

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO
DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.),
EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA.

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



EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

Guatemala, octubre de 1,991

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(1320)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

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

Guatemala, septiembre de 1,991.

Señores

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Respetables señores:

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

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO
DEL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicum esculentum L.),
EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA.

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

Atentamente,



Florentin Castillo Arana.

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Fuente inagotable de sabiduría
- A MIS PADRES: Demetrio Castillo Barahona
Josefina Arana de Castillo
Como una mínima recompensa a
los esfuerzos realizados para
mi superación
- A MIS HERMANOS: Teresa, Elvita, María
Mariano, Lázaro
- A MIS FAMILIARES: En general
- A LAS FAMILIAS: Micheo Orozco
Monzón Samayoa
- A MIS AMIGOS Y
COMPAÑEROS PRIN
CIPALMENTE A: Antonio Pérez, Antonio Recinos,
Azucena Araujo, David Portillo,
Danilo Porras, Edgar Molina,
Efrín Palma, Francisco Aldana,
Jorge Escobar, José Victor Gómez,
Linda Sánchez, Marlon Rodriguez,
Mario Coroxón, Oswaldo Barrientos,
Rolando Reyes, Rolando Santizo,
Carlos Rodriguez, Vinicio Fernandez

TESIS QUE DEDICO

A: MI PATRIA GUATEMALA

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A: LOS PERITOS AGRONOMOS DE GUATEMALA

A: LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

A: LA ESCUELA DE FORMACION AGRICOLA DE COBAN, A.V.

A: TODAS AQUELLAS PERSONAS E INSTITUCIONES NACIONALES
E INTERNACIONALES, PREOCUPADAS EN EL ESTUDIO DEL
RIEGO COMO ELEMENTO DEL DESARROLLO AGRICOLA DE NUESTRO
PAIS.

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES:

Ing. Agr. Msc. Jorge Sandoval I.
Ing. Agr. Armando Pineda Herrera
Por su invaluable asesoría,
supervisión y toda la ayuda
desinteresada que brindaron en el
desarrollo de ésta investigación.

A LOS INGENIEROS AGRONOMOS:

Fernando Mazariegos Luna
Carlos Roberto Motta de Paz
Por su innegable colaboración en la
realización del presente trabajo de
investigación.

A LOS SEÑORES:

Mario Valdes
Pedro Pineda
Por su colaboración en los trabajos
de Arte y computación.

AL SEÑOR:

Edgar Menéndez, quien en forma
desinteresada aportó el terreno para
montar el presente ensayo.

A LA FAMILIA:

Rodriguez de Leon, por su apoyo
incondicional.

AL COMPAÑERO Y AMIGO:

Marlon Rodriguez, Por su apoyo moral.

CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Necesidades de Agua y sus efectos sobre el cultivo de tomate	3
3.1.2 Investigación realizada en frecuencias de riego en Guatemala	4
3.1.3 Evapotranspiración	5
3.1.3.1 Evapotranspiración potencial (ETp) y evapotranspiración real (ETr)	5
3.1.3.2 Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)	6
3.1.3.3 Evapotranspiración Máxima (ETm)	7
3.1.4 Métodos para determinar la evapotranspiración	7
3.1.5 Coeficiente de cultivo (Kc)	8
3.2 MARCO REFERENCIAL	9
4. OBJETIVOS	10
5. HIPOTESIS	11
6. METODOLOGIA	12
6.1 Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo	12
6.2 Manejo del cultivo	13
6.2.1 Preparación del terreno en campo definitivo	13
6.2.2 Trasplante	13
6.2.3 Control de plagas y enfermedades	13
6.2.4 Control de malezas, fertilización y tutoraje	14
6.3 Diseño Experimental	14
6.3.1 Area del experimento	14

