

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO
Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CHILE PIMIENTO (Capsicum annum L.)
EN LA UNIDAD DE RIEGO RANCHO-JICARO.

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la
Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

CARLOS AUGUSTO TELLO SAMAYOA.

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1983.

DL
01
T(741)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
RECTOR

DR. EDUARDO MEYER M.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. Msc. César A. Castañeda S.
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Oscar René Leiva S.
Vocal 2o.:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Rolando Lara A.
Vocal 4o.:	Prof. Heber Arana.
Vocal 5o.:	Prof. Francisco Muñoz.
Secretario:	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador:	Ing. Agr. Marino Barrientos.
Examinador:	Ing. Agr. Miguel Leiva.
Examinador:	Ing. Agr. Edgar Martínez Tambito.
Secretario:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

10 de agosto de 1983.

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

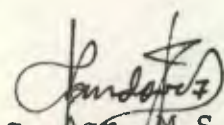
Señor Decano:

En atención al nombramiento recibido de esa Decanatura, me permito manifestar a usted que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis titulado "EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CHILE PIMIENTO (Capsicum annum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO - RANCHO-JICARO", desarrollado por el Universitario, Carlos Augusto Tello Samayoa.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. M.S.
Jorge Sandoval Illescas.

Guatemala, 10 de agosto de 1983.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

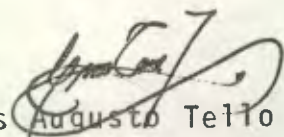
De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO
Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CHILE PIMIENTO (Capsicum annum L.)
EN LA UNIDAD DE RIEGO RANCHO-JICARO.

Como requisito previo a optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que sea merecedor de su aceptación, me suscribo de ustedes,

Respetuosamente,


Carlos Augusto Tello Samayoa.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

José Roberto Tello
Martha Samayoa de Tello.

A MIS HERMANOS:

Alicia, Roberto, Shený,
Aura y Quique.

A MIS TIOS, EN ESPECIAL

A:

Joaquín Tello.

A MIS ABUELOS:

Romelia (Q.E.P.D.), Ofelia
y Clemente.

A MIS CUÑADOS.

A MIS SOBRINOS.

A MIS AMIGOS EN GENERAL.

TESIS QUE DEDICO

A GUATEMALA

A NEBAJ-QUICHE

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LOS TRABAJADORES DE LA UNIDAD DE RIEGO RANCHO-JICARO

A TODOS LOS CAMPESINOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

- AL Ing. Agr. M.S. Jorge Sandoval Illescas por la asesoría en el presente trabajo y por su valiosa colaboración en la elaboración del mismo.
- AL Ing. Agr. M.C. César Cisneros por su colaboración prestada.
- AL Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía.
- A La Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA).
- A FERTILASA, S.A., especialmente al Ing. Mario Aguilar.
- A UNICAR, S.A. especialmente al Ing. Leonel Girón.

INDICE GENERAL

	<u>PAGINA</u>
INDICE DE CUADROS.	
INDICE DE FIGURAS.	
RESUMEN.	
1. INTRODUCCION.	1
2. HIPOTESIS.	3
3. OBJETIVOS.	4
4. REVISION DE LITERATURA.	5
4.1 Botánica, Fisiología y necesidades climáticas del cultivo.	6
4.2 Influencia de la humedad en el cultivo.	6
4.3 Frecuencia y programación del riego.	7
4.4 Evapotranspiración.	9
4.5 Métodos para determinar la evapotranspiración.	11
4.5.1 Métodos directos.	11
4.5.2 Métodos indirectos en función de datos climáticos.	12
5. METODOLOGIA	15
5.1 Descripción general de la unidad.	15
5.2 Descripción del área.	15
5.2.1 Factores geográficos.	15
5.2.2 Factores climáticos.	16
5.2.3 Factores edáficos.	16
5.3 Aspectos agronómicos.	16
5.3.1 Cultivo evaluado.	16
5.3.2 Método de riego.	17
5.3.3 Criterio para aplicar los riegos.	17
5.3.4 Manejo del cultivo.	21
5.4 Determinaciones físicas y químicas del suelo.	23
5.5 Manejo del experimento.	26
5.5.1 Materias y equipo.	26
5.5.2 Descripción del método y cantidad de agua a aplicar.	26
5.5.3 Diseño estadístico.	29
5.5.4 Parcela experimental.	29

	<u>PAGINA</u>
5.5.5 Variables respuesta.	29
5.5.6 Metodología para analizar los resultados.	30
6. RESULTADOS Y DISCUSION.	33
6.1 Desarrollo de las plantas y producción de frutos.	33
6.1.1 Altura de planta.	34
6.1.2 Número de plantas.	34
6.1.3 Número de frutos.	38
6.1.4 Longitud y diámetro de fruto.	39
6.1.5 Rendimiento.	39
6.2 Uso del agua.	40
7. CONCLUSIONES.	57
8. RECOMENDACIONES.	59
9. APENDICE.	60
10. BIBLIOGRAFIA.	69

INDICE DE CUADROS

	<u>PAGINA</u>
Cuadro No. 1: Propiedades físicas del suelo.	25
Cuadro No. 2: Propiedades químicas del suelo.	25
Cuadro No. 3: Análisis químico del suelo.	25
Cuadro No. 4: Resultados de los promedios de las variables respuesta de los 5 tratamientos.	33
Cuadro No. 5: Análisis de varianza para la altura de planta final.	34
Cuadro No. 6: Análisis de varianza para número de plantas vivas final.	37
Cuadro No. 7: Análisis de varianza para número de frutos total.	38
Cuadro No. 8: Rendimiento promedio para los cinco tratamientos.	40
Cuadro No. 9: Análisis de varianza para el rendimiento.	40
Cuadro No.10: Láminas de agua, en Cm, aplicadas en cada riego para los cinco tratamientos.	41
Cuadro No.11: Evapotranspiración total para los cinco tratamientos.	49
Cuadro No.12: Evapotranspiración semanal para los cinco tratamientos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.	55
Cuadro No.13: Etapas fenológicas del cultivo durante su ciclo de desarrollo para los cinco tratamientos.	56
Cuadro No.14: Resultados organizados de altura de planta final.	61
Cuadro No.15: Resultados organizados de número de plantas final.	61
Cuadro No.16: Resultados organizados de número frutos total.	62
Cuadro No.17: Resultados organizados de rendimiento.	62
Cuadro No.18: Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina de agua consumida para el tratamiento A.	63
Cuadro No.19: Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina de agua consumida para el tratamiento B.	64
Cuadro No.20: Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina de agua consumida para el tratamiento C.	65

Cuadro No. 21: Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina de agua consumida para el tratamiento D.	66
Cuadro No. 22: Control de humedad antes y después de cada riego y cálculo de la lámina de agua consumida para el tratamiento E.	67
Cuadro No. 23: Cálculo de evapotranspiración semanal por el método de Blaney-Criddle modificado por el SCS del USDA.	68

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura No. 1: Parcela individual.	19
Figura No. 2: Sección transversal de la parcela.	19
Figura No. 3: Parcela individual mostrando aplicación del agua.	20
Figura No. 4: Plano general del experimento.	31
Figura No. 5: Altura promedio de plantas durante el ciclo del cultivo para los cinco tratamientos.	35
Figura No. 6: Número promedio de plantas vivas durante el ciclo de cultivo para los cinco tratamientos.	36
Figura No. 7: Control de humedad para el tratamiento A.	44
Figura No. 8: Control de humedad para el tratamiento B.	45
Figura No. 9: Control de humedad para el tratamiento C.	46
Figura No.10: Control de humedad para el tratamiento D.	47
Figura No.11: Control de humedad para el tratamiento E.	48
Figura No.12: Evapotranspiración acumulada para los cinco tratamientos y en base a Blaney-Criddle.	50
Figura No.13: Tasa de evapotranspiración semanal para el tratamiento A.	53
Figura No.14: Tasa de evapotranspiración semanal para el tratamiento B.	53
Figura No.15: Tasa de evapotranspiración semanal para el tratamiento C.	53
Figura No.16: Tasa de evapotranspiración semanal para el tratamiento D.	54
Figura No.17: Tasa de evapotranspiración semanal para el tratamiento E.	54

RESUMEN

En la unidad de riego Rancho-Jícaro, ubicada en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y el Jícaro, del Departamento del Progreso, se llevó a cabo un experimento en el cultivo del Chile Pimiento (Capsicum annuum L.), evaluando 5 diferentes frecuencias de riego con el objeto de encontrar la frecuencia más recomendable para la época y condiciones del área, calcular las láminas de agua parciales y la total de cada tratamiento, y comparar los resultados de la evapotranspiración medida en el campo, de las diferentes frecuencias, con los resultados de la evapotranspiración obtenida en base a la fórmula de Blaney-Criddle.

Tomando en cuenta que la frecuencia de riego comunmente utilizada en la región es de 8 días, se dejó ésta como testigo, usando 2 frecuencias con intervalo más corto y 2 frecuencias con intervalo más largo; quedando de la manera siguiente: 4 - 6 - 8 - 10 y 12 días.

Los riegos se efectuaron utilizando sifones de PVC de 1 1/4 pulgadas y mangueras plásticas de 2.5 pulgadas de diámetro, las cuales sirvieron para transportar el agua a las diferentes parcelas en cada tratamiento.

Se tomaron muestras de suelo con un barreno de Gusano en estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad, con el objeto de determinar el contenido de humedad antes y después de cada riego, y así poder calcular la cantidad de agua a reponer en cada riego y el agua consumida por el cultivo entre un riego y el subsiguiente.

El diseño estadístico utilizado fué el de Bloques al Azar, con 5 tratamientos (4 - 6 - 8 - 10 y 12 días) y 4 repeticiones, haciendo un total de 20 parcelas en el campo.

Las variables respuesta en las que se apoyó éste experimento fueron:

- altura de planta, medida cada 15 días.
- número de plantas vivas, medida cada 15 días.
- número de frutos recolectados por parcela.
- longitud y diámetro de fruto.
- rendimiento por parcela en kg/ha.

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que las distintas frecuencias de riego produjeron rendimientos similares, esto lo respaldan también las variables altura de planta y tamaño de fruto; en lo referente al número de plantas vivas final y número de frutos recolectados sí hubo diferencia entre los tratamientos, siendo la frecuencia con intervalo de 4 días la que produjo menos plantas vivas y frutos respecto a las demás.

Con respecto a la evapotranspiración, se concluye que a medida que la frecuencia de riego se reduce, el consumo de agua es mayor. Por medio de análisis de regresión y correlación entre la evapotranspiración medida en el campo y la evapotranspiración calculada en base a la fórmula de Blaney-Criddle, se concluye que no existe correlación entre los 2 métodos.

Finalmente, de acuerdo a éste experimento y bajo las condiciones en que se realizó el mismo, se concluyó que la frecuencia de riego de 12 días es la más recomendable; sin embargo no puede decirse que es la mejor, debido a que no se probaron frecuencias con intervalo más largo. De acuerdo a las gráficas de control de humedad, en todos los casos, el porcentaje de humedad aprovechable por las plantas no bajó más del 55%, lo que indica que no se exploró todo el rango de humedad, debiendo en futuros experimentos usar frecuencias de riego más largas.

1. INTRODUCCION

El constante crecimiento de la población del país, obliga a que cada día se persiga incrementar los rendimientos de los cultivos en general, esto demanda el uso de una tecnología agrícola eficiente que integre factores como: La aplicación oportuna y cantidades adecuadas de agua, la selección de una buena semilla, fertilización, control de plagas, enfermedades y malezas.

En cuanto al riego, lo que se necesita saber, es la cantidad total de agua que se debe aplicar a un área dada, en un intervalo de tiempo dado, para asegurar los mejores rendimientos de los cultivos, bajo las condiciones climáticas existentes; y a la vista de este dato calcular de un modo correcto, los volúmenes que sea necesario almacenar en el suelo para su mejor utilización (14).

La investigación se realizó en un lugar representativo de la unidad de riego Rancho-Jícara, ubicada en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y el Jícara, del Departamento del Progreso. Tanto en esta unidad de riego, como en las otras existentes en el país, aún no se cuenta con estudios experimentales, o con bases teórico-prácticas sobre la aplicación oportuna y cantidades adecuadas de agua para los diferentes cultivos, principalmente los de importancia económica.

Los agricultores efectúan sus riegos empíricamente, aplicando normalmente cantidades excesivas de agua hasta saturar el suelo, a intervalos de acuerdo a su criterio y experiencia. Este inadecuado uso del agua implica un desperdicio de dicho recurso, por lo que el área potencialmente regable en la unidad, se ve reducida grandemente en perjuicio de los mismos usuarios; además habrá mayor incidencia de enfermedades fungosas, reducción de la aireación del suelo, y un lavado de nutrientes del mismo. Por otro lado existen muchos agricultores que por la ubicación de sus terrenos, se ven en la necesidad de regar por medio de sistemas de bombeo, y al aplicar cantidades excesivas de agua les implica un mayor gasto en combustible,

aceite, desgaste de los motores y jornales; todo esto incide en un incremento en los costos de producción.

Se trabajó con Chile Pimiento (Capsicum annum L.) variedad - Criolla, el cual es un cultivo de importancia económica para la región, motivando esto a la realización del presente trabajo. Se - cultivan aproximadamente entre 50-100 ha en la región, dependiendo de la época en que se haga (17). Para determinar el intervalo de riego y la lámina de agua a aplicar se utilizó el método de parcelas de campo, en el cual las muestras de suelo para determinar la humedad del mismo son tomadas a diferentes profundidades, depen - diendo del desarrollo radicular del cultivo.

Cabe mencionar que la inversión efectuada en la construcción y el constante mantenimiento de las unidades de riego del país, - son inadecuadamente aprovechadas, porque el agricultor no obtiene los beneficios esperados con dichas obras; ya que no hay investiga - ción ni introducción de nueva tecnología, habiendo únicamente man - tenimiento y administración en las mismas. Es conveniente que los operadores de los sistemas de riego elaboren calendarios para hacer más eficiente la entrega del agua y poder así regar una mayor área.

Con el presente trabajo se está iniciando un programa de in - vestigación en riego, el cual está considerado dentro de los linea - mientos del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA), de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se pretende estudiar diferentes aspectos en riego de los cultivos más importantes, en diferentes épocas y zonas de cultivo. Se con - templa la realización de investigaciones conjuntas entre: La Direc - ción de Riego y Avenamiento (DIRYA), el Instituto de Ciencia y Tec - nología Agrícolas (ICTA), y el IIA; esto con el objeto de aunar es - fuerzos y hacer más eficiente el uso de los recursos con que se - cuenta para la investigación.

2. HIPOTESIS

- a. Las diferentes frecuencias de riego, 4, 6, 8, 10 y 12 días, producirán rendimientos y tamaño de fruto diferentes.
- b. Si usamos frecuencias de riego más largas a la tradicional, que es de 8 días, entonces se estará produciendo un ahorro de los recursos en general.
- c. El valor total de la evapotranspiración medida durante el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente del valor total de la evapotranspiración calculada en base a la fórmula de Blaney-Criddle.

3. OBJETIVOS

- a. Determinar el efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento.
- b. Determinar cual de las cinco frecuencias de riego usadas, es la más recomendable para la época y condiciones del área.
- c. Determinar la lámina de agua a aplicar en cada riego y la lámina total en el ciclo del cultivo.
- d. Comparar los resultados de evapotranspiración medidos en el campo, con los resultados obtenidos en base a la fórmula de Blaney-Criddle.

4. REVISION DE LITERATURA

Tomando en cuenta la importancia que reviste este tipo de investigaciones, se hace necesario realizarlas en todas las zonas agrícolas del país, en diferentes tipos de suelos y en todos los cultivos de importancia económica. Actualmente no existen estudios relacionados con este tema, lo que dificulta el manejo adecuado del agua en las diferentes regiones agrícolas del país.

Existen varios métodos de investigación referente a las necesidades de agua que tienen los cultivos para proporcionarles cantidades adecuadas a intervalos adecuados de tiempo, con el propósito de utilizar eficientemente dicho elemento y obtener así una buena producción.

Hay dos variantes para determinar los tratamientos a aplicar a un complejo cultivo-suelo, de acuerdo a Grassi (1978), y son:

- a) Frecuencia fijada por el umbral de riego elegido para cada tratamiento, en donde la lámina de reposición es constante;
- b) Intervalo de riego en número preestablecido de días constante para cada tratamiento, en donde la lámina de reposición es variable.

