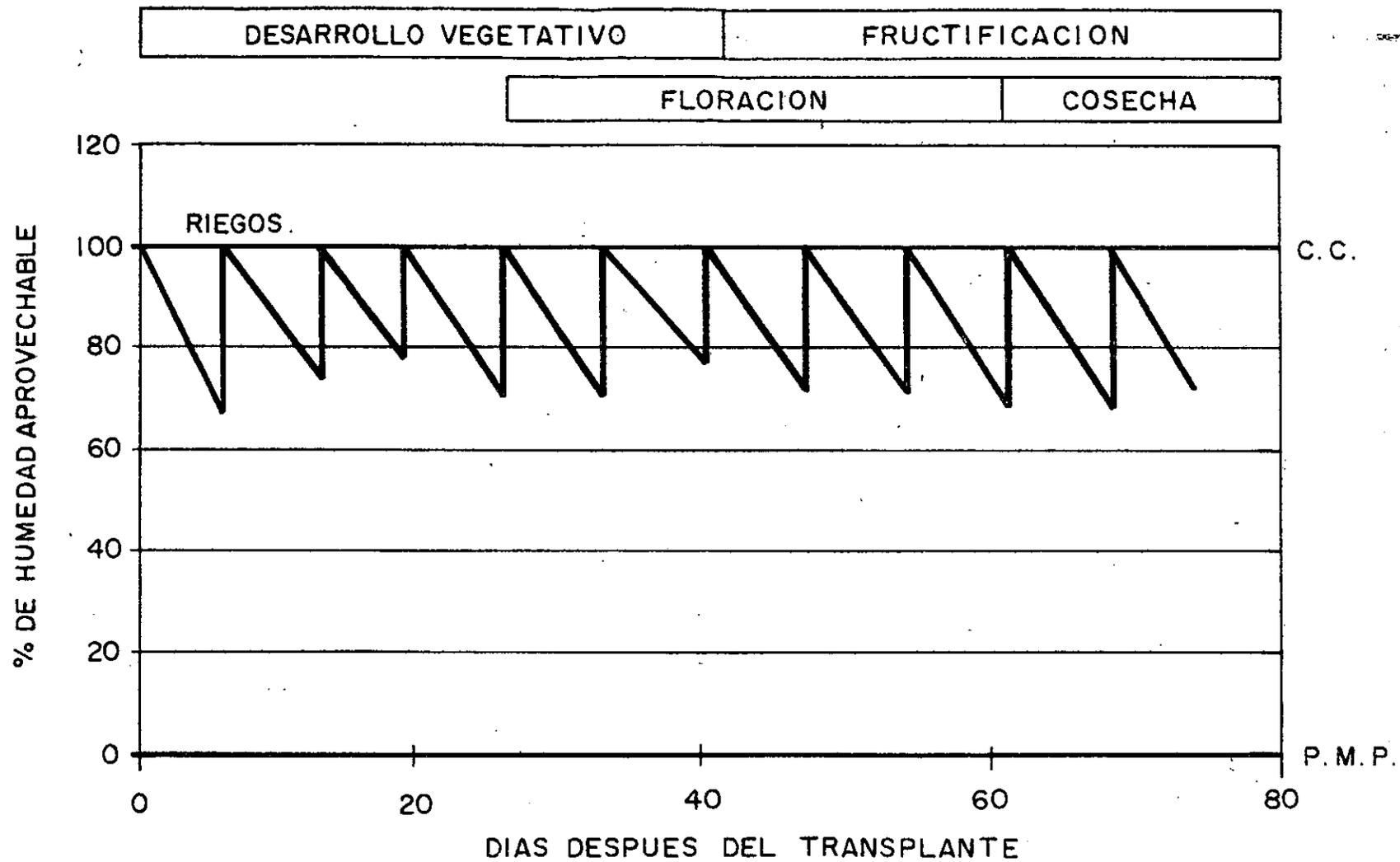


FIGURA 1.A AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE EN EL TRATAMIENTO F - 7