	PAGINA
6.3.2 Modelo estadístico	16
6.4 Variable respuesta	16
6.5 Manejo del experimento	16
6.5.1 Control de humedad del suelo y aplicación de los riegos	16
6.5.2 Lámina de agua a reponer en cada riego	17
6.5.3 Volumen de agua a aplicar en cada riego	18
6.5.4 Tiempo de riego para cada parcela	19
6.6 Análisis de resultados	19
7. RESULTADOS Y DISCUSION	20
7.1 Variable respuesta	20
7.1.1 Rendimiento de fruto en tm/ha y Número de plantas muertas durante el ciclo de cultivo	21
7.1.2 Calidad industrial del fruto	25
7.1.2.1 Grados brix	25
7.1.2.2 Potencial Hidrogénico (pH)	26
7.1.2.3 Porcentaje de acidéz	27
7.1.2.4 Porcentaje de pulpa	28
7.2 Uso del Agua por el cultivo	29
7.2.1 Número de riegos, Lámina total aplicada y consumida en cada tratamiento	29
7.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable	31
7.3 Comparación de la evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, con la medida mediante el método parcela experimental	32
7.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación evapotranspiración/evaporación	33
8. CONCLUSIONES	35
9. RECOMENDACIONES	37
10. BIBLIOGRAFIA	38
11. APENDICE	40

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Propiedades físicas del suelo	12
2	Resultados del análisis químico del suelo	12
3	Resultados promedio de rendimiento y número de plantas muertas durante el ciclo de cultivo	20
4	Resultados de rendimiento de frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea, para cada tratamiento y repetición	21
5	Análisis de varianza del rendimiento de frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea	21
6	Prueba de Tukey para el rendimiento en tm/ha de frutos comerciales	22
7	Resultados de rendimiento de frutos no comerciales en toneladas métricas por hectárea, para cada tratamiento y repetición	22
8	Análisis de varianza del rendimiento de frutos no comerciales en toneladas métricas por hectárea	23
9	Prueba de Tukey para el rendimiento en toneladas métricas por hectárea de frutos no comerciales	23
10	Resultados número de plantas muertas al final del ciclo del cultivo por parcela útil, para cada tratamiento y repetición	24
11	Análisis de varianza para el número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil	24
12	Prueba de Tukey para el número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil	24
13	Resultados promedio de los factores considerados en el análisis de calidad industrial del fruto	25
14	Resultados del análisis de calidad industrial del fruto para grados brix	26
15	Análisis de varianza para grados brix	26

CUADRO

PAGINA

16	Resultados del análisis de calidad industrial del fruto para pH	27
17	Análisis de varianza para pH	27
18	Resultados del análisis de calidad industrial del fruto para porcentaje de acidéz	28
19	Análisis de varianza para porcentaje de acidéz	28
20	Resultados del análisis de calidad industrial del fruto para porcentaje de pulpa	29
21	Análisis de varianza para porcentaje de pulpa	29
22	Número de riegos, lámina de agua aplicada y consumida en cada riego y tratamiento	30
23	Relación evapotranspiración/evaporación para las diferentes etapas fenológicas del cultivo, obtenida con el promedio de los tratamientos f-7 y f-10	34
24 "A"	Coefficiente de correlación de la evapotranspiración de los tratamientos versus fórmula de Hargreaves modificada en 1977	48
25 "A"	Radiación extraterrestre en mm/día (Ra)	49
26 "A"	Coefficiente de cultivo (Kc)	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos	15
2 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable, para el tratamiento f-7	41
3 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable, para el tratamiento f-10	42
4 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable, para el tratamiento f-13	43
5 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable, para el tratamiento f-16	44
6 "A"	Porcentaje de humedad aprovechable, para el tratamiento f-19	45
7 "A"	Comportamiento de la evapotranspiración durante el ciclo del cultivo	46
8 "A"	Evolución del coeficiente de cultivo durante las diferentes fases fenológicas del cultivo	47

EFFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicum esculentum L.), EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA.