En el caso de la lámina constante se requieren determinaciones frecuentes a fin de regar al nivel de humedad preestablecido. En cambio cuando la lámina es variable, solo es necesario conocer la humedad antes del riego a fin de calcular la lámina a reponer. La elección de uno u otro método depende principalmente del personal disponible y del cúmulo de trabajo del mismo, además ambos tienen sus ventajas y desventajas en cuanto a la operatividad del riego en el sistema, sobre todo en los distritos de riego donde el agua es entregada por turnos a los usuarios.

4.1 Botánica, Fisiología y necesidades climáticas del cultivo

El pimiento es una Solanácea del género *Capsicum*, con seis especies principales y diez especies secundarias. Es una planta anual, herbacea, de crecimiento determinado. Su sistema radicular es pivotante con numerosas raíces adventicias sobre el hipocotílo, alcanzando una profundidad de 70-120 cm. La altura de las plantas varía de 0.30-1 m, según las variedades. Las flores son blancas con cinco pétalos soldados y cinco sépalos soldados entre sí, son además irregulares y aparecen en la axila de las hojas contando una flor por nudo, pendiente o erguida. La flor del pimiento es frágil. Las hojas tienen un período grande y un limbo aovado o lanceolado. El fruto es una baya generalmente amarilla o roja en su madurez. Las semillas son aplastadas y lisas, pudiendo contarse de 150-200 por gramo; ricas en aceite conservan su poder germinativo durante tres o cuatro años (3).

El ciclo vegetativo de ésta planta depende de las variedades, de la temperatura en las diferentes épocas (germinación, floración, maduración), de la duración del día y de la intensidad luminosa. El pimiento necesita una temperatura media diaria de 24°C. Debajo de 15°C la vegetación es mala y con 10°C el desarrollo del cultivo se paraliza. Con temperaturas superiores a los 35°C la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco. El fruto maduro es rico en vitamina C; el fruto verde contiene cantidades ya apreciables, puesto que 100 gr. de fruto seco proporcionan la ración necesaria de una persona de peso medio (3).

El pimiento se planta sobre suelos de estructura grumosa, areno-limosa o limosa, ricos en humus. Necesita un buen drenaje, pues sufre asfixia radicular, El PH más conveniente, está entre 6.5-7 (3).

4.2 Influencia de la humedad en el cultivo

De acuerdo a Rojas (1977), las hortalizas anuales cultivadas por sus frutos, tal es el caso del chile pimiento, son sensibles a

la dotación de agua cuando los frutos comienzan a desarrollarse. Existen pruebas que en algunos de estos cultivos el crecimiento se ve reducido significativamente.

Milthorpe, citado por Rojas, afirma que es una condición general que el crecimiento de raíces sea estimulado por un vigoroso desarrollo foliar y, por lo contrario, es restringido por el creci-miento de los frutos. Por lo tanto los cultivos que fructifican continuamente, necesitan una frecuente reposición de agua en las capas superiores del suelo.

De manera general puede decirse, que el cultivo del chile pi-miento tiene una necesidad uniforme de agua durante todo su ciclo vegetativo, ya que las irregularidades favorecen la necrosis apli-cal de los frutos. La escasez de agua durante el período vegetativo tiene, en general, un efecto negativo sobre el rendimiento, produciéndose la máxima reducción del mismo cuando no hay un suminis-tro continuo de agua hasta el momento del primer corte. El principio de la floración es la etapa más sensible a la escasez de agua, no debiendo exceder del 25% el agotamiento del agua del suelo en la zona radical; esto según Doorembos y Kassam (1979). La sequía se manifiesta por un follaje verde oscuro y por la caída de las flores, reduciendo el número de frutos y produciendo efectos fisiológicos negativos en los mismos. Por otro lado el exceso de humedad se caracteriza por una coloración verde claro, que finalmente puede conducir a la asfixia radicular (3).

4.3 Frecuencia y programación del riego

De acuerdo a Israelsen y Hansen (1979), en términos generales los factores que influyen sobre el momento más oportuno de regar son: Factores edáficos, climáticos, épocas de siembra, necesidades de agua de los cultivos, disponibilidad de agua y capacidad de la zona radicular para almacenar la misma.

Los cultivos de zona radicular superficial requieren riegos más frecuentes que aquellos de sistema radicular más profundo (3). Doorembos y Kassam (1979) afirman que el chile pimiento tiene una raíz pivotante que al momento del trasplante se rompe, desarrollándose un sistema de raíces laterales muy ramificado. La profundidad de las raíces puede llegar hasta 1 m, pero en condiciones de riego las raíces se concentran principalmente en la capa superior del suelo, a 0.30 m de profundidad. Además, indican que la textura del suelo influye directamente en la frecuencia y lámina de agua por cada aplicación. Los suelos arenosos requieren mayor frecuencia de riego, en cambio los suelos limosos almacenan mucha agua y por tanto requieren menor frecuencia, pero mayor cantidad de aplicación.

Las hortalizas difieren bastante en la profundidad de raíces y sus necesidades de riego. Mac Gillirray y Donnen (1947) dirigieron numerosos experimentos sobre riego en hortalizas, en California. En uno de dichos experimentos relacionaron parcelas con riego y parcelas sin riego sobre chile pimiento y otros cultivos, concluyendo, en el caso del chile, que había un aumento del 365% en rendimiento a favor de las parcelas con riego (11).

Según Doorembos (1976), la regularidad y adecuada programación en el suministro de los riegos son tan importantes como la lámina total de agua aplicada en el campo. Aunque el agua se aplique correctamente, un riego demasiado frecuente reducirá la eficiencia de aplicación del mismo, al aumentarse algunas pérdidas como son por conducción y distribución. Por el contrario, el riego tardío, especialmente cuando la planta es muy sensible a la tensión de humedad del suelo, pueden tener efectos negativos muy significativos sobre el rendimiento del cultivo, aunque el volúmen total de agua aplicado durante todo el ciclo vegetativo sea aproximadamente el mismo.

Para obtener altos rendimientos en el cultivo del chile pimiento, de acuerdo a Doorembos y Kassam (1979), el agotamiento del agua del suelo no debe exceder del 30-40% del agua total disponible en -

el suelo. Son corrientes frecuencias de riego de 4-7 días. Cuando la disponibilidad de agua es escasa, el riego debe efectuarse adecuadamente hasta el primer corte, pudiéndose hacer ahorros a partir de entonces.

Para la región de St. Rémy - de - Provence (Francia) en ensayos sobre chile pimiento se recomienda lo siguiente:

- El primer riego inmediatamente después del trasplante.
- El segundo riego ocho días después.
- El tercer riego cinco semanas después del trasplante.
- A partir de la floración, los riegos son moderados, uno cada quin ce días.
- Después de la floración un riego cada semana (3).

4.4 Evapotranspiración

Según Israelsen y Hansen (1979), la evapotranspiración es la suma de la Transpiración y la Evaporación. La transpiración es el agua que penetra a través de las raíces y es utilizada en la construcción de tejidos, o emitida por las hojas y devuelta a la atmósfera. 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. Además indican, que el volumen de agua evapotranspirado por las plantas depende de: El agua que tienen a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta, de su follaje y de la naturaleza de sus hojas.

Penman, citado por Grassi (1975), define dos tipos de evapotranspiración, la potencial y la real.

Con respecto a la evapotranspiración potencial, la define como la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta total-

mente 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 la ecuación aerodinámica, permite concluir que la evapotranspiración potencial depende de las siguientes variables:

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

Donde:

E_{tp} = evapotranspiración potencial

R_g = radiación global

r = coeficiente de reflexión o albedo

T = Temperatura del aire

e_a = tensión de vapor del aire

u = velocidad del viento

n = número de horas del sol.

Con respecto a la evapotranspiración real, las variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, las condiciones edáficas y los niveles de humedad en el suelo, tanto en espacio como en tiempo, modifican la definición anterior de evapotranspiración potencial, actuando como factores reductores de la misma. La ecuación de evapotranspiración real puede expresarse en función de la evapotranspiración potencial:

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

Donde:

E_t = evapotranspiración real o actual

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

De esta manera se concluye que la evapotranspiración real, por medio del coeficiente K , considera el efecto físico-fisiológico que se deriva de la planta y el suelo; mientras que la evapotranspi

ración potencial, incluye aspectos de orden físico que dependen del clima.

Varios experimentos han sido llevados a cabo para determinar el uso del agua por el cultivo del chile pimiento en diferentes lugares. Según T. Skoze, el chile pimiento para especias, necesita únicamente de 180-200 mm de agua desde el trasplante hasta la madurez; mientras que el pimiento dulce requiere de 500-600 mm. Doolittle estima que las necesidades para el pimiento dulce oscilan entre 1500-2500 mm (3). Otro experimento, de riego por goteo, realizado por el Ing. Rosales Jayme en el Rio Yaqui, Sonora (México) sobre chile, recomienda aplicar una lámina de agua de 850 mm (16). Doolittle y Kassam (1979) indican que este cultivo necesita de 600 1250 mm para obtener altos rendimientos.

4.5 Métodos para determinar la Evapotranspiración

Existen varios métodos para determinar la evapotranspiración, los cuales serán brevemente discutidos a continuación, de acuerdo a Israelsen y Hansen (1979).

4.5.1 Métodos Directos.

Estos métodos determinan la cantidad de agua evapotranspirada en un período de tiempo, midiéndola directamente.

Existen métodos para determinar la cantidad de agua consumida por los cultivos y la vegetación natural. Los problemas que surgen son numerosos, independientemente del método empleado. El origen del agua que va a ser utilizada para el ciclo de vida de la planta, ya sea de lluvia, de riego, o subterránea; es un factor determinante en la elección del método a seguir.

Dentro de éstos métodos, los principales son:

- 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.

4.5.2 Métodos indirectos en función de datos climáticos.

Varios investigadores han estudiado en qué medida la temperatura, humedad, velocidad del viento, presión de vapor, y la radiación solar; influyen en la evapotranspiración, desarrollando así fórmulas que correlacionan éstos parámetros climáticos con la evapotranspiración. Estos estudios se han realizado en diferentes regiones del mundo, existiendo más de 18 fórmulas experimentales, siendo las más importantes:

- Método de Penman.
- Método de Thornthwaite.
- Método de Lowry-Johnson.
- Método de Blaney-Criddle.

Para la presente investigación, el método de campo o directo que se utilizó para determinar la evapotranspiración es el de parcelas experimentales, haciendo las determinaciones de la humedad del suelo por medio del método Gravimétrico. Estos datos se compararon posteriormente con los obtenidos por medio del método de Blaney-Criddle, el cual se basa en datos climáticos. Debido a esto, a continuación se describen únicamente los dos métodos utilizados.

a. Parcelas Experimentales. Según Israelsen y Hansen (1979), las medidas de la humedad del suelo en parcelas experimentales, en el campo, son más reales que las realizadas con tanques y lisímetros. Wadsworth fué el primero en medir el consumo de agua por las plantas en parcelas experimentales, durante 10 años (1902-1911). Es apropiado para aquellas regiones con suelos uniformes y la profundidad del agua subterránea es tal que no influye en las fluc-

tuaciones de la zona radicular principal. El inconveniente de este método es que hay que realizar un gran número de determinaciones de humedad del suelo para obtener la precisión adecuada.

Para la obtención de la humedad del suelo se recurre al método Gravimétrico, que aunque laborioso y costoso es de gran valor. La práctica consiste en barrenar hasta las profundidades deseadas, extraer las muestras de suelo húmedo obtenidas, colocarlas en cajas de aluminio con tapadera, y llevarlas al laboratorio para su posterior desecación y pesado. Las muestras de suelo húmedo se colocan en hornos a una temperatura de 105-110°C, hasta que quedan exentas de humedad. La pérdida de peso por desecación, dividida por el peso del suelo seco y multiplicando el resultado por 100, es el tanto por ciento de humedad referido a peso seco. Este método está limitado por el tiempo que transcurre entre la toma de muestras y su desecado en el horno, que por lo regular es de 24 hr. (3).

- b. Método de Blaney-Criddle.- De acuerdo a Grassi (1975), el método de Blaney-Criddle (1950) fué desarrollado para las condiciones áridas del oeste de los Estados Unidos, proponiendo una fórmula simplificada, habiéndose recogido gran abundancia de datos para determinar los coeficientes que deben ser empleados para los diferentes cultivos. Esta fórmula relaciona valores reales (actuales) de evapotranspiración, con la temperatura media mensual, t , y el porcentaje mensual de las horas anuales del brillo solar, p . La fórmula general, que permite determinar la evapotranspiración real del mes es:

$$u = k \cdot f$$

Para el ciclo vegetativo de un cultivo de n meses es:

$$U = \sum_{i=1}^N (K \cdot f) = K \cdot F$$

Donde:

k = coeficiente mensual del cultivo.

f = factor de evapotranspiración mensual.

K = Coeficiente del cultivo para la estación de crecimiento o ciclo vegetativo.

F = Suma de los factores mensuales de evapotranspiración.

Las expresiones anteriores son válidas para la temperatura en °F y evapotranspiración en pulgadas. Para temperatura en °C y u en mm/mes, la expresión de f es:

$$f = (0.457 + 8.13)p$$

La fórmula de Blaney-Criddle requiere un coeficiente de cultivo variable a lo largo del período de crecimiento. Un trabajo del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, discutido por Castilla Perez (1965), introduce un factor de correlación de k en función de la temperatura media mensual y del crecimiento del cultivo:

$$k = k_t \cdot k_c$$

Donde:

$$k_t = 0.24 + 0.0312t \text{ } ^\circ \text{C}$$

k_c = factor de cultivo, varía a lo largo del ciclo vegetativo.

La fórmula de Blaney-Criddle, de acuerdo a Grassi (1975), ha dado valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias (menores de 5 mm/día) y valores inferiores con altas exigencias (mayores de 5 mm/día). Este método, aún cuando emplea los mismos datos que el método de Thornthwaite, presenta la ventaja de haber sido desarrollado en base a datos obtenidos en experiencias de riego, en condiciones de aridez y semi-aridez; por lo tanto se utilizó ésta fórmula, debido a que la presente investigación se realizó en condiciones similares.

5. METODOLOGIA

5.1 Descripción general de la unidad

La unidad de riego Rancho-Jícaro se inició en enero de 1971 con un área de diseño de 895 ha, contando con diversos cultivos, entre los principales están: Tomate, Chile, Tabaco y Pastos. Cuenta con una gran fuente de abastecimiento de agua que es el Río Motagua, cuya calidad es $C_1 S_1$ (U.S.D.A. Manual 60. 1952); esto indica que es un agua adecuada para riego, baja en sales y sodio, y cuya calidad no se altera.

Los suelos que abarca ésta unidad están dentro de las primeras tres clases agrológicas de la manera siguiente:

Clase I	= 668 ha	= 54.84%
Clase II	= 485 ha	39.82%
Clase III	= 65 ha	= 5.34%

En total suman 1,218 ha, que es a lo que se pretende llegar en el programa de consolidación de dicha unidad (6).

5.2 Descripción del área

Los datos del área donde se llevó a cabo el presente experimento fueron tomados de Méndez (1979).

5.2.1 Factores geográficos.

La unidad de riego se encuentra ubicada en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y el Jícaro, del Departamento del Progreso. Está limitada al norte por el río Motagua; al sur por un área montañosa; al poniente por la aldea el Rancho; y al oriente por el río Tambor. Se encuen

tra en la intersección de las coordenadas 14°56' latitud norte y 89°05' longitud oeste. En un sentido general, la zona forma parte del valle de la Fragua, rodeado por montañas, deduciéndose por lo tanto que su pluviosidad coincide.

5.2.2 Factores climáticos.

Se caracteriza por el predominio de un clima cálido-seco, con una altitud de 260 m s n m . La precipitación es escasa y mal distribuida por la influencia que ejercen las condiciones orográficas, ya que los vientos provenientes del mar Caribe, conducen las nubes a las partes montañosas. Se distinguen dos estaciones; el verano que es cálido y seco, que va de noviembre-abril con una precipitación máxima mensual de 5 mm; y el invierno que va de mayo-octubre con una precipitación máxima mensual de 164 mm. La precipitación total anual alcanza un promedio de 739 mm. Respecto a la temperatura, la mínima es de 24.5 °C y la máxima de 29 °C. La humedad relativa mínima es de 57% y la máxima de 69%.

5.2.3 Factores edáficos.

Los suelos son aluviales, depositados por el río Motagua, su textura es media, profundos, bien drenados, con un PH entre 7.5-7.95, con contenidos de materia orgánica de 2.28-4.37%. Tiene un horizonte "A" de textura media, con moderada capacidad de retención de humedad, y un horizonte "B" de textura gruesa, con baja capacidad de retención de humedad. La topografía es ligeramente ondulada, con un desnivel del 1-3% hacia el río Motagua, la erosión es casi nula y el riego es posible sin mayores problemas.