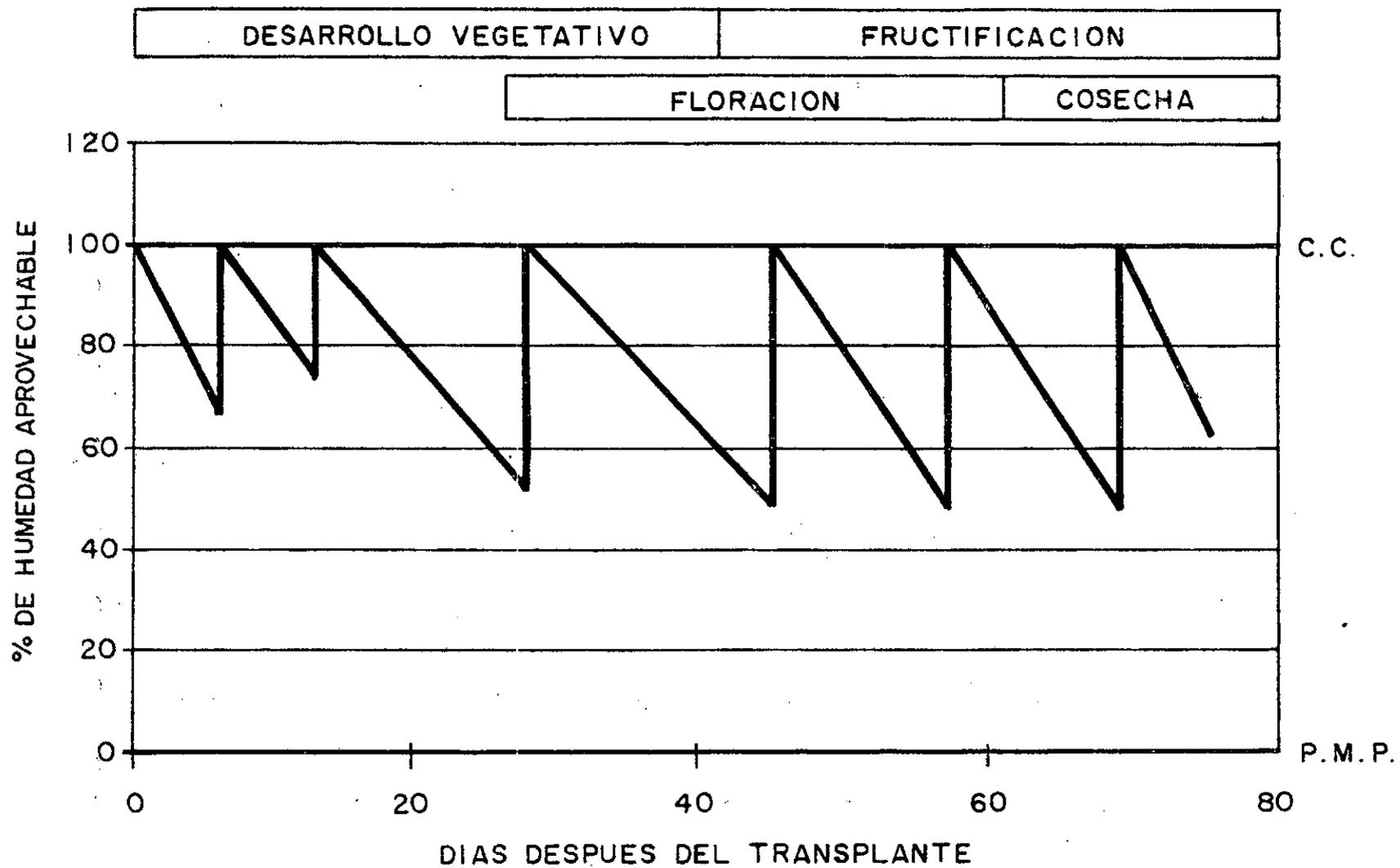


FIGURA 2.A AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE  
EN EL TRATAMIENTO F-V.