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

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la unidad de riego Asunción Mita, Jutiapa, evaluándose el efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento del cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum L.), durante el período diciembre 1990 a abril de 1991. Las frecuencias de riego evaluadas fueron: 7, 10, 13, 16 y 19 días, arregladas en un diseño bloques al azar con 4 repeticiones, teniendo un total de 20 unidades experimentales. La variedad usada fue la UC-82 "B" y la textura del suelo franco arcillo arenoso. Se midió el consumo de agua en forma directa, por el método gravimétrico comparándose con el consumo calculado por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977. Así mismo se obtuvieron coeficientes "C" de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del agua en el tanque tipo A. La determinación de la humedad se hizo mediante el método gravimétrico. La lámina de agua aplicada en cada riego se calculó por medio de la fórmula de Hargreaves modificada en 1977. El efecto de las cinco frecuencias de riego se midió a través de las variables respuesta: Rendimiento de fruto, Número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo, Calidad industrial del fruto. Al evaluar los diferentes tratamientos, se encontró diferencias estadísticamente significativas referente a las variables respuesta mencionadas, excepto para la calidad industrial del fruto. Para los tratamientos más húmedos, se dió una mayor evapotranspiración, que para los tratamientos más secos. Se encontró que el mayor agotamiento de la humedad aprovechable se manifestó en las etapas que van de mediados a finales de período. Los valores de la evapotranspiración calculados por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, son diferentes a los medidos, concluyéndose que la fórmula utilizada en la estimación de la evapotranspiración no se adapta a la región para la clase textural de suelo donde se realizó el experimento.

En la relación evapotranspiración medida versus evaporación del tanque tipo "A", los coeficientes "C" promedio de los tratamientos F-7 y F-10 para diferentes etapas fue de: 0.40 para la etapa inicial, 0.60 para la etapa de desarrollo, 0.62 para la etapa mediados de temporada y de 0.74 para la etapa finales de estación. Se recomienda regar con frecuencia 7 días, no utilizar la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, en la determinación del uso del agua, mientras no se realice más experimentación en el mismo cultivo y región. Utilizar los coeficientes "C" obtenidos en la relación evapotranspiración/evaporación, para las diferentes etapas fenológicas del cultivo, ya que éste método es bastante práctico y sencillo. En futuras investigaciones contemplar la respuesta fisiológica del cultivo y un análisis económico, donde se involucre la lámina de agua, frecuencia y rendimiento, así como tomar en consideración el impacto ambiental de la lámina de agua aplicada y la frecuencia. Finalmente se recomienda la continuación de este tipo de estudios en la misma región, época y cultivo a fin de lograr la confirmación de los resultados obtenidos en el presente experimento.

1 . INTRODUCCION

Es bien sabido, que en muchas regiones del país, especialmente la oriental, la producción agrícola en la época seca depende en gran medida de la utilización del riego, cuya aplicación debe ser adecuada y oportuna para llegar a obtener cosechas abundantes, mejorando de esta manera la economía de los agricultores.

Para dar respuesta a tales exigencias la Facultad de Agronomía, a través del Instituto de Investigaciones Agronómicas en 1982, inició un proyecto de investigación en Frecuencias de Riego y Evapotranspiración, lográndose hasta 1991, la ejecución de 33 trabajos en 8 regiones del país, en diferentes cultivos tales como: tomate, cebolla, chile pimiento, pepino, frijol, maíz, melón, remolacha y tabaco. En los mismos se ha recomendado la continuación de la experimentación, tanto en las mismas como en diferentes localidades y en los mismos cultivos, para llegar a obtener datos confiables y consistentes.

Por las razones anteriores se decidió realizar el presente estudio en la Unidad de Riego de Asunción Mita, Jutiapa; que no obstante, tener 25 años de existencia no se ha generado mucha investigación en materia de Frecuencias de Riego, que contribuya hacia un mejor uso del recurso agua. El sistema de riego de ésta unidad es por gravedad y el método de irrigación más utilizado es por surcos.

Se evaluó el efecto de Cinco Frecuencias de Riego, en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum L.), utilizándose para tal efecto la variedad UC-82 "B" que es la de mayor demanda en el mercado y preferencia por los agricultores del área. La evapotranspiración del cultivo se midió con el método gravimétrico y además se calculó por medio de la fórmula de Hargreaves modificada en 1977.