5.3 Aspectos Agronómicos

5.3.1 Cultivo evaluado.

El cultivo que se evaluó en el presente trabajo es el Chile Pi

miento Criollo. Se excluye el uso de variedades, ya que el criollo es el único con posibilidades de comercialización a nivel regional y nacional; además, por su calidad, consistencia, grosor de cáscara, costumbre de consumo, costo de semilla, y la más importante que es la adaptabilidad al medio.

5.3.2 Método de riego.

Se utilizó el método de riego por inundación, ya que es el que se acostumbra en la región, derivando el agua de la toma por medio de sifones de 1 1/4 pulgadas para la aplicación del agua en surcos separados 0.80 m y una distancia entre plantas de 0.30 m, como lo muestran las figuras Nos. 1 y 2, esto nos da una densidad de siembra de 41,667 plantas/ha.

Para conducir el agua a las diferentes parcelas en tratamiento se utilizaron mangueras plásticas de 2.5 pulgadas de diámetro (ver figura No. 3), esto con el objeto de no hacer una toma para cada bloque (repetición) y evitar así dificultades en el manejo del agua; además prácticamente anular las pérdidas por conducción. Estas mangueras se colocaron en el extremo de descarga del sifón, para llevar así el agua hasta la parcela a regar.

Debido a que la toma de agua fue construida de tierra, para uniformizar el caudal de descarga de los sifones se procedió a medir el tirante de agua que se mantuvo en cada parcela, utilizando para ello un caballete graduado y trompos de madera que se pusieron en cada surco, donde descansaba el extremo de cada sifón.

5.3.3 Criterio para aplicar los riegos.

Para determinar los intervalos entre riegos, se partió de la frecuencia utilizada por los agricultores de la región, que es de 8 días; tomando dos frecuencias con intervalo más corto y dos frecuencias con intervalo más largo; quedando los tratamientos de la manera siguiente:

- Tratamiento A= frecuencia de riego de 4 días.
- Tratamiento B= frecuencia de riego de 6 días.
- Tratamiento C= frecuencia de riego de 8 días.
- Tratamiento D= frecuencia de riego de 10 días.
- Tratamiento E= frecuencia de riego de 12 días.

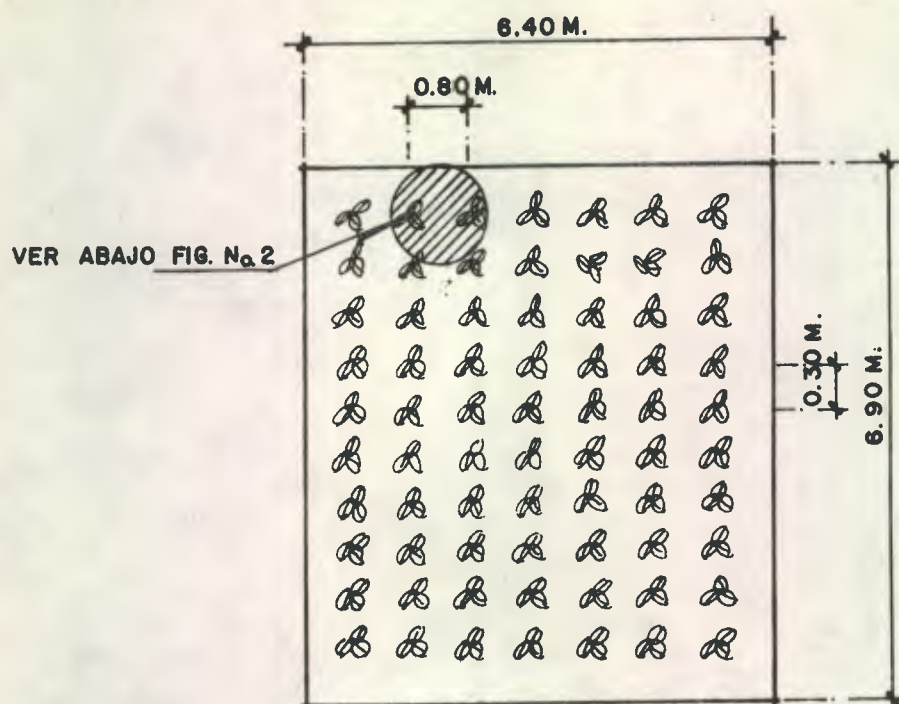


FIGURA No. 1 PARCELA INDIVIDUAL

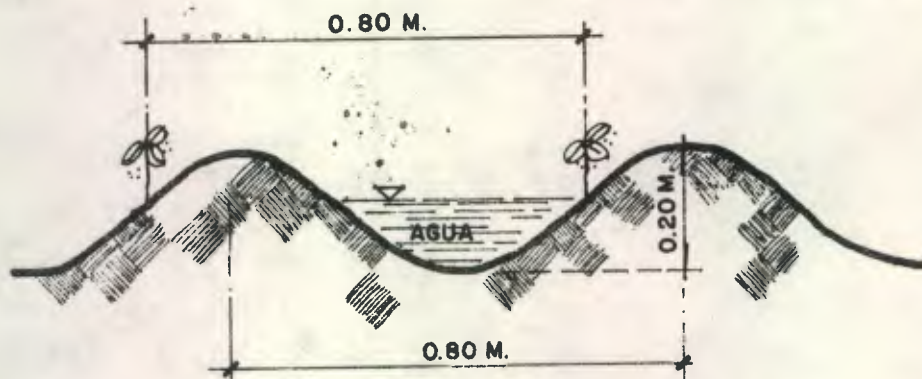
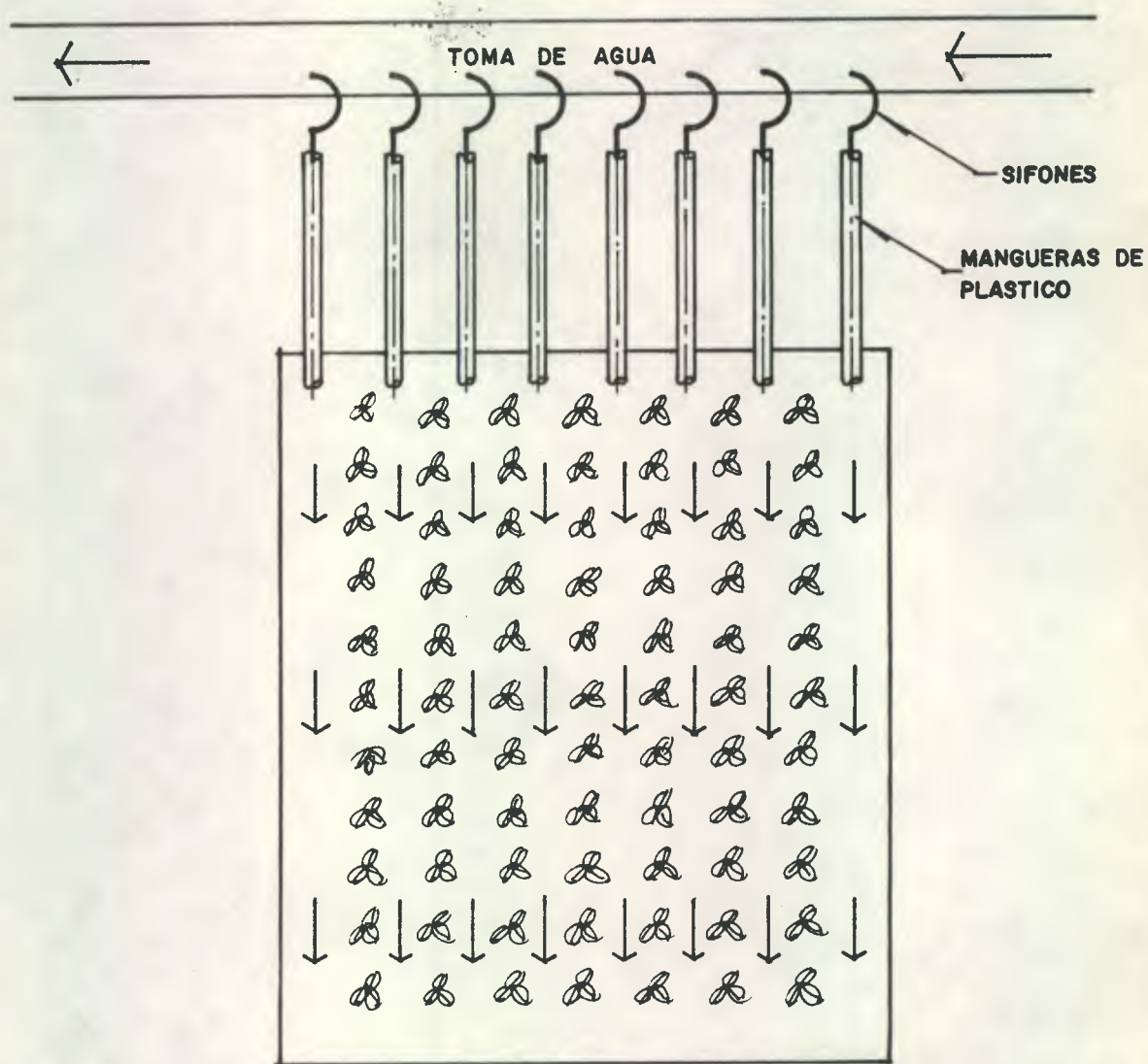


FIGURA No. 2 SECCION TRANSVERSAL DE LA PARCELA

FIGURA No. 3

PARCELA INVIDUAL MOSTRANDO APLICACION DEL AGUA



5.3.4 Manejo del cultivo.

a. Preparación de semilleros. La preparación de semilleros comenzó con la elaboración de un tablón de 15 m de largo, 1 m de ancho y 20 cm de altura, acondicionando la tierra lo y más fina posible para favorecer la germinación de las semillas. Luego se procedió a la desinfección del tablón con Bromuro de Metilo, que es un gas de difusión muy fuerte que actúa contra hongos, insectos y nemátodos del suelo. Se utilizó un bote de 1.5 lb, cubriendo antes de la aplicación todo el tablón con un plástico, para evitar el escape del gas y obtener así los mejores resultados. Después de 48 hr. se quitó el plástico, se rastrilló el tablón para facilitar la salida del gas y se dejó aireando 3 días. Antes de la siembra se colocaron las semillas entre agua durante 1 hr, esto con el fin de acelerar su germinación; después se pusieron al sol para secarlas exteriormente, luego se les desinfectó con Agallol en polvo. Se realizó después la siembra al chorrillo en hileras separadas a 10 cm y a una profundidad mínima, debido a su sensibilidad, ya que a profundidades mayores de 1 cm germinan con dificultad o no lo hacen. Luego se cubrió el tablón con heno para guardar la humedad del suelo. El heno se quitó cuando se tuvo aproximadamente un 80% de germinación. El semillero se regó 2 veces diarias (mañana y tarde) para asegurar la germinación. A los 10 días de germinadas las plantas se abonó con un fertilizante foliar aplicándolo al agua de riego, además de Agallol y Dithane, para evitar el ataque de hongos.

b. Trasplante. Dos días antes de hacer el trasplante al campo, se dejó de regar el semillero, con el propósito de crear resistencia en las plantas y lograr una buena adaptación de las mismas. También se efectuó un riego en todo el tablón antes de trasplantar, para facilitar el arranque de las plantas. El trasplante se realizó un mes después de la siembra, colocando una planta por postura en la parte del surco hasta donde llega el agua de riego (ver figura No. 2), a una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.30 m entre plantas, como puede observarse en la figura No. 1. A las raíces de las plantas se les aplicó una lechada de tierra arcillosa con Agallol y agua pa-

ra prevenir enfermedades fungosas. Se efectuaron 2 riegos en las parcelas de campo; uno un día antes del trasplante, y el otro inmediatamente después del mismo, con el objeto de fijar las plantas al terreno.

c. Labores culturales. Se realizaron 2 limpiezas en forma manual. La primera se hizo 15 días después del trasplante, y la segunda 30 días después de la primera. La fertilización se hizo de acuerdo a los resultados de las muestras de suelo enviadas al Laboratorio de Suelos del ICTA (ver cuadro No. 3), siendo la primera 10 días después del trasplante, aplicando 2.5 qq/mz de 46-0-0 y 2 qq/mz de 0-0-60; en esta aplicación se agregó un insecticida-nematicida a razón de 35 lb/mz. La segunda aplicación se realizó 30 días después del trasplante, aplicando 2 qq/mz de 46-0-0. Estas aplicaciones se hicieron por el método de posturas.

El control de plagas y enfermedades se realizó eficientemente con los productos químicos siguientes:

- Gusano nochera (Agrotis sp., Prodenia sp.): Después del trasplante se notó su presencia, procediendo a aplicarse a la base del tallo un cebo compuesto por afrecho, azúcar, agua y Dipterex SP-95.
- Picudo del chile (Anthonomus eugenii). Se controló eficientemente desde el principio de la floración hasta la fructificación con con Folidol M-48 y E 605.
- Tizón tardío (Phytophthora infestans) y Tizón temprano (Alternaria solani): Se hicieron aplicaciones preventivas con Cupravit verde y Antracol.
- Gusano de la fruta (Heliothis sp.): Se controló eficientemente con Lannate, evitando las aplicaciones cercanas a la cosecha, debido a su toxicidad.
- Hubo una infestación de Marchitez del chile, se tomaron muestras

y se llevaron al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se determinó que era causada por el Hongo *Phytium*. Esta enfermedad dañó un poco más al tratamiento más húmedo, que tenía frecuencia de 4 días; pero en general se mantuvo controlada con Ridomil y aplicaciones a la base del tallo con Agallol.

5.4 Determinaciones físicas y químicas del suelo

Para determinar estas propiedades del suelo se tomaron muestras a 30 y 60 cm de profundidad, colocándolas luego en cajas de cartón debidamente identificadas, para luego ser enviadas al Laboratorio de Suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA), ver cuadros Nos. 1 y 2. Respecto a las características físicas determinadas, - las más importantes son: Textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. En cuanto a la capacidad de campo, que es uno de los valores más importantes, por ser la humedad que debe alcanzar el suelo en cada riego, también se determinó por medio del método de campo. Este método es el más práctico, y consiste en hacer un cuadro en el campo de 1 m^2 , luego se levantan dos bordos alrededor, de unos 20 cm. de altura, después se satura de agua toda el área, incluyendo el espacio comprendido entre bordos. Por ser un suelo de textura arenosa, se empieza a muestrear a las 24 hr. con intervalos de 2-6 hr. entre un muestreo y otro a diferentes profundidades, en este caso a 30 y 60 cm. Por lo regular la capacidad de campo se obtiene a los 2 días de estar muestreando, pero si se pueden hacer más muestreos, se lograrán resultados más exactos. Por medio del método gravimétrico se obtiene el porcentaje de humedad, como se explicó en el capítulo correspondiente a Revisión de Literatura. Al obtener todos los datos, se grafican los valores de porcentaje de humedad-tiempo, colocando el tiempo en las abscisas y el porcentaje de humedad en las ordenadas; hasta que al seguir variando el tiempo, llegue a ser constante el porcentaje de humedad; correspondiendo este último, al valor de capacidad de campo.

El análisis químico, de acuerdo al cuadro No. 3, es el que va

a indicar el nivel de fertilidad del suelo. Para esto se tomaron muestras en diferentes puntos de la capa arable, o sea a unos 20 cm. de profundidad; se pusieron en cajas debidamente identificadas y se enviaron al Laboratorio de Suelos del ICTA.

ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO

CUADRO No. 1

PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

ESTRATO (Cm)	TEXTURA	D.a (gr/cc)	P.M.P. 15 At. %	C.C	H.A. %
0-30	Franco	1.2634	6.62	20.10	13.48
30-60	Franco Arenoso	1.3475	5.83	20.80	14.97

CUADRO No. 2

PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO

ESTRATO (Cm.)	PH	M.O. %	C.T.I.	meq / 100 gr.					SATURACION
				Ca	Mg	Na	K	H	BASES %
0-30	8.15	1.17	12.13	14.63	2.19	0.21	0.46	-	100
30-60	8.20	0.71	11.22	13.45	1.90	0.20	0.35	-	100

CUADRO No. 3

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

No. MUESTRA	PH	P	K	Ca	Mg
1	7.5	50	88	14.34	4.92

5.5. Manejo del Experimento

5.5.1 Materiales y equipo.

- Tractor (aradura, rastra y surqueado)
- Sifones de 1 1/4"
- Mangueras plásticas.
- Barreno tipo gusano
- Horno eléctrico
- Balanza eléctrica
- Cajas de aluminio
- Semilla de chile
- Bomba de mochila
- Fertilizantes
- Pesticidas
- Regadera
- Azadón
- Machete.