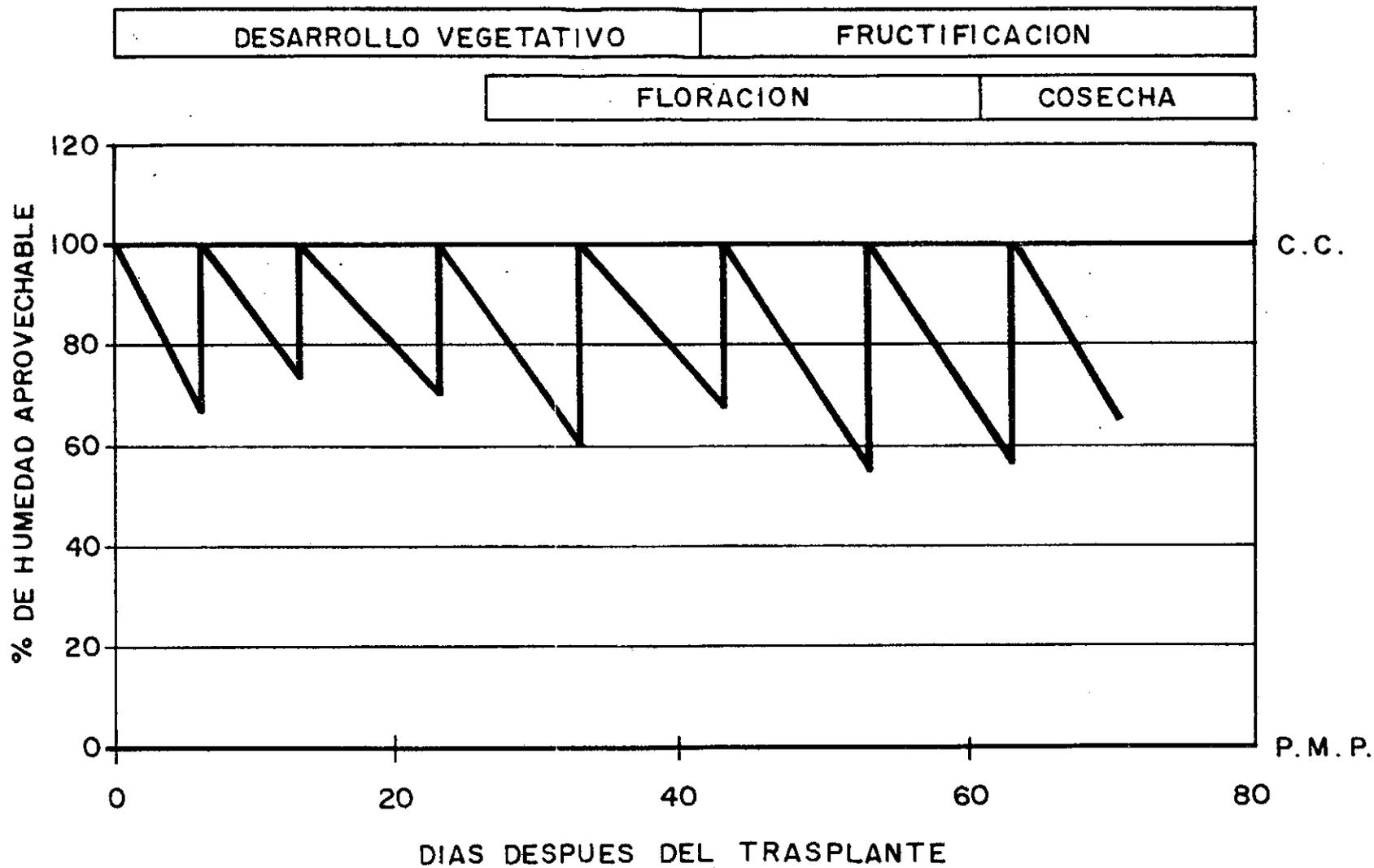


FIGURA 3. A AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE EN EL TRATAMIENTO F-10.