2 . PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La unidad de riego de Asunción Mita, Jutiapa, inició sus operaciones en el año 1965. En los 25 años de existencia no se ha generado investigación sobre la cantidad de agua que requiere el cultivo de tomate, y sobre la frecuencia con que debe regarse; dado a ello los usuarios de la misma han regado sus cultivos de una manera empírica; sin atender ningún criterio técnico-científico para controlar la cantidad de agua en cada riego, por lo que se aplican láminas no adecuadas a intervalos de riego generalmente cortos.

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

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

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

3 . MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Necesidades de agua y sus efectos sobre el cultivo de tomate.

Doorembos y Kassam (3), indican que la humedad excesiva favorece el desarrollo de enfermedades y plagas que afectan negativamente el cultivo. Un déficit de agua riguroso y prolongado limita el crecimiento y reduce los rendimientos. El riego excesivo durante la floración aumenta la caída de la flor y reduce la formación de frutos, mientras que si se retira el riego durante este período se favorece una floración y maduración uniforme. En la formación de frutos, el riego abundante después de una escasez prolongada de agua, provoca agrietamiento de los mismos. Si se efectúan riegos frecuentes y ligeros, mejoran el tamaño, forma, contenido en jugo, color del fruto, contenido de materia seca y reducción de ácidos. Las necesidades totales de agua después del trasplante en el campo en un período de 90-120 días es de 400 a 600 milímetros, dependiendo del clima. Las necesidades de agua en relación con la evapotranspiración potencial en mm/período están dadas por el factor de cultivo K_c para las distintas etapas del desarrollo y varía de 0.4 a 1.25.

Barillas (2), en estudio realizado sobre tomate en el valle de La Fragua, Zacapa, determinó láminas de consumo totales de 506.3 milímetros para suelo franco arcilloso arenoso y 409.6 milímetros para suelo arcilloso.

Zea (15), en La Fragua, Zacapa, encontró láminas totales de agua consumida de 281 a 369 milímetros para el suelo con textura arcillosa.

Soberanis L. (14), reporta que no existe diferencia estadística significativa en el rendimiento al aplicar láminas totales comprendidas entre 647.3 milímetros (riego cada 4 días) y 232.0

milímetros (riego cada 12 días), al trabajar en la unidad de riego El Rancho-Jícaro y en suelo arenoso.

Orozco G. (11), en estudio realizado en la unidad de riego San Jerónimo, Baja Verapaz, encontró láminas totales de riego de 239.2 a 442.3 milímetros, para suelo franco arenoso y franco arcilloso en los estratos de 0 - 30 Cms. y 30 - 60 Cms. respectivamente

Andrino A. (1), en el Oasis, La Fragua, Zacapa, encontró láminas totales de agua consumida de 198.8 a 406.0 milímetros para suelo con textura franco arcilloso arenoso.

3.1.2 Investigación realizada en frecuencias de riego en Guatemala.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) a ejecutado en el período de 1982 a 1987, específicamente en el proyecto de frecuencias de Riego y Evapotranspiración, 20 experimentos en 6 regiones de Guatemala, en los cultivos de tomate, cebolla, melón, chile pimiento, pepino, maíz, frijol, tabaco y remolacha, habiendo sido todos trabajos a través de investigaciones de tesis. (12)

De los 20 trabajos publicados hasta 1987, cinco corresponden al cultivo de tomate. A continuación se resumen los rendimientos en tm/ha obtenidos en cada experimento.

Soberanis L. (14), aplicó frecuencias de riego de 4, 6, 8, 10 y 12 días, obteniendo 23.77, 23.25, 22.48, 21.57 y 23.64 tm/ha respectivamente. Concluye que para las frecuencias de riego antes mencionadas no existe diferencia estadística significativa en el rendimiento.

Zea M. (15), trabajando con frecuencias de riego de 8, 12, 16 20 y 24 días obtuvo 43.70, 38.8, 37.5, 38.8 y 30.4 tm/ha

respectivamente. Concluye que para las frecuencias de riego de 8, 12, 16 y 20 días el rendimiento es estadísticamente igual, no así para la frecuencia de 24 días.