5.5.2 Descripción del método y cantidad de agua a aplicar.

Al principio, con el trasplante se regaron uniformemente todas las parcelas para proporcionarle a las plantas las condiciones más adecuadas para su establecimiento, esto por el término de una semana. Ya establecida la plantación, se empezó a trabajar cada tratamiento en forma individual, regando con el intervalo de riego correspondiente.

Para determinar la humedad del suelo se empezó con la toma de muestras; se tomó una muestra antes de regar para saber cuanta agua se ha consumido y así poder determinar la cantidad de agua a reponer, luego se tomó una muestra después del riego para verificar si el suelo llegó a su capacidad de campo. La toma de muestras se hizo con el barreno tipo gusano en espesores de 0-30 y 30-60, ya que se considera que dentro de los mismos se concentra la mayor actividad radicular del cultivo.

El contenido de humedad de las muestras se determinó en base a peso húmedo y peso seco, por medio del horno eléctrico, a una temperatura de 105-110 °C durante 24 hr. hasta lograr así un peso constante. La ecuación empleada es la siguiente:

$$Ps = \frac{Psh - Pss}{Pss} \cdot 100$$

Donde:

Ps = porcentaje de humedad

Psh= Peso del suelo húmedo

Pss= peso del suelo seco.

Siguiendo con este procedimiento se obtuvo la evapotranspiración para un período determinado y la total del cultivo, calculando los porcentajes de humedad de cada estrato y empleando la ecuación siguiente:

$$Li = Psi \cdot Da \cdot Pr$$

Donge:

Li = Lámina consumida en un período determinado.

Psi= Porcentaje de humedad consumida para un período determinado.

Da = densidad aparente del estrato considerado.

Pr = Profundidad radicular del estrato considerado.

En este caso, esta fórmula se va a aplicar de 0-30 y de 30-60 cm, para luego sumar las láminas de los dos estratos.

La evapotranspiración total se obtuvo de la ecuación siguiente:

$$E_T = \sum_{i=1}^N Li$$

En cuanto a la cantidad de agua a aplicar, la fórmula que se utilizó para determinar la lámina de auxilio fué la siguiente:

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

Donde:

- La = lámina de auxilio
 P_{scc} = porcentaje de humedad a capacidad de campo
 P_{sar} = porcentaje de humedad antes del riego
 Da = densidad aparente
 Pr = profundidad del estrato (cm).

Para calcular el volúmen de agua que se aplicó en cada riego, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vol = A \cdot La$$

Donde:

- Vol = volúmen de agua requerida (m^3)
 A = Area de la parcela (m^2)
 La = lámina de auxilio (m)

Conociendo el caudal de cada sifón, ya sea por medio de tablas graduadas en base al tirante y al diámetro o aforando el sifón, se procedió a calcular el caudal que dan 8 sifones, que es el número de surcos de agua que tiene cada parcela, luego se calculó el tiempo que tardan los 8 sifones en dar el volúmen de agua requerido para cada parcela por medio de la siguiente fórmula:

$$Tr = \frac{Vol}{Q}$$

Donde:

- Tr = Tiempo de riego (min)
 Vol = volúmen de agua requerido (m^3)
 Q = caudal de los 8 sifones (M^3/min).

5.5.3 Diseño Estadístico.

En el presente trabajo, se consideró adecuado utilizar el diseño estadístico: Bloques al Azar, con 5 tratamientos (4 - 6 - 8 - 10 - 12 días) y 4 repeticiones.

5.5.4 Parcela Experimental.

Area total de la unidad experimental: $1,290.24 \text{ m}^2$
 Area útil total de la unidad experimental: 883.20 m^2
 Area de cada parcela neta: 44.16 m^2
 Area de cada parcela útil: 24.48 m^2
 Número de parcelas : 20
 Distancia entre parcelas: 1.60 m
 Distancia entre bloques: 2.0 m
 Número de surcos de cultivo de la parcela neta: 7
 número de surcos de cultivo de la parcela útil: 5
 Densidad de siembra: 161 plantas/parcela neta.
 85 plantas/parcela útil.

En la figura No. 4, se muestra la distribución de las parcelas en el campo y sus dimensiones.

5.5.5 Variables respuesta.

Las variables respuesta consideradas en este experimento fueron:

- Altura de planta cada 15 días.
- Número de plantas vivas cada 15 días.
- Longitud y diámetro de fruto.
- Rendimiento de fruto en kg/ha.

Para eliminar el efecto de borde, las variables respuesta fue ron medidas únicamente dentro de la parcela útil, usándose los 5 surcos centrales de cultivo.

Debido a que la maduración del fruto no es uniforme, es neces

rio efectuar varios cortes al cosechar. Para este experimento se efectuaron 4 cortes, iniciándose el 25 de febrero de 1,983 y terminándose el 10 de marzo del mismo año.

Para evaluar la producción obtenida, cada parcela se cosechó individualmente, procediéndose a cortar los frutos que llenaban los requisitos de mercado, en lo referente a color y tamaño, de jándolos en su respectivo surco. Luego se tomaron al azar 2 frutos por surco, haciendo un total de 10 frutos por parcela para medirles longitud (cm) y diámetro (cm); seguidamente se procedió a contar todos los frutos cortados de cada parcela, para finalmente obtener su peso en libras. Este mismo sistema se utilizó para las 20 parcelas del ensayo, en los 4 cortes realizados a lo largo del experimento.

El tamaño de fruto (longitud y diámetro) únicamente se promedió para los 4 cortes para cada parcela, luego se obtuvo el promedio para cada tratamiento; esto debido a que fué uniforme en los 4 cortes y para todas las parcelas de cada tratamiento.

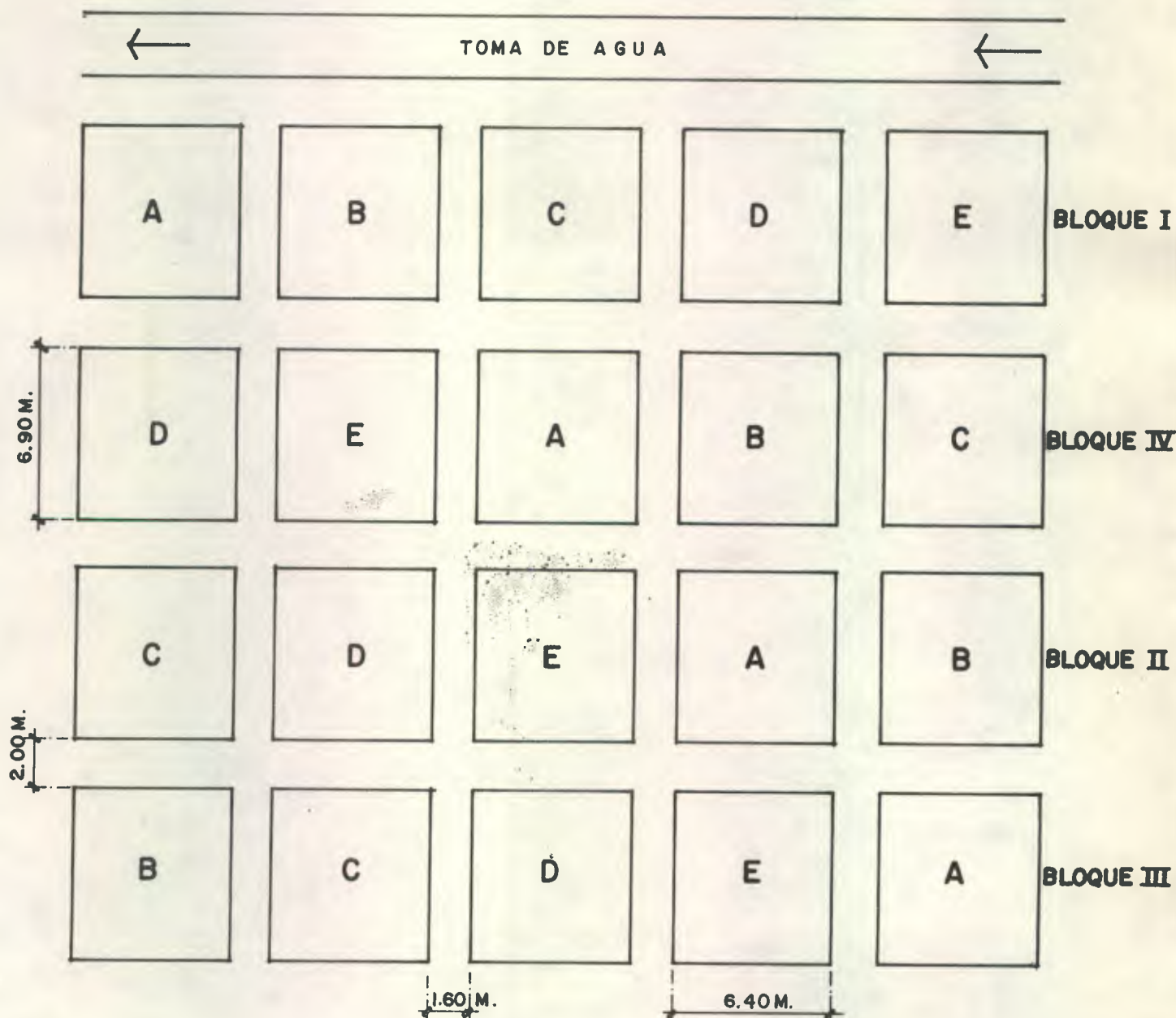
La variable respuesta altura de planta también fué medida en las plantas cultivadas en la parcela útil, haciéndolo cada 15 días a partir del trasplante. El procedimiento consistió en tomar la altura con una cinta métrica en los cinco surcos centrales de cada parcela, tomando 2 plantas por surco, haciendo un total de 10 plantas por parcela. Se hicieron un total de 5 mediciones durante todo el ciclo de la planta.

El número de plantas vivas por parcela útil se computó quincenalmente conjuntamente con altura de planta para cada parcela de cada tratamiento, efectuando 5 mediciones a lo largo del ciclo de vida de la planta.

5.5.6 Metodología para analizar los resultados.

- Análisis de varianza, con el objeto de determinar diferencia entre tratamientos.

FIGURA No. 4
PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO



- Comparación de medias usando la prueba de Tukey, para determinar diferencia entre las medias de los tratamientos.
- Análisis de Tendencias, Regresión y Correlación de los modelos Lineal, Cuadrático, Logarítmico y Geométrico de las variables respuesta que presentaron diferencia significativa y las diferentes frecuencias de riego, recurriendo para ello al Centro de Estadística y cálculo, de la Facultad de Agro-nomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente experimento y la discusión de los mismos, separándose en dos partes. En primer lugar se presentan los resultados y los análisis respectivos de las variables respuesta en las cuales se apoyó este experimento. En la segunda parte se hace un enfoque sobre el uso del agua por las plantas en los diferentes tratamientos, y su comparación con los resultados obtenidos en base a la fórmula de Blaney-Criddle.

6.1 Desarrollo de las plantas y producción de frutos

Como ya se mencionó, las variables respuesta medidas en el presente experimento para obtener los resultados que se presentan fueron: Altura de planta, número de plantas, número de frutos, longitud y diámetro de fruto y rendimiento. En el cuadro No. 4 se resumen los resultados de los promedios obtenidos en los diferentes tratamientos para cada una de las variables anteriormente mencionadas, las cuales se discutirán en detalle a continuación.

CUADRO No. 4

RESULTADOS DE LOS PROMEDIOS DE LAS VARIABLES RESPUESTA DE LOS 5 TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	PROMEDIO POR PARCELA				LONG. PROMEDIO FRUTO (Cm)	DIAMETRO PROMEDIO FRUTO (Cm)
	PRODUCCION (Kg)	No. FRUTOS	No. PLANTAS	ALTURA PLANTAS		
A (4 d.)	53	759	71	53	11.7	5.8
B (6 d.)	63	929	75	50	11.5	5.7
C (8 d.)	64	1003	76	51	11.7	5.9
D (10 d)	59	926	75	49	11.6	5.8
E (12 d)	63	1001	74	52	11.6	5.9

6.1.1 Altura de planta.

En la figura No. 5 puede observarse el comportamiento de las plantas en cuanto a altura, durante todo el ciclo del cultivo para los 5 tratamientos, pudiendose notar que no hay diferencia entre los mismos a lo largo del ciclo. Esto se confirma al realizar el análisis de Varianza, en el cual se concluye, con un 95% de confiabilidad, que no hay diferencia significativa en la altura de planta final de los 5 tratamientos, como puede observarse en el cuadro No. 5.

CUADRO No. 5

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA DE PLANTA FINAL.

F.V. ó C.V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft. 0.05
BLOQUES	3	26.90	8.97	1.34 (N.S.)	3.49
TRATAMIENTOS	4	33.38	8.35	1.25 (N.S.)	3.26
ERROR	12	80.22	6.69		
TOTAL	19				

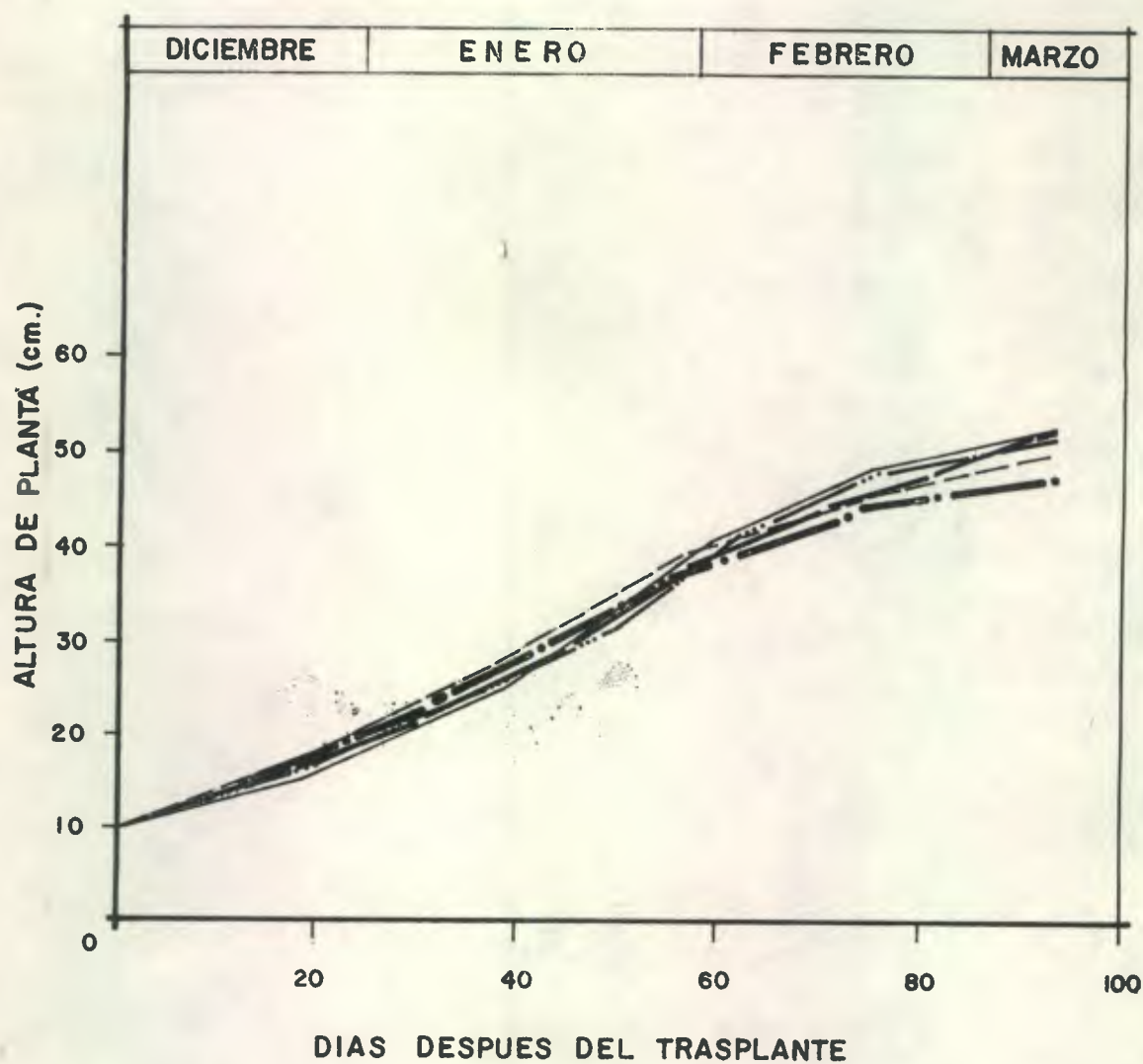
En el cuadro No. 4 se puede apreciar el promedio de la altura de planta final para los 5 tratamientos, siendo ésta mayor para el tratamiento A con 53 cm, y menos para el tratamiento D con 49 cm. En el apéndice se presenta el cuadro No. 14, donde se pueden observar los resultados por repetición y por tratamiento.