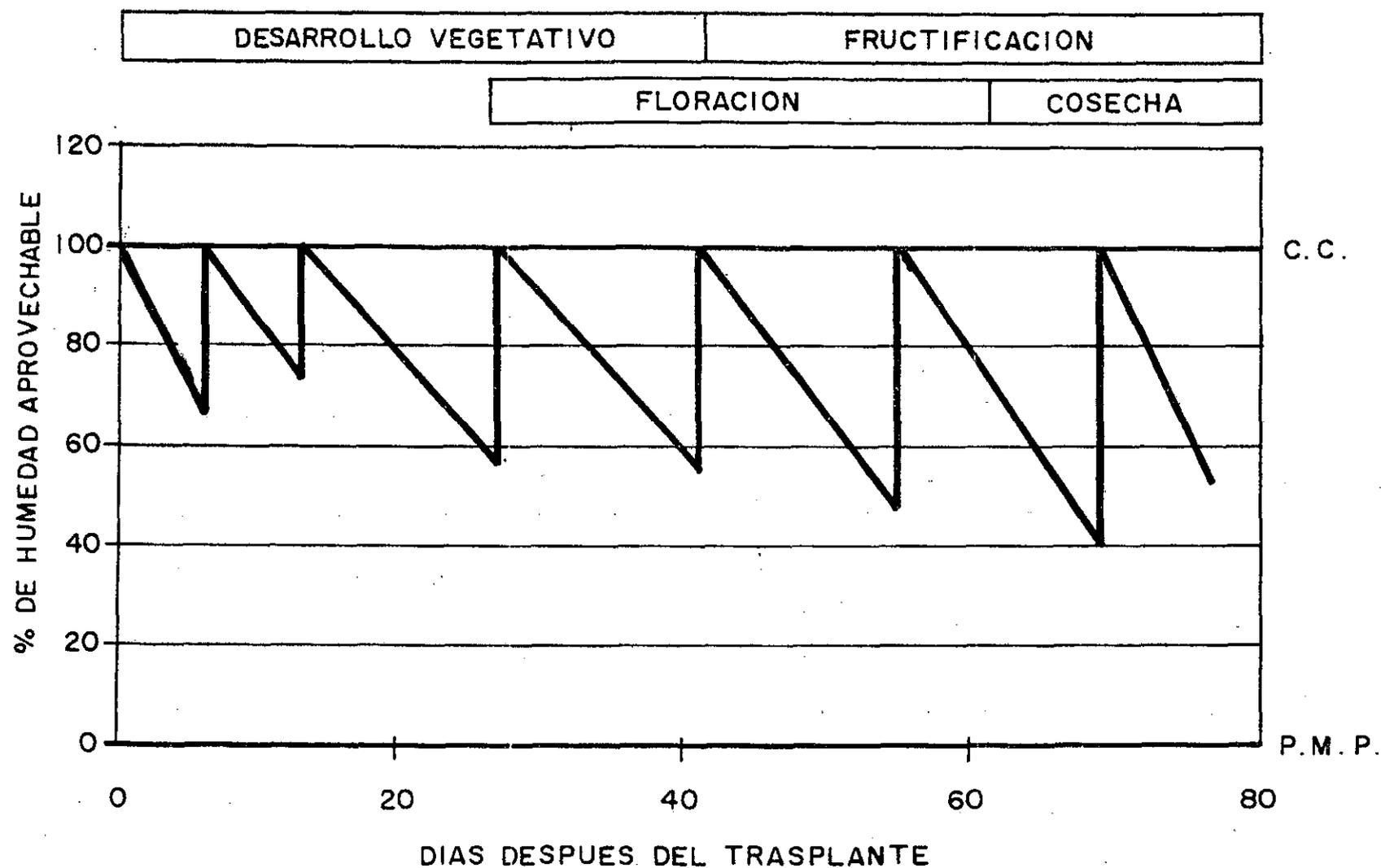


FIGURA 4. AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE  
EN EL TRATAMIENTO F-14