Andrino A. (1), concluye que el rendimiento es estadísticamente igual para los tratamientos con frecuencias de riego de 8, 12, 16 y 20 días, siendo diferente en el tratamiento con riego cada 24 días. Los rendimientos obtenidos, 30.71, 28.56, 27.62, 22.91 y 18.79 tm/ha respectivamente.

Oliva C. (10), al regar con frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, obtuvo 11.27, 10.29, 8.58, 7.29, 8.38 y 5.30 tm/ha respectivamente, indicando que las diferentes frecuencias de riego sí tienen efecto en el rendimiento.

Orozco G. (11), trabajando con frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, obtuvo 23.04, 20.48, 20.07, 18.90, 17.40 y 16.56 tm/ha respectivamente y concluye que las diferentes frecuencias, no tienen influencia estadísticamente significativa sobre los rendimientos.

3.1.3 Evapotranspiración

Israelsen y Hansen (9), afirman que el volumen de agua evapotranspirada por las plantas depende del agua que tiene a su disponibilidad, de la temperatura y de la humedad del aire, del régimen de viento, de la intensidad luminosa del sol, del desarrollo de la planta, de su follaje y de la naturaleza de las hojas.

3.1.3.1 Evapotranspiración Potencial (ETp) y Evapotranspiración Real (ETr)

La ETp sucede con una vegetación de escasa altura y activo crecimiento, que cubre totalmente el terreno y que no tiene restricciones de humedad edáfica y depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, las cuales son dadas por las

características físicas de la atmósfera vecina al suelo, mientras que las características variables de la cobertura vegetal natural o cultivada, de las condiciones edáficas y de los niveles de humedad del suelo modifican los supuestos tomados al definir Evapotranspiración Potencial, pues actúan como factores reductores, por lo tanto Evapotranspiración real es igual a la potencial afectada por un factor K_c que varía a lo largo del ciclo y es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y la incidencia del ambiente edáfico. (14)

$$E_{Tr} = E_{Tp} \cdot K_c$$

Donde:

E_{Tr} = Evapotranspiración real.

K_c = Coeficiente de cultivo, depende de la especie y etapa de desarrollo del cultivo.

E_{Tp} = Evapotranspiración potencial.

3.1.3.2 Evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To})

Representa la tasa de evapotranspiración de una superficie cubierta de hierba de 8 a 15 Cms. de altura que está creciendo activamente, que sombrea completamente el terreno y que no escasea de agua.

El concepto E_{To} es similar al de E_{Tp} . Hargreaves en algunos documentos dice que su fórmula calcula E_{Tp} y en otros E_{To} ; esto es debido a que los dos conceptos son similares, en este documento las tomaremos como iguales y se usará el término E_{Tp} , por ser más común en nuestro medio; aunque vale indicar que el término E_{To} lo usa más la FAO actualmente.

3.1.3.3 Evapotranspiración Máxima (ETm)

Doorembos y Kassam (3), manifiestan que para un clima determinado y para un cultivo y etapa de desarrollo de éste la evapotranspiración máxima expresada en mm/día del periodo considerado es:

$$ETm = ETP - Kc$$

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

3.1.4 Métodos para determinar la Evapotranspiración

Según Israelsen y Hansen (9), existen para determinarla los métodos Directos siguientes: tanques, lisímetros, parcelas experimentales, método de integración, método de entradas y salidas para grandes extensiones. Los métodos indirectos estiman la evapotranspiración en función de datos climáticos reportándose los siguientes: Método de Penman, Blaney-Criddle, Hargreaves modificado, Evaporación del tanque y método de Thornthwaite.

Hargreaves G. (5), por muchos años se ha dedicado a investigar la forma de determinar los requerimientos de evapotranspiración de diversos cultivos, en uno de sus últimos artículos publicados concluye que: "La utilización de fórmulas complicadas para determinar evapotranspiración, entorpecen el trabajo de riego, en donde se requieren resultados en forma inmediata sin tener que recurrir a datos climáticos sofisticados." Por tal razón a llegado a desarrollar una serie de

fórmulas para estimar evapotranspiración potencial, entre ellas la desarrollada en 1977, que a continuación se detalla.