6.1.2 Número de plantas

La figura No. 6 muestra el número de plantas vivas en el transcurso del ciclo del cultivo para los 5 tratamientos, siendo más o menos uniforme hasta los 60 días después del trasplante, variando de aquí hasta el final del ciclo únicamente el tratamiento A, el cual obtuvo un número de plantas menor. En cuadro No. 4. se puede observar el número promedio de plantas vivas al final del ciclo de cultivo, el cual fué mayor para el tratamiento C con 76 plantas, y

FIGURA No. 5

ALTURA PROMEDIO DE PLANTAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO
PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS

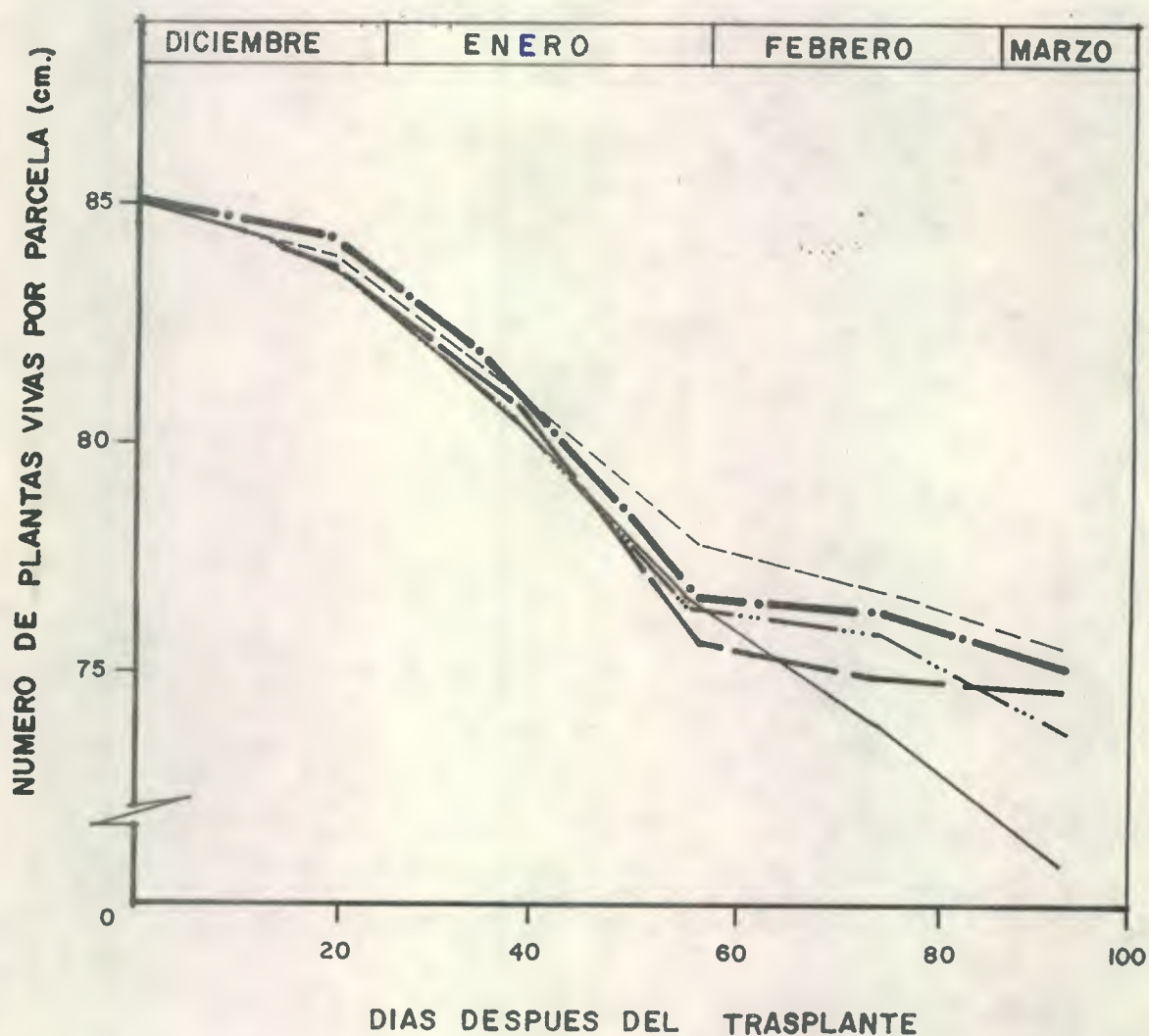


TRATAMIENTO

- A —————
- B —————
- C - - - - -
- D —•—•—•—•—•—
- E —•••—•••—•••—

FIGURA No. 6

NUMERO PROMEDIO DE PLANTAS VIVAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO
PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS



TRATAMIENTO

- A —————
- B —————
- C - - - - -
- D ————•————•————
- E ————•·····—•·····—

menor para el tratamiento A con 71 plantas. En el apéndice se presenta el cuadro No. 15 con los resultados por repetición y por tratamiento.

CUADRO No. 6

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE PLANTAS VIVAS FINAL.

F.V. ó C. V.	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
BLOQUES	3	17.35	5.78	6.35*	3.49
TRATAMIENTOS	4	56.30	14.08	15.47*	3.26
ERROR	12	10.90	0.91		
TOTAL	19				

El análisis de varianza del cuadro No. 6 indica que sí hay diferencia significativa en el número de plantas vivas al final por tratamiento y por repetición; y al hacer una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, ésta indica que el número de plantas vivas en los tratamientos C, D, B y E es igual, mientras que en el tratamiento A es más bajo estadísticamente, con un 95% de confiabilidad.

Por medio del Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, utilizando la Computadora con que se cuenta, se procedió a hacer un análisis de Regresión y Correlación de los modelos Lineal, Cuadrático, Logarítmico y Geométrico; tomando en cuenta el número de plantas vivas al final del ciclo para cada tratamiento y las diferentes frecuencias de riego. Este análisis dió correlación alta únicamente con el modelo Cuadrático; por lo tanto se procedió a calcular en qué frecuencia de riego se obtuvo el máximo fisiológico del cultivo en lo que a altura se refiere, llegandose a determinar para ésta variable, que entre las frecuencias de 8 y 10 días la planta fisiológicamente responde mejor.

6.1.3 Número de frutos.

En el cuadro No. 4, se encuentra el número promedio de frutos total de cada tratamiento, pudiéndose observar que el tratamiento C tiene un número de 1,003 frutos, siendo el mayor, y el tratamiento A con un número menor que es de 759 frutos. En el cuadro No. 16 del apéndice se presentan los resultados por repetición y por tratamiento.

CUADRO No. 7

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE FRUTOS TOTAL

F.V. ó C.V.	G.L	S.C.	C. M.	F.C.	Ft 0.05
BLOQUES	3	448,629.4	149,543.13	32.64*	3.49
TRATAMIENTOS	4	157,035.5	39,258.88	8.57*	3.26
ERROR	12	54,976.10	4,581.34		
TOTAL	19				

El análisis de Varianza del cuadro No. 7 indica que sí hay diferencia significativa en cuanto al número de frutos por tratamiento y por repetición; y al hacer una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, da como resultado que el número de frutos total de los tratamientos C, E, B y D es igual, mientras que en el tratamiento A es menor estadísticamente, con un 95% de confiabilidad.

Para ésta variable también se recurrió al Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía, haciendo los análisis de Regresión y Correlación de los modelos Lineal, Cuadrático, Logarítmico y Geométrico; tomando en cuenta el número de frutos total de cada tratamiento y las diferentes frecuencias de riego. Este análisis dió correlación alta únicamente con el modelo Cuadrático; por lo tanto en base a éste resultado se procedió a calcular en qué frecuencia de riego se obtuvo el máximo fisiológico del cultivo en

lo que a número de frutos se refiere, llegándose a determinar para ésta variable que en la frecuencia de 10 días la planta fisiológicamente responde mejor.

6.1.4 Longitud y diámetro de fruto.

En el cuadro No. 4, se puede apreciar la longitud promedio (cm) y el diámetro promedio (cm) de fruto para cada tratamiento, llegándose a determinar que la variación en cuanto al tamaño de los frutos fué mínima en los 5 tratamientos.

6.1.5 Rendimiento.

En el cuadro No. 4 se observa el peso promedio total de frutos en kilogramos que produjo cada tratamiento, pudiendose apreciar que el tratamiento B fué el que más produjo, con 64 kg, y el tratamiento A el que menos produjo, con 53 kg. En cuadro No. 8 se aprecia el rendimiento de cada tratamiento en kg/h pudiendose observar que los tratamientos B, C, E y D tuvieron un comportamiento similar, mientras que el tratamiento A produjo menos; esto posiblemente debido a que por ser el tratamiento más húmedo, tuvo mayor crecimiento vegetativo y un número menor de plantas vivas al final del ciclo, así como un número menor de frutos como se discutió en los incisos anteriores.

Sin embargo, de acuerdo al análisis de Varianza del cuadro No. 9, se concluye que no hay diferencia significativa entre tratamientos, en cuanto a rendimiento de fruto, con un 95% de confiabilidad. En el cuadro No. 17 del apéndice se presentan los resultados por repetición y por tratamiento.

CUADRO No. 8

RENDIMIENTO PROMEDIO PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	A (4 d)	B (6 d)	C (8 D)	D (10 d)	E (12 d)
RENDIMIENTO kg/ha	21,446.08	25,995.25	25,809.57	24,324.12	25,763.15

CUADRO No. 9

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO.

F.V. ó C.V.	G.L	S.C.	C.M	Fc	Ft 0.05
BLOQUES	3	6,901.35	2,300.45	14.84*	3.49
TRATAMIENTOS	4	1,712.80	428.20	2.76 NS	3.26
ERROR	12	1,860.40	155.03		
TOTAL	19				

6.2 Uso del agua

En base a los resultados obtenidos en la determinación de la humedad del suelo antes y después de cada riego, se obtuvieron las láminas de agua consumidas entre un riego y el subsiguiente; o sea que debido a que las frecuencias de riego fueron preestablecidas y a que el método de riego usado se consideró que aplica al agua de riego con una eficiencia del 100%, la lámina de agua a reponer en cada riego es igual a la lámina consumida desde el riego anterior hasta antes de efectuar el siguiente riego. Esto se explica en resumen en el cuadro No. 10, en el cual se puede apreciar el número de riegos aplicados y la lámina total de agua aplicada (cm) para cada tratamiento. Al tratamiento A se le aplicaron 22 riegos con una lámina total aplicada de 59.90 cm, en contraste con el tratamiento E con únicamente 7 riegos aplicados y 31.09 cm de lámina total de agua aplicada; esto indica que el tratamiento E utiliza una tercera parte en cuanto al número de riegos aplicados y la mitad en

CUADRO No. 10

LAMINAS DE AGUA, EN CM, APLICADAS EN CADA RIEGO PARA LOS CINCO
TRATAMIENTOS

RIEGO No.	TRATAMIENTO				
	A (4 días)	B (6 días)	C (8 días)	D (10 días)	E (12 días)
1	1.22	2.59	2.25	3.43	3.59
2	1.88	2.19	2.36	1.88	4.71
3	2.04	3.21	2.91	2.72	5.88
4	2.31	3.66	3.23	3.60	4.64
5	3.88	4.03	3.65	5.80	4.35
6	2.18	2.58	2.41	4.58	4.98
7	2.38	2.95	3.10	4.40	2.94
8	3.25	3.30	3.71	2.75	
9	3.93	3.66	4.62	2.97	
10	3.69	2.89	2.75		
11	3.84	3.25	3.28		
12	4.92	3.66			
13	4.34	2.13			
14	4.02	2.45			
15	3.07	3.22			
16	2.47				
17	2.07				
18	1.87				
19	2.14				
20	1.95				
21	1.38				
22	1.07				
LAMINA TOTAL APLICA DA (cm)	59.90	45.77	34.27	32.13	31.09

cuanto a la lámina total aplicada, respecto al tratamiento A. Considerando que los rendimientos en A y E son estadísticamente iguales, se aprecia la diferencia que puede haber en cuanto a costos de agua y mano de obra; además problemas del suelo, por el exceso de agua, como lavado de nutrientes, reducción de la aireación del suelo, y como consecuencia, la presencia de enfermedades fungosas.

El tratamiento B usó 7 riegos menos y 15 cm menos de lámina de agua total aplicada que el tratamiento A, sin embargo en éste caso todavía se está usando demasiada agua. Los tratamientos C y D varían poco respecto al tratamiento E, tanto en cuanto al número de riegos aplicados, como a la lámina total de agua aplicada.

En los cuadros del No.18 al No. 22 del apéndice, puede verse con mayor detalle el control de la humedad del suelo antes y después de cada riego y su lámina consumida respectivamente durante todo el ciclo de cultivo, para los 5 tratamientos. Además, durante todo el ciclo del cultivo se llevaron gráficas de control de humedad en el suelo para cada tratamiento, de los estratos de 0-30 cm y 30-60 cm, las cuales se presentan en las figuras de la No. 7 a la No. 11. En éstas figuras puede observarse que el contenido de humedad nunca bajó al porcentaje equivalente al punto de marchitez permanente, manteniéndose todos los casos arriba del 55% de la humedad aprovechable por la planta. Esto indica que las frecuencias de riego utilizadas fueron demasiado cortas, pudiendo ser ampliadas en futuros experimentos de este tipo.

La figura No. 7 corresponde al tratamiento A, el cual en los primeros 2 meses después del trasplante se mantuvo la mayor parte del tiempo arriba del 80% de la humedad aprovechable, manteniéndose de aquí hasta el final del ciclo del cultivo arriba de capacidad de campo. Esto indica que regar cada 4 días en este tipo de suelo, y condiciones del área es demasiado frecuente, resultando totalmente inadecuado y antieconómico.

Las figuras No. 8 y 9 muestran que la humedad aprovechable para los tratamientos B y C se mantuvo entre 70-80% durante la mayor

parte del ciclo del cultivo, encontrándose también en este caso de de masiado húmedo el suelo; por lo tanto, regar con intervalos de 6 y 8 días resulta también demasiado frecuente. De acuerdo a entre= vistas personales y vivencias del autor, se determinó que los agri cultores de la región riegan éste cultivo con una frecuencia de 8 días.

En las figuras No. 10 y 11 para los tratamientos D y E, la hu medad aprovechable varió entre valores de 55-80%, manteniéndose la mayor parte del tiempo entre 60-70%, o sea que el porcentaje de hu medad aprovechable que la planta consumió regando cada 10 y 12 días, varió la mayor parte del tiempo entre 30-40%, lo cual se considera adecuado en cultivos que son sensibles a la falta de humedad. Este resultado concuerda con los experimentos realizados por Doorembos y Kassam (1979), que para el cultivo del chile pimiento indican, que el agotamiento del agua del suelo no debe exceder del 30-40% del agua total disponible, para obtener altos rendimientos.

Debido a que no se experimentó con frecuencias de riego más am plias, no se puede asegurar que el tratamiento E, que tiene una fre cuencia de riego de 12 días, es el más adecuado, debiendo en futuras oportunidades experimentar utilizando frecuencias mayores a la de 12 días.

En el cuadro No. 11 se puede apreciar la cantidad de agua total que se evapotranspiró durante todo el ciclo del cultivo para cada - tratamiento, dependiendo de la frecuencia y cantidad de agua aplica da. Puede notarse que la evapotranspiración total en el tratamiento A, duplicó el valor evapotranspirado de los tratamientos C, D y E; el tratamiento B, en cambio, evapotranspiró el 75% del tratamiento A.