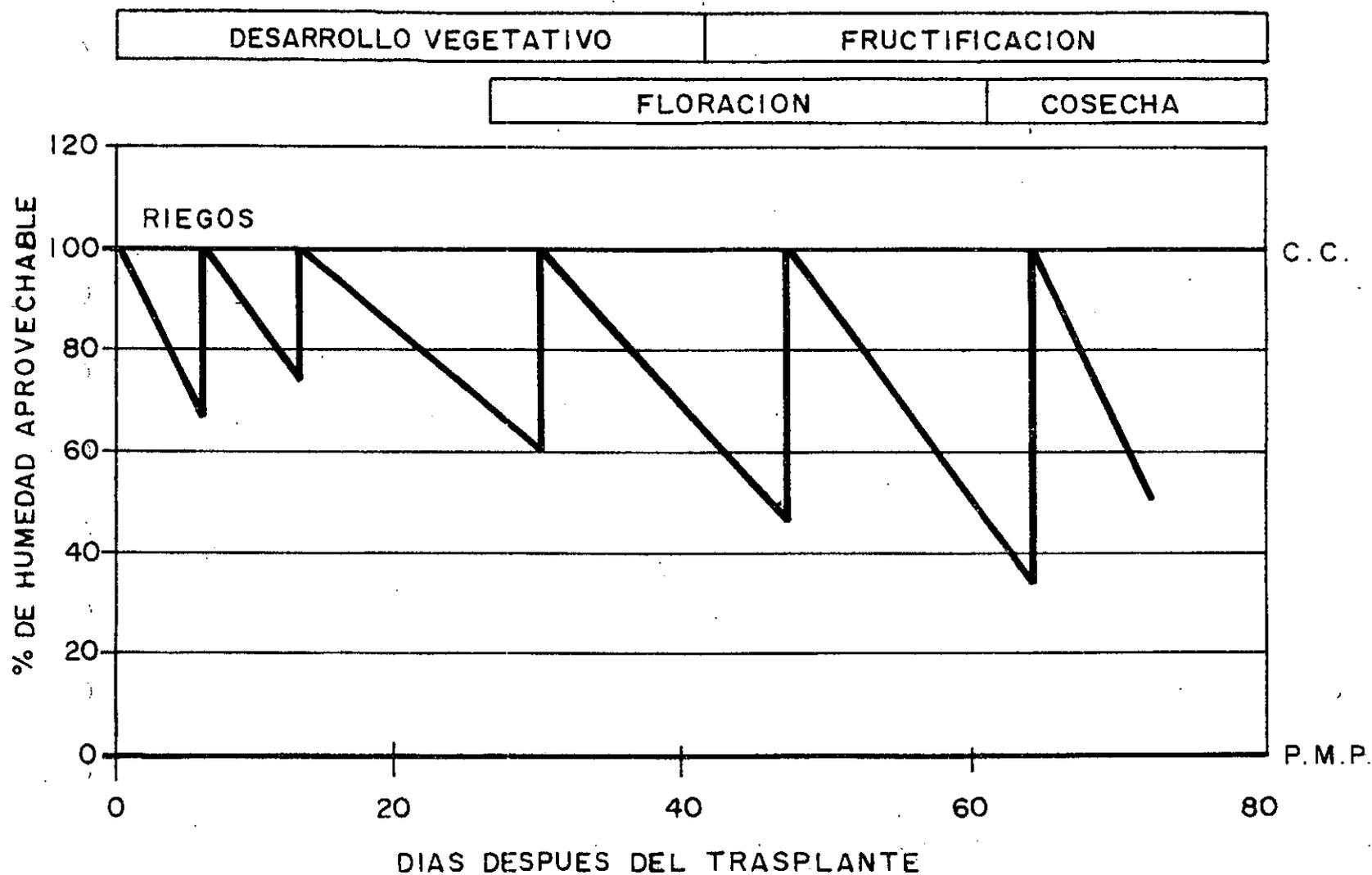


FIGURA 5.A AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE EN EL TRATAMIENTO F-17