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

Donde:

ETp = Evapotranspiración Potencial (mm/día)

Ra = Radiación expresada en equivalentes de evaporación mm/día de acuerdo a la latitud y mes.

Tmed = Temperatura media diaria (°C)

HRmed = Humedad relativa media (%).

Esta fórmula tiene la ventaja de ser simple y usar datos climáticos, Temperatura media y Humedad relativa media, mismos que están disponibles en estaciones meteorológicas tipo "B". Es por esta razón que será usada en éste experimento. La fórmula puede usarse para calcular ETp diaria hasta mensual. Además los resultados obtenidos con ésta fórmula correlaciona muy bien con las fórmulas planteadas por el mismo autor en 1983 (6) y 1986 (7), éstas últimas toman en cuenta la Temperatura mínima, Media y Máxima.

3.1.5 Coefficiente de Cultivo (Kc)

Doorembos y Kassam (3), manifiestan que el valor de Kc depende del cultivo en referencia y varía de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo, influyendo también en cierta medida la velocidad del viento y la humedad. De tal manera que el coeficiente para cada una de las etapas del cultivo de tomate es: Etapa inicial (10 a 15 días) 0.4 - 0.5, desarrollo (20 a 30 días) 0.7 a 0.8, mediados de temporada (30 a 40 días) 1.05 a 1.25, finales de Estación (30 a 40 días) 0.8 a 0.9, Recolección 0.6 a 0.65.

3.2 MARCO REFERENCIAL

El experimento se realizó, en la unidad de riego de Asunción Mita, departamento de Jutiapa, la cual se encuentra a 146 kilómetros de la ciudad capital, está localizada en las coordenadas geográficas 14° 19' 58" latitud norte y 89° 42' 33" longitud oeste. Posee un área de diseño de 1000 hectáreas y su fuente es el río Ostúa.

La temperatura media anual es de 28 grados centígrados, precipitación pluvial anual de 1,285 milímetros; siendo los meses más lluviosos del año: mayo, junio, agosto y septiembre y los meses más secos: diciembre, enero, febrero y marzo. La humedad relativa media anual es de 71%. La dirección predominante del viento es noroeste en un 66% de los meses del año, el promedio anual de horas luz es de 69%, el menor porcentaje corresponde al mes de enero.

La altitud a la que se encuentra el valle de Asunción Mita, es de 450 MSNM, con clima cálido seco, dentro de la zona de vida Bosque seco Sub-tropical, de la clasificación de Holdridge.

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

4 . OBJETIVOS

4 . 1 General :

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

4 . 2 Específicos :

- 4.2.1 Determinar la frecuencia de riego más adecuada para el cultivo y condiciones del área.
- 4.2.2 Determinar mediante el método de Hargreaves modificado en 1977, la cantidad o lámina de agua a aplicar en cada riego y durante todo el ciclo del cultivo.
- 4.2.3 Comparar la evapotranspiración estimada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, con la evapotranspiración medida en el campo por el método gravimétrico.
- 4.2.4 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
- 4.2.5 Establecer la relación evapotranspiración/evaporación, para diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con los mayores rendimientos.

5. HIPOTESIS

- 3.1 El rendimiento y la calidad del fruto en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum L.), será diferente con la aplicación de las frecuencias de riego: 7, 10, 13, 16 y 19 días.

- 3.2 La evapotranspiración calculada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, durante todo el ciclo de cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será igual al valor de la evapotranspiración bajo las condiciones del experimento.

6. METODOLOGIA

6.1 Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Para el análisis físico se tomaron varias sub-muestras del área experimental de cada uno de los estratos estudiados, se homogenizaron para formar una muestra compuesta, misma que fue enviada al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA), para la determinación de textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. La capacidad de campo también fue determinada en el campo, utilizando el método directo en parcela de campo, cuyo resultado fue diferente al del laboratorio, tomándose finalmente el dato determinado en el campo, por considerarse más adecuado para el experimento. Los resultados obtenidos a nivel de laboratorio y campo se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1. PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

Estrato (Cms)	Textura	Densidad Aparente	*Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente
0-30	Franco arcillo arenoso	1.26	26.10	15.46
30-60	Franco arcillo arenoso	1.19	24.32	16.51

*: Determinada a nivel de campo.