FIGURA No. 7

CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO A

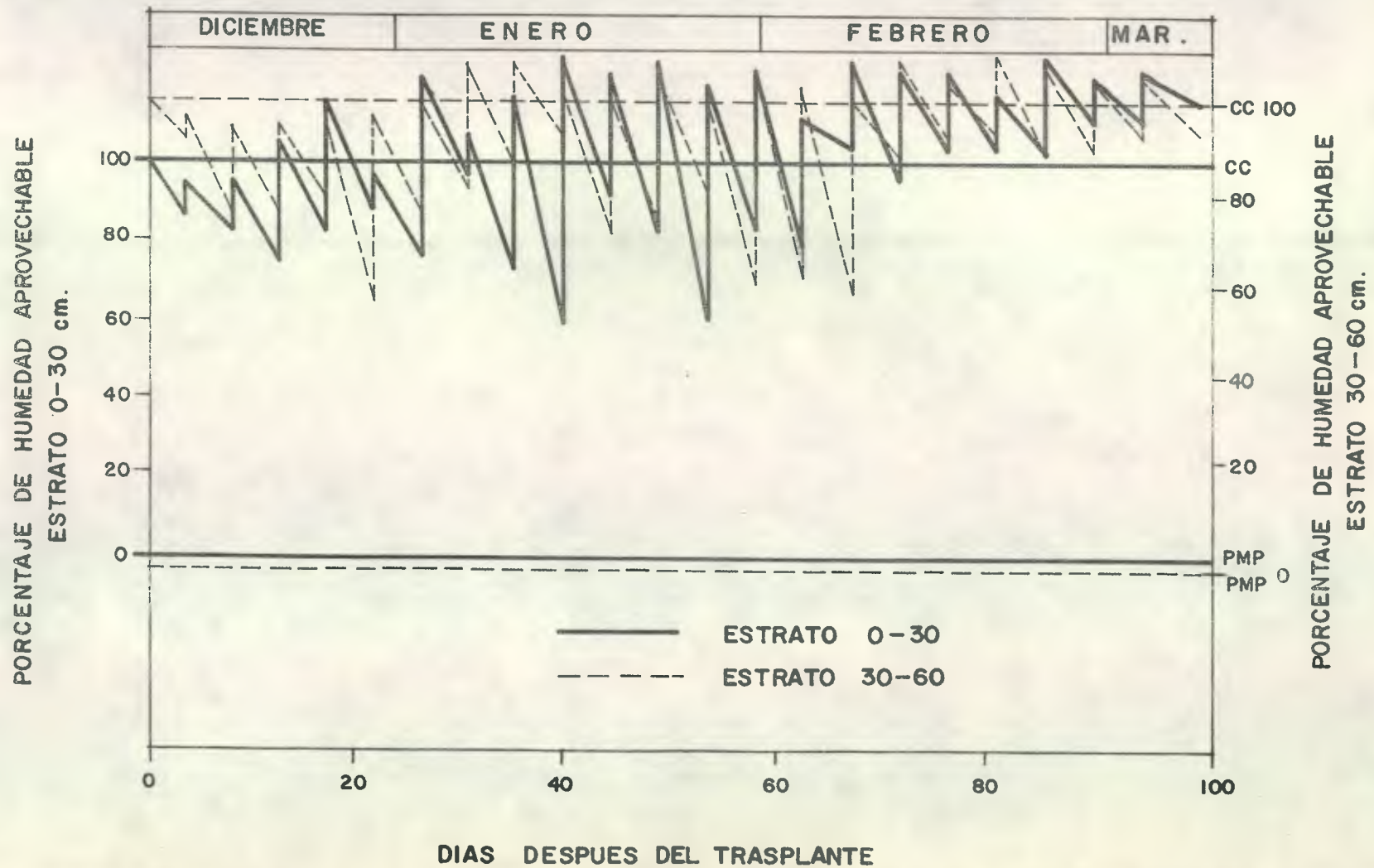


FIGURA No. 8

CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO B

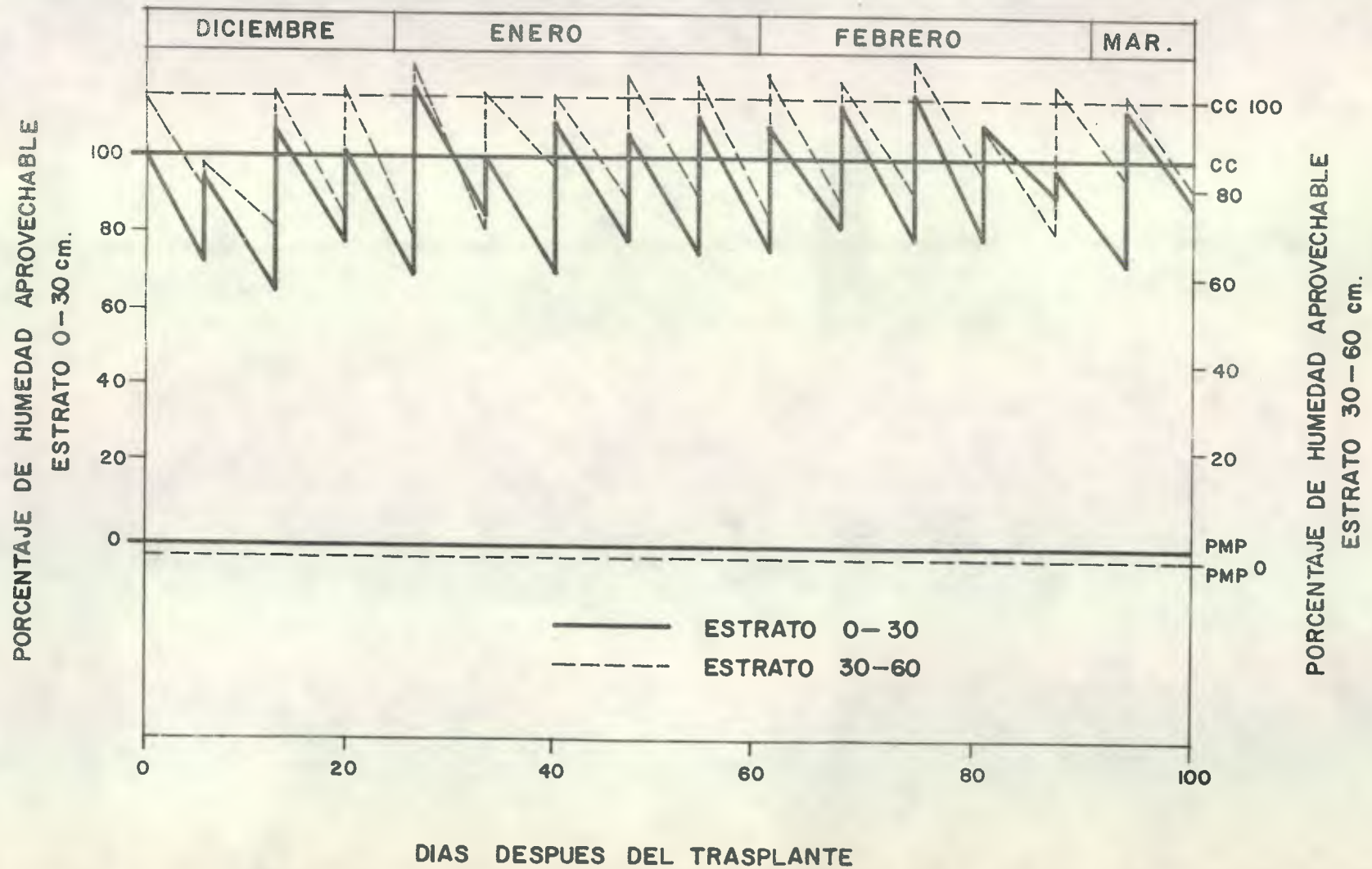


FIGURA No. 9

CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO C

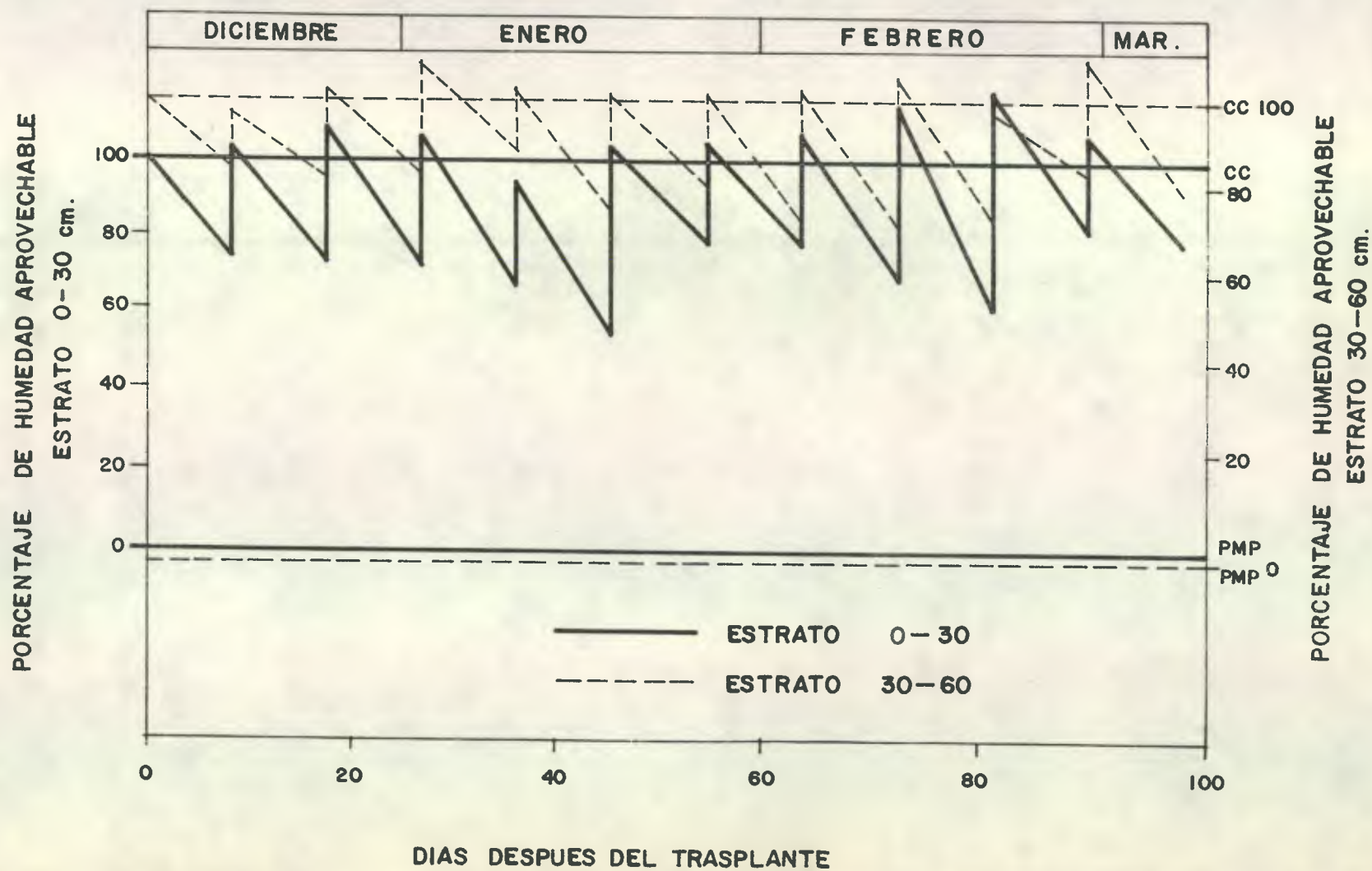


FIGURA N.º 10

CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO D

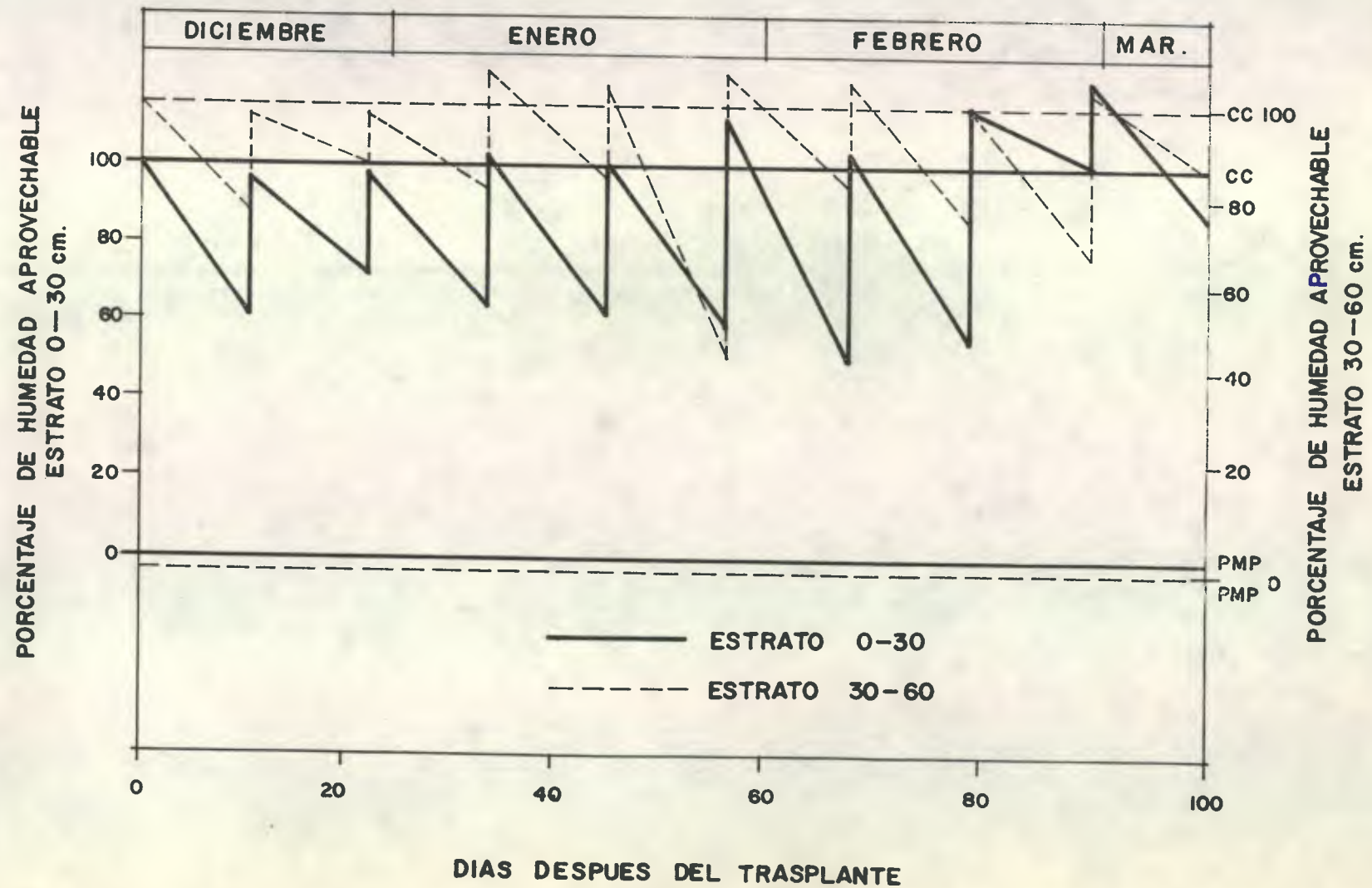
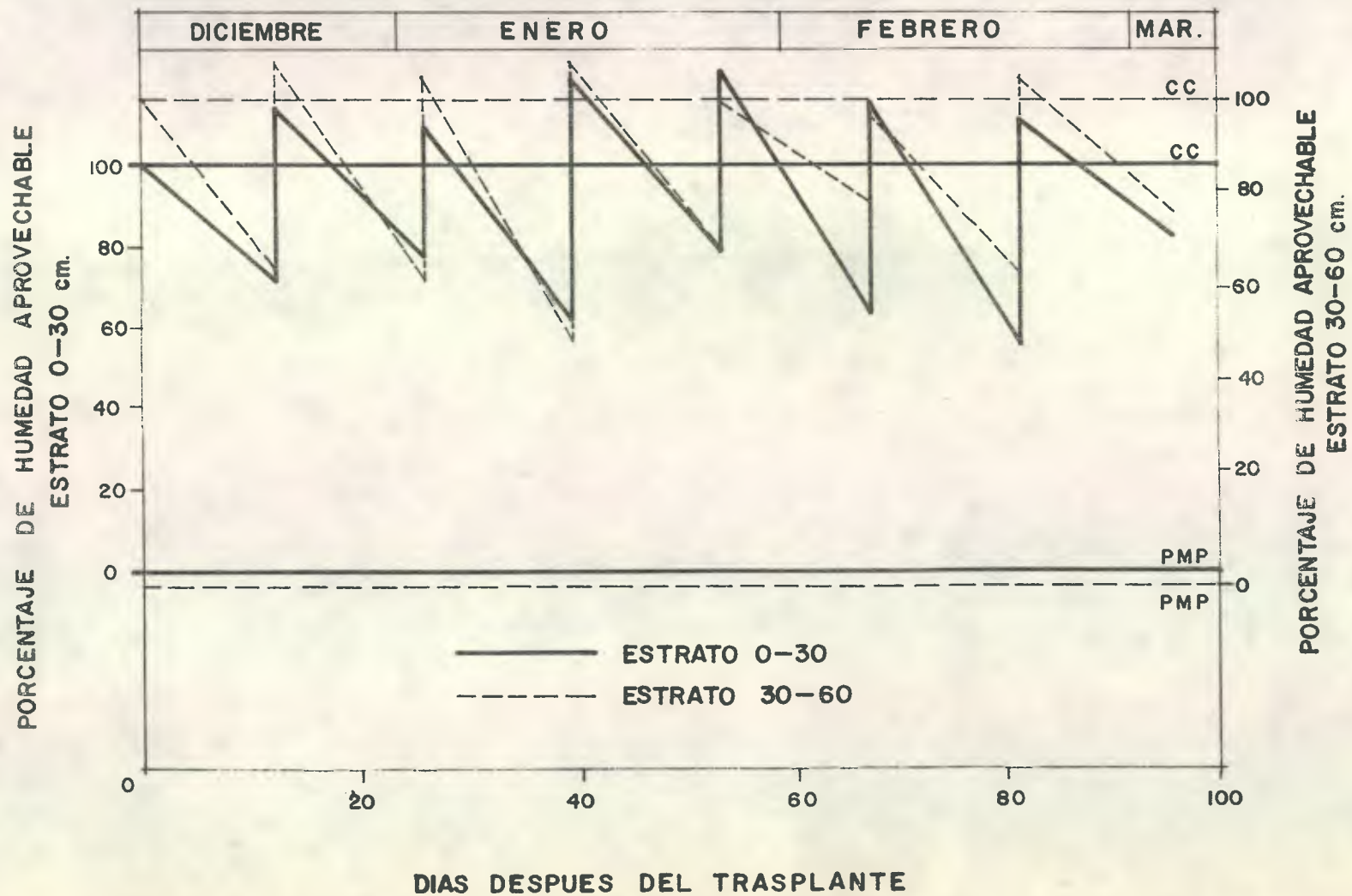