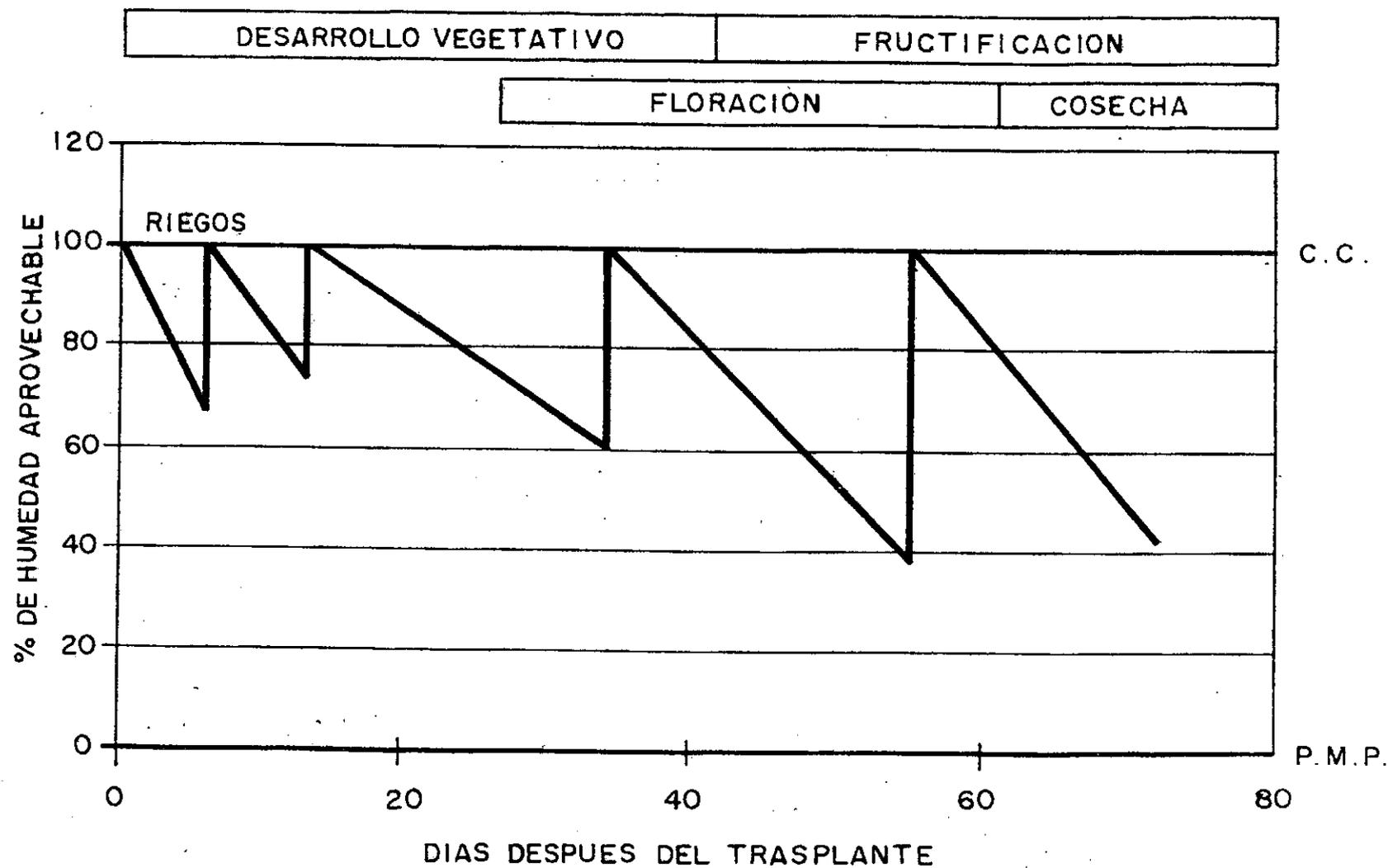


FIGURA 6. A AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE  
EN EL TRATAMIENTO F-21.





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

Ref: Sem.014-92

014  
 03-06-92

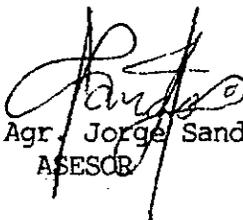
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL PEPINO (Cucumis sativus L.), USANDO EL METODO DEL BALANCE HIDRICO, EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: RICARDO ELISEO COJULUN LEONARDO

CARNET NO: 8515598

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: INGENIEROS AGRONOMOS EDDI VANEGAS Y DAVID JUAREZ.

EL ASESOR Y LAS AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA HACEN CONSTAR QUE HA CUMPLIDO CON LAS NORMAS UNIVERSITARIAS Y REGLAMENTOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

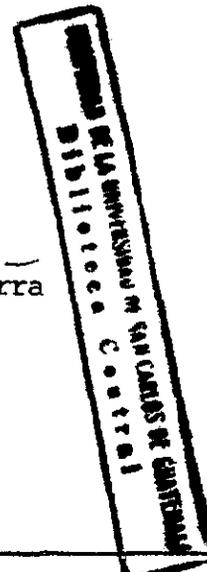
  
 Ing. Agr. Jorge Sandoval  
 ASESOR



  
 Dr. Luis Mejía de León  
 DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE:

  
 Ing. Agr. Efraín Medina Guerra



/sler.