Para el análisis químico del suelo, se tomaron sub-muestras para luego formar una muestra compuesta del área experimental y se envió al laboratorio de la disciplina de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), para poder contar posteriormente con recomendaciones en cuanto a fertilización, los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 2.

CUADRO 2. RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO.

pH	microgramos/ml		meq/100 ml de suelo	
	P	K	Ca	mg
6.2	50	400	9.42	3.36

6.2 Manejo del cultivo

El cultivo se manejó de acuerdo a las recomendaciones del programa de hortalizas del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), vigentes para la zona donde se realizó el experimento. La variedad de tomate establecida fué UC-82 "B", la cual es de tipo compacto especial para la industria, aceptable también para consumo en fresco. El cultivo se inició con el establecimiento del semillero, preparando una cama de 20 mts. de largo, 1.20 mts. de ancho y 0.20 mts. de alto. Previo a la colocación de la semilla el suelo fue bien mullido, desinfestado y desinfectado con Bromuro de metilo. La siembra se efectuó en surcos separados 15. Cms. colocando la semilla al chorrío. A las plántulas en semillero se les dió el respectivo mantenimiento hasta llegar a la etapa de trasplante.

6.2.1 Preparación del terreno en campo definitivo

El terreno se preparó en forma mecanizada, efectuando la aradura de 25 a 30 Cms. de profundidad y luego dos pasos de rastra, finalmente se niveló y surqueo con pendiente de 0.3% y a una distancia de un metro.

6.2.2 Trasplante

Esta actividad se realizó en horas frescas del día, a 25 días de establecido el semillero, aplicándose un riego antes de realizarse. El trasplante se hizo en surcos sencillos, a distancias de 1 metro entre surcos y 0.30 metros entre plantas.

6.2.3 Control de Plagas y Enfermedades:

La aplicación de insecticidas y fungicidas (Metamidophos, Fenpropathrin, Fenvalerato, Zineb, mancozeb, Oxiclورو de cobre) fue a intervalos de 5 días entre una y otra, dado a que se manifestó ataque de mosca blanca (Bemisia tabaci), durante los primeros 30 días de realizado el trasplante, pasado éste período las aspersiones se hicieron cada 8 días. A inicios del

trasplante el cultivo fue atacado severamente por hongos del género *Pythium*, mismo controlado con Captan dirigido a la base del tallo.

6.2.4 Control de Malezas, Fertilización y Tutoraje

El control de malezas se hizo manualmente y las fertilizaciones se aplicaron en base a los resultados del análisis de suelo y de los requerimientos del cultivo. El tutoraje se realizó 30 días después del trasplante.