FIGURA No. II

CONTROL DE HUMEDAD PARA EL TRATAMIENTO E



CUADRO No. 11

EVAPOTRANSPIRACION TOTAL PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS

Tratamiento	Evapotranspiración total (cm)
A (4 días)	59.90
B (6 días)	45.77
C (8 días)	34.27
D (10 días)	32.13
E (12 días)	31.09

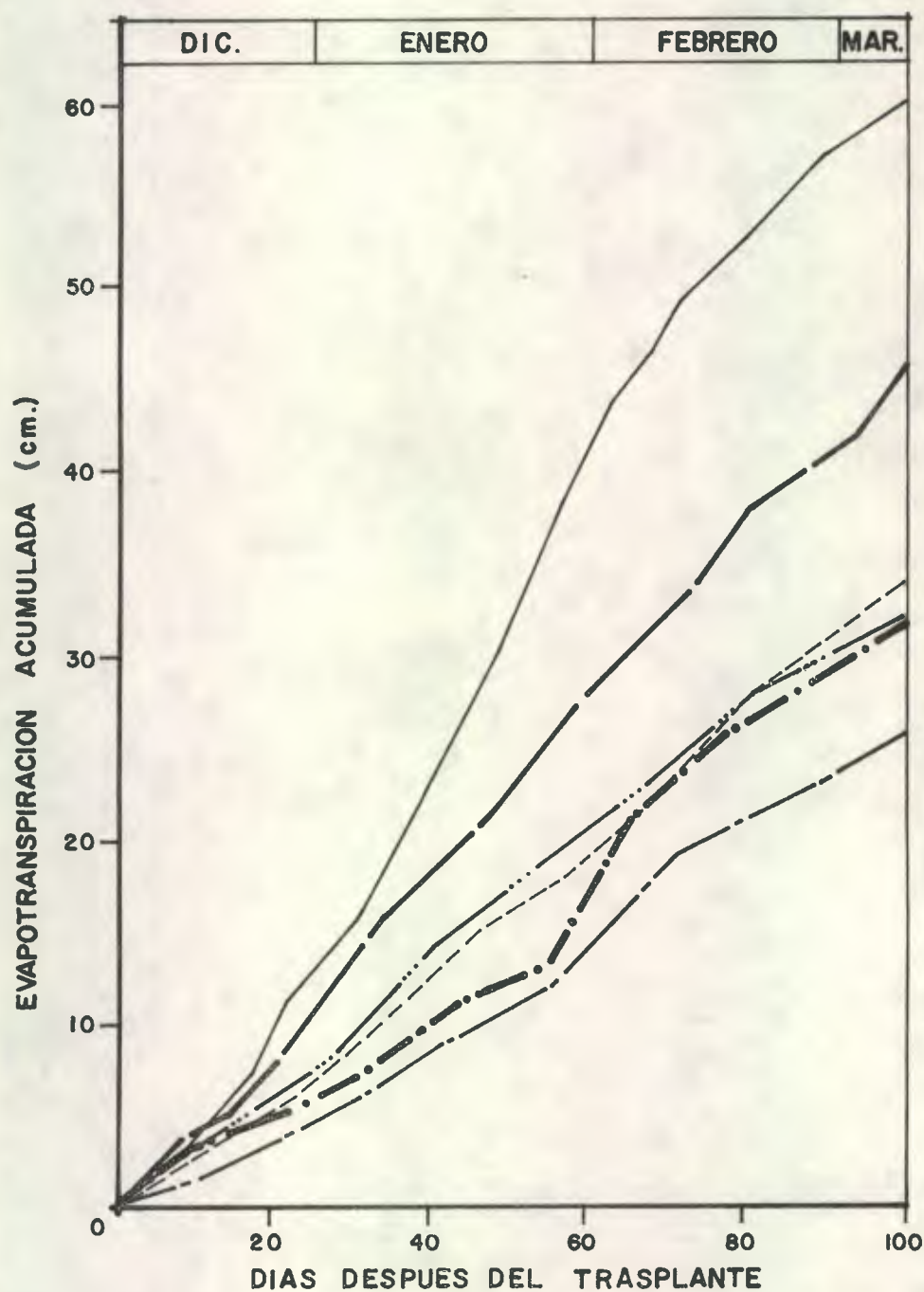
Se efectuó además, el cálculo de la evapotranspiración mediante la fórmula de Blaney-Criddle; los resultados de dicho cálculo pueden verse en el cuadro No. 23 del apéndice. El valor de la evapotranspiración total en base a ésta fórmula fué de 27.44 cm; siendo de 26.07 cm a partir del día en que se empezaron a evaluar los tratamientos, que fué el 10 de diciembre de 1982. De acuerdo al cuadro No. 11, los tratamientos A y B tienen un valor muy alto respecto al valor en base a Blaney-Criddle; mientras que los tratamientos C, D y E tienen valores más próximos al valor de Blaney-Criddle.

En la figura No. 12 está representada la evapotranspiración acumulada de los 5 tratamientos y la evapotranspiración acumulada en base a la fórmula de Blaney-Criddle. Los tratamientos A y B se descartan de una posible relación con Blaney-Criddle; en cambio los tratamientos C, D y E siguen una tendencia similar a la de Blaney-Criddle, aunque la evapotranspiración total sea un poco diferente, como se discutió en el párrafo anterior.

En base a los datos de la figura No. 12, mientras no se cuenten con otros datos, se podrán estimar calendarios preliminares de riego con sus láminas de agua respectivas, utilizando la evapotranspiración medida en el campo.

FIGURA No. 12

EVAPOTRANSPIRACION ACUMULADA PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS
Y EN BASE A BLANEY - CRIDDLE



TRATAMIENTO

- A —————
- B - - - - -
- C
- D
- E -

BLANEY - CRIDDLE

En las figuras de la No. 13 a la No. 17 se representa la tasa de evapotranspiración semanal de cada tratamiento y la tasa de evapotranspiración semanal calculada en base a Blaney Criddle, cuyo cálculo puede verse en el cuadro No. 23 de apéndice. Como puede observarse en dichas gráficas, la evapotranspiración semanal calculada por medio de Blaney-Criddle en todos los casos es menor que la evapotranspiración medida en los 5 tratamientos.

Además de la comparación gráfica mencionada en el párrafo anterior, la evapotranspiración semanal de cada tratamiento se comparó con la evapotranspiración semanal en base a Blaney-Criddle por medio de análisis de regresión y correlación de los modelos Lineal, Cuadrático, Logarítmico y Geométrico; esto se hizo por medio del Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, llegándose a determinar que no existe ningún tipo de correlación entre los 2 métodos analizados (9). En futuros experimentos, con frecuencias de riego más amplias, posiblemente se encuentre algún tipo de correlación con la fórmula de Blaney-Criddle, permitiendo esto ajustar dicha fórmula a nuestras condiciones.

Respecto al tratamiento A, en la figura No. 13 puede observarse que la máxima tasa de evapotranspiración ocurrió durante la séptima semana, en la que alcanzó valores de 80 mm, estando durante este período en el inicio de la etapa de fructificación; pero en general, la tasa de evapotranspiración semanal se mantuvo entre 45-50 mm como promedio, llegando a tener un mínimo de 27 mm en la última semana del ciclo del cultivo.

La tasa de evapotranspiración para el tratamiento B, de acuerdo a la figura No. 14, fué más uniforme a lo largo del ciclo del cultivo, manteniendo un promedio de 35 mm; evapotranspirando 45 mm en la cuarta semana, cuando se iniciaba la floración y un máximo de 49 mm en la décima semana, al finalizar la fructificación. El mínimo evapotranspirado fué de 21 mm, durante la 11a. semana, cuando el cultivo estaba en plena maduración.

En el tratamiento C, según la figura No. 15, las plantas evapotranspiraron un máximo de 40 mm semanales durante la décima semana, o sea cuando la fructificación estaba llegando a su fin; aunque de manera general se mantuvo entre 25-30 mm la mayor parte del tiempo, llegando a evapotranspirar 20 mm como mínimo en la segunda semana de la etapa vegetativa.

De acuerdo a la figura No. 16, la máxima tasa de evapotranspiración semanal para el tratamiento D ocurrió en la septima semana, correspondiente a la etapa de fructificación, siendo de 40 mm; pero durante la mayor parte del ciclo del cultivo se mantuvo entre 20-30 mm como promedio, observandose un mínimo de 15 mm en la tercera semana de la etapa vegetativa.

Las plantas en el tratamiento E, según la figura No. 17, consumieron más agua entre la cuarta y quinta semana, en las etapas de -crecimiento vegetativo e inicio de la floración, siendo 34 mm la má-xima. Este tratamiento fué más estable que los otros durante todo el ciclo del cultivo, manteniendo un promedio de 27 mm; reduciendose el consumo de agua en la última semana del cultivo a 19 mm.

Además de las figuras de evapotranspiración semanal discutidas anteriormente, se elaboró el cuadro No. 12, con el propósito de comparar los tratamientos entre si y tratar de determinar como varió el uso del agua en las distintas etapas fenológicas del cultivo. De manera general, en los tratamientos B, C, D y E no hubo alguna eta-pa fenológica en la cual el uso del agua por las plantas fuera mayor. En el tratamiento A, puede observarse un mayor uso del agua por las plantas de la etapa inicial de la floración, hasta el final de la -fructificación. Esto está determinado por la mayor disponibilidad de agua en el suelo en el tratamiento A.

En el cuadro No. 13, se presenta la duración aproximada, en semanas, de cada etapa fenológica por la que pasó el cultivo en todo su ciclo de desarrollo, para los 5 tratamientos; ya que en observa-ciones realizadas durante todo el ciclo se determinó que no hubo variación en el comportamiento de cada tratamiento.

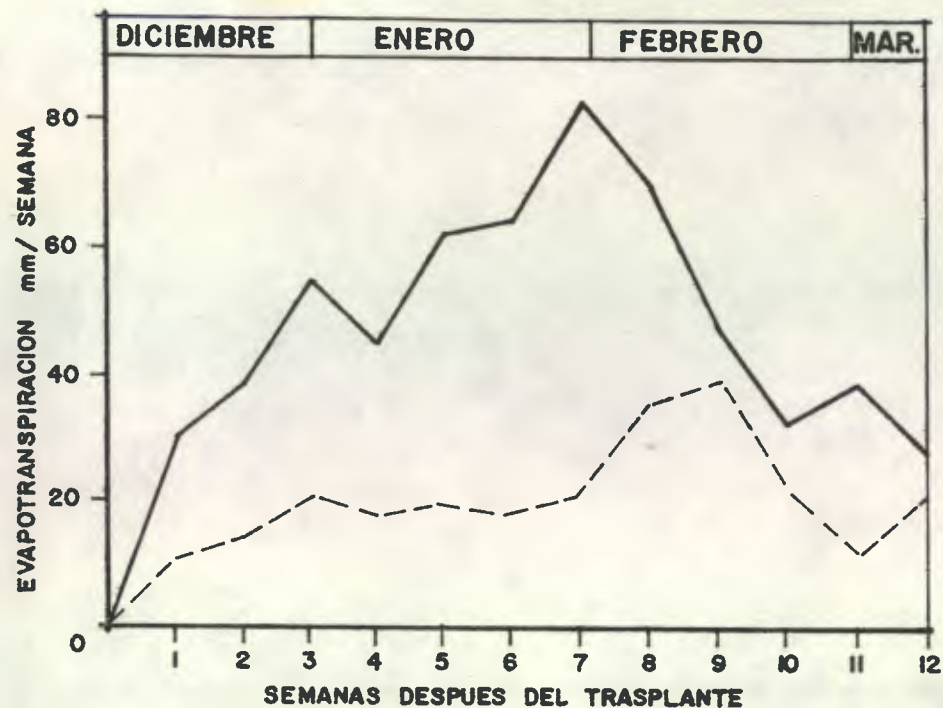


FIGURA No. 13 TRATAMIENTO A

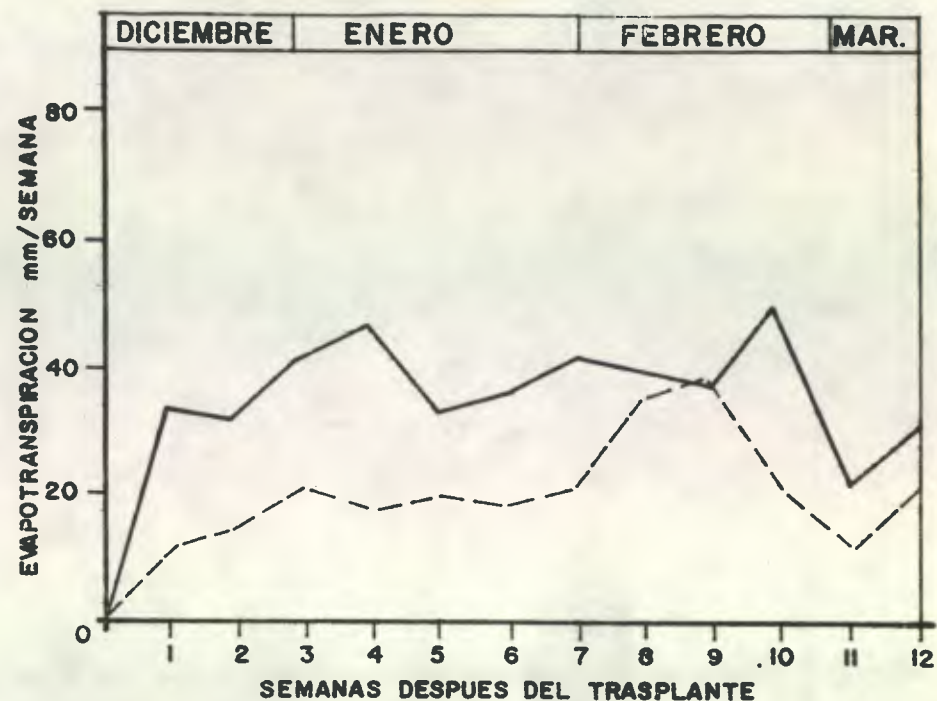


FIGURA No. 14 TRATAMIENTO B

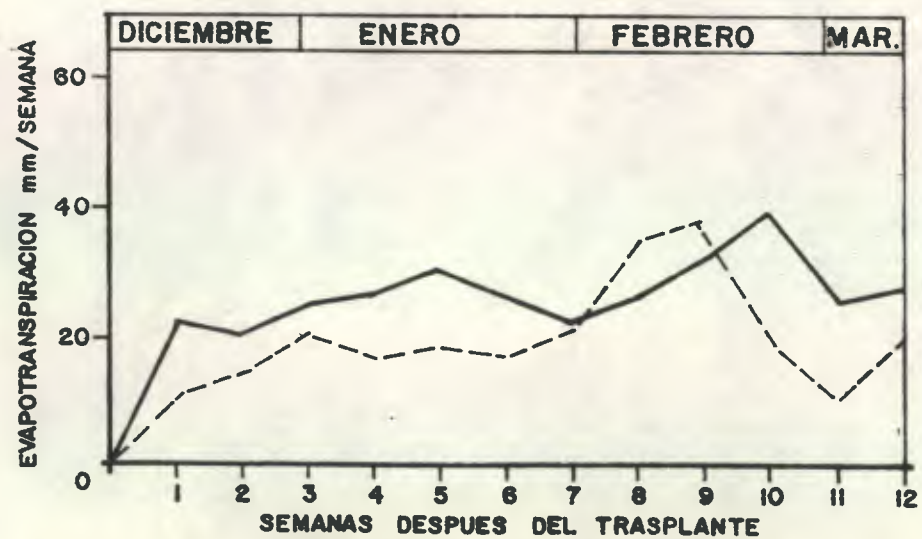


FIGURA No. 15 TRATAMIENTO C

TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL
TRATAMIENTO A,B,C

TASA DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL

TRATAMIENTO D, E

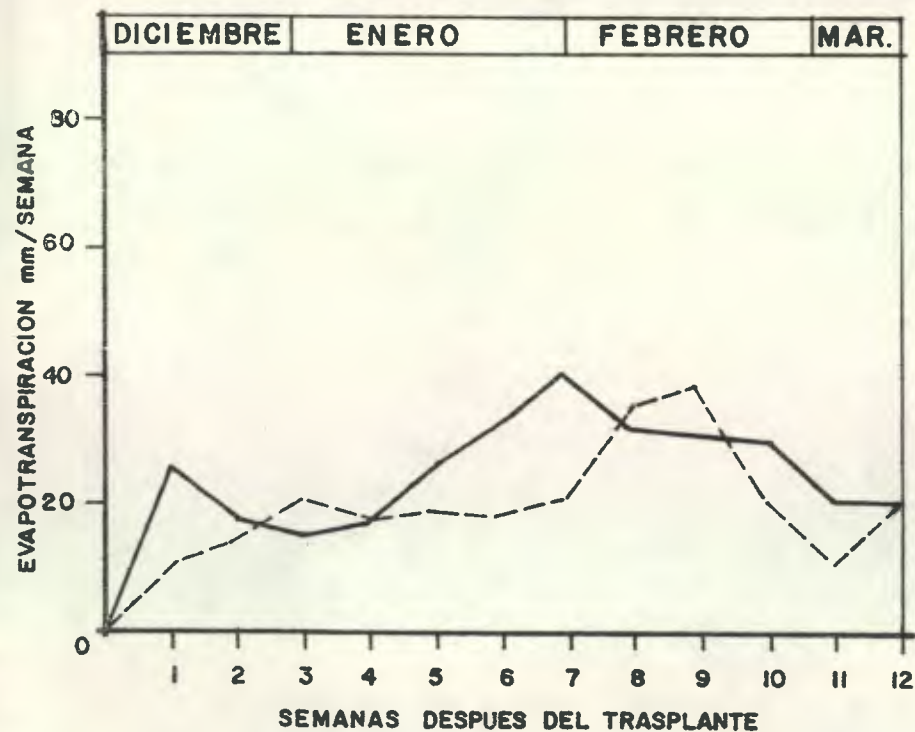


FIGURA No. 16 TRATAMIENTO D

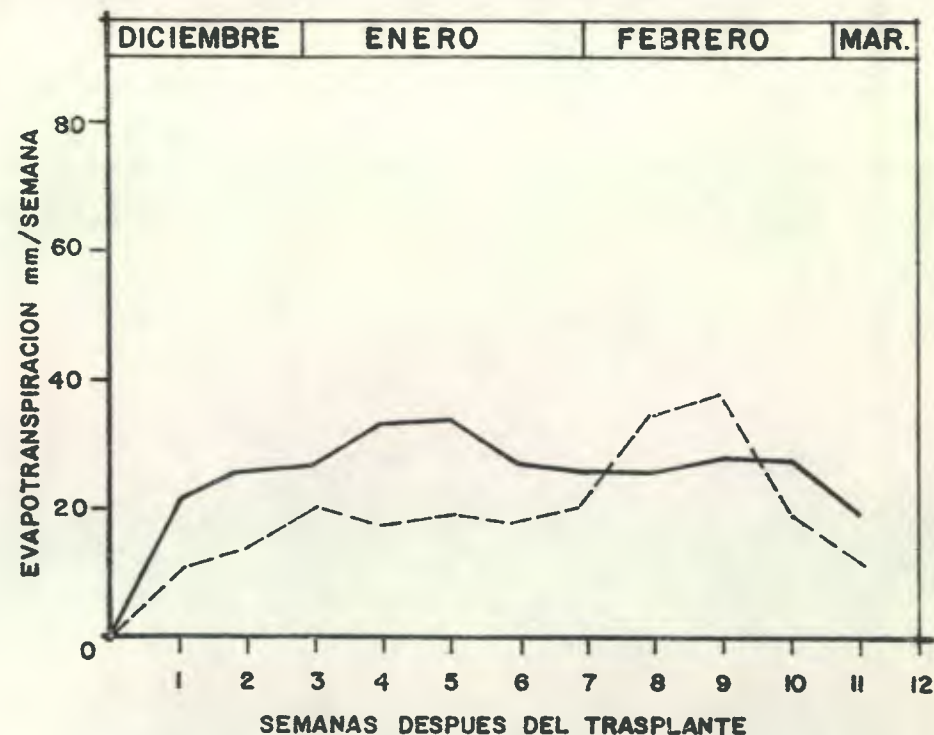


FIGURA No. 17 TRATAMIENTO E

CUADRO No. 12

EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL PARA LOS CINCO TRATAMIENTOS EN LAS
DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO

SEMANAS DESPUES DEL TRASPLANTE	ETAPA FENOLOGICA	EVAPOTRANSPIRACION. mm/SEMANA				
		TRAT. A (4 días)	TRAT. B. (6 días)	TRAT. C. (8 días)	TRAT. D. (10 días)	TRAT. E (12 días)
1	Crec. vegetativo	30	33	22.5	26	22
2	Crec. vegetativo	38	31	20.5	18	26
3	Crec. vegetativo	55	40	25	15	27
4	Crec. vegetativo inicio flor.	44.5	46	27	17	33
5	Floración	62.5	32	31	26	34
6	Floración-inicio fructif.	64	35	27	32	27
7	Fructificación	82.5	41	23	40	26
8	Fructificación	69.5	38	27	32	26
9	Fructif-madurac.	48	36	33.1	31	28
10	Fructif-madurac.	31.5	48	39.9	30	28
11	Maduración	37.5	21	26	20	19.5
12	Maduración	27	30	28	20	-----

CUADRO No. 13

ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO DURANTE SU CICLO DE DESARROLLO PARA
LOS CINCO TRATAMIENTOS

ETAPA FENOLOGICA	SEMANAS DESPUES TRASPLANTE
Crecimiento vegetativo	1 - 4
Inicio de la floración	4 - 5
Floración	4 - 8
Inicio de fructificación	6 - 7
Fructificación.	6 - 10
Maduración de fruto.	9 - 12

7. CONCLUSIONES.

- a. Las diferentes frecuencias de riego produjeron rendimientos si milares en el cultivo del Chile Pimiento.
- b. Las diferentes frecuencias de riego sí influyeron en los valores de evapotranspiración total del cultivo, siendo en todos los casos mayor en los tratamientos que se regaron con mayor frecuencia.
- c. Respecto a las variables altura de planta y tamaño de fruto, se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos; por lo tanto es indiferente regar cada 4, 6, 8, 10 ó 12 días.
- d. En las variables número de plantas vivas final y número de frutos recolectados, sí hubo diferencia estadísticamente significativa, siendo la frecuencia de riego con intervalo de 4 días, la que dió resultados más bajos respecto a los otros tratamientos; o sea que regar cada 6, 8, 10 ó 12 días produce efectos similares.
- e. Comparando los valores de la tasa de evapotranspiración semanal medida en el campo, de cada uno de los tratamientos, con la tasa de evapotranspiración semanal calculada en base a la fórmula de Blaney-Criddle, se concluye que no existe correlación entre ambos métodos.
- f. La evapotranspiración total calculada en base a Blaney-Criddle es menor que la evapotranspiración total de cada uno de los trata^tamientos.
- g. En base a las figuras de control de humedad, se puede concluir que en ninguno de los tratamientos, el consumo de agua por las plantas fué mayor de 45% de la humedad aprovechable total del suelo.

h. De manera general puede decirse que en ninguna etapa fenológica del ciclo del cultivo, para los 4 tratamientos más secos, se observaron diferencias en el consumo de agua.

8. RECOMENDACIONES

- a. En futuros experimentos, usar frecuencias de riego más largas, ya que usando la frecuencia de 12 días como la mayor, el suelo aún se mantiene en condiciones de humedad alta, no permitiendo esto que se explore todo el rango de humedad.
- b. De acuerdo a las condiciones bajo las cuales fué desarrollado es te experimento, se recomienda regar con intervalo de 12 días.
- c. Desde el punto de vista fisiológico del cultivo, en lo que se re fiere a número de plantas vivas final y número de frutos recolecta dos, la frecuencia de riego de 10 días es la más adecuada.
- d. Mientras no se efectúen nuevos experimentos, y de acuerdo a los resultados obtenidos, no se recomienda utilizar la fórmula de Bl a ney-Criddle para calcular la evapotranspiración en las condiciones bajo las cuales fué realizado el experimento.
- e. Utilizar los resultados de la evapotranspiración medida, para com pararlos con los resultados calculados con otras fórmulas experi- mentales.
- f. Continuar realizando estudios similares en Chile y otros cultivos de importancia económica, en diferentes épocas y regiones del - país.

9. APENDICE

CUADRO No.14

RESULTADOS ORGANIZADOS DE ALTURA DE PLANTA FINAL. (CM)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES O BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Yi	Yi
A	50.5	53.5	53	54	211	52.75
B	47	50.5	54.5	48.5	200.5	50.13
C	50	53.5	46	54.5	204	51
D	50	50.5	46.5	49.5	196.5	49.13
E	51	52	50	55	208	52
TOTAL Yj	248.5	260	250	261.5	1020	51.00
PROMEDIO Yj	49.70	52	50	52.30		

CUADRO No. 15

RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS FINAL.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES O BLOQUES				TOTAL Yj	PROMEDIO Yj
	I	II	III	IV		
A	69	73	70	72	284	71
B	74	74	75	76	299	74.75
C	75	75	76	77	303	75.75
D	74	76	74	77	302	75.25
E	72	74	75	75	296	74
TOTAL Yj	364	372	370	377	1483	74.15
PROMEDIO Yj	72.8	74.4	74	75.4		

CUADRO No. 16

RESULTADOS ORGANIZADOS DE NO. DE FRUTOS TOTAL

TRATAMIENTOS	REPETICIONES O BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Yi	Yi
A	610	739	794	894	3037	759.25
B	710	750	1032	1223	3715	928.75
C	797	946	1071	1198	4012	1003
D	680	835	1035	1152	3702	925.5
E	927	860	1017	1198	4002	1000.5
TOTAL Yj	3724	4130	4949	5665	18,468	923.4
PROMEDIO Yj	744.8	826	989.8	1123		

CUADRO No. 17

RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO (LIBRAS)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES O BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	Yi	Yi
A	93	118	108	143	462	115.5
B	102	121	168	169	560	140
C	104	133	156	163	556	139
D	117	119	134	154	524	131
E	127	132	130	166	555	138.75
TOTAL Yj	543	623	696	795	2657	132.85
PROMEDIO Yj	108.6	124.6	139.2	159		

CUADRO No. 23.

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE MODIFICADO POR EL SCS DEL USDA.

SEMANA	% DURACION SEMANA	T°C	t 17.8 21.8	P/100	f	Kt	fKt	Kc	Et'	Et	Et Acum (cm)
1a.	1	26.09	2.02	1.95	3.94	1.05	4.14	0.50	2.07	1.37	1.37
2a.	1	25.80	2.00	1.36	2.72	1.04	2.83	0.58	1.64	1.08	2.45
3a.	1	24.24	1.93	1.62	3.13	0.99	3.10	0.72	2.23	1.47	3.92
4a.	1	26.04	2.01	1.77	3.56	1.05	3.74	0.82	3.07	2.03	5.95
5a.	1	25.20	1.97	1.42	2.80	1.02	2.86	0.93	2.66	1.76	7.71
6a.	1	24.27	1.93	1.59	3.07	1.00	3.07	0.93	2.86	1.89	9.60
7a.	1	24.19	1.93	1.40	2.70	0.99	2.67	1.04	2.78	1.83	11.43
8a.	1	25.64	1.99	1.46	2.91	1.04	3.03	1.05	3.18	2.10	13.53
9a.	1	27.63	2.08	2.18	4.53	1.10	4.98	1.05	5.23	3.45	16.98
10a.	1	28.70	2.13	2.39	5.09	1.13	5.75	1.01	5.81	3.83	20.81
11a.	1	26.23	2.02	1.52	3.07	1.06	3.25	0.97	3.15	2.08	22.89
12a.	1	27.20	2.06	0.84	1.73	1.09	1.89	0.88	1.66	1.10	23.99
13a.	1	26.23	2.02	1.77	3.58	1.06	3.79	0.80	3.03	2.00	25.99
14a.	0.71	31.00	2.24	1.70	2.70	1.21	3.27	0.67	2.19	1.45	27.44

10. BIBLIOGRAFIA

1. DOOREMBOS, J. Las necesidades de agua en los cultivos. Roma, FAO, 1976. 194 p.
2. _____ Y KASSAM, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p.
3. FRANCIA. INSTITUT NATIONAL DE VULGARISATION POUR LES FRUITS, LEGUMES ET CHAMPIGNONS. El Pimiento; economía, producción, comercialización. Traducido por Angel Sánchez Gómez. Zaragoza, España, Acribia, 1970. 79 p.
4. GRASSI, C.J. Aspectos metodológicos para la determinación experimental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Mérida, Venezuela, C.I.D.I.A.T., 1978. 107 p. Serie Riego y Drenaje, Material Didáctico No. RD-26.
5. _____ Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Mérida, Venezuela, C.I.D.I.A.T., 1975. 88 p. Serie Riego y Drenaje, Texto No. RD-8.
6. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Proyecto de consolidación de la unidad de riego Rancho-Jícaro. Guatemala, 1981. 173 p. Segundo programa de Riego y Drenaje.
7. GUDIEL, V.M. Manual agrícola Superb. 5a. ed. Guatemala, Superb, 1980. 291 p.
8. ISRAELSEN, O.W. y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. Madrid, España, Reverté, 1979. 369 p.
9. LITTLE, T.M. y HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, D.F. Trillas, 1976. 270 p.
10. LOPEZ, C.E. Efecto de entresaca, endurecimiento y fertilización nitrogenada en el rendimiento del chile (Capsicum annum L.) bajo condiciones de la unidad de riego Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. Agronomía, 1981. 39 p.
11. MELA MELA, P. Cultivos de regadío. Zaragoza, España, Agrociencia, 1963. V. 1.
12. MENDEZ, M.J. Evaluación del desarrollo agrícola de la unidad de riego el Rancho/Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. Agronomía, 1979. 89 p.

13. MEXICO. DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS Y UNIDADES DE RIEGO.
Instructivo para el manejo y reporte de experimentos agrícolas bajo condiciones de riego. México, 1978. 111 p. Memorandum técnico No. 380.
14. OLIVER, H. Riego y clima; nuevos métodos para la planeación y desarrollo de los recursos hidráulicos. Traducido por José Luis De La Loma. México, Compañía Editorial Continental, 1963. 264 p.
15. ROJAS, E. Relaciones hídricas de las plantas. Mérida, Venezuela, C.I.D.I.A.T., 1977. 80 p. Serie suelos y clima. Material de enseñanza No. SC-22.
16. ROSALES JAYME, J.R. Trabajos de experimentación en riego por goteo en el distrito de riego No. 41. Río Yaqui, Sonora, México. s.e., s.f.
17. TOBAR ROMERO, L. Estudio y diseño de estructuras hidráulicas para el mejoramiento de la unidad de riego el Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. Agronomía, 1982. 66 p.



Elva Ramírez



AD DE AGRONOMIA

Universitaria, Zona 12.

partado Postal No. 1545

ALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"

A large, stylized handwritten signature in black ink is written over a circular stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" around the perimeter and "DECANO" in the center.

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