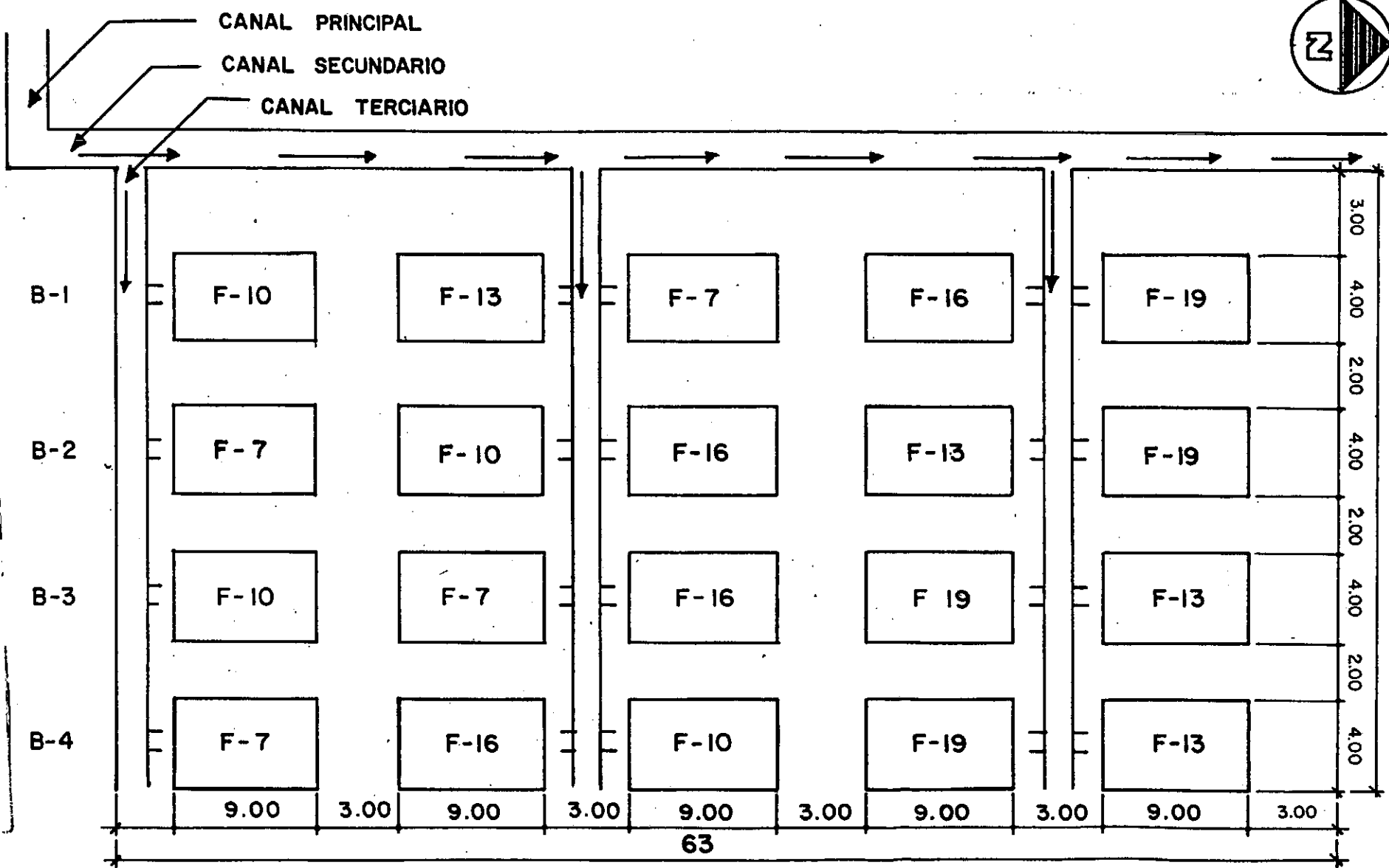
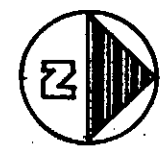
6.3 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño bloques al azar, debido a que el único factor de estudio fue la frecuencia de riego. El diseño incluyó 5 tratamientos y 4 repeticiones (Ver Fig. 1). Los tratamientos distribuidos con frecuencias de riego así:

F -7 Riego cada 7 días	F-16 Riego cada 16 días
F-10 Riego cada 10 días	F-19 Riego cada 19 días
F-13 Riego cada 13 días	

6.3.1 Area del Experimento

Area total del experimento: 1,575 m²
 Area neta del experimento: 720 m²
 Area por unidad experimental: 36 m²
 Area útil por unidad experimental: 25 m²
 Dimensiones de la unidad experimental: 9 × 4 m.
 Número de unidades experimentales: 20
 Distancia entre unidades experimentales: 3 m
 Distancia entre bloques: 2 m
 Número de surcos por unidad experimental: 5
 Número de plantas por parcela Bruta: 150
 Número de plantas por parcela neta: 120



PROYECTO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Filiología Centro

FIG. 1 PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO Y ASIGNACION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS

25.00

6.3.2 Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la i -ésima unidad experimental.

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental en la i -ésima unidad experimental.

6.4 Variable Respuesta

Las variables respuesta estudiadas para evaluar el efecto de los tratamientos, son las que a continuación se detallan:

- Rendimiento de frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea.
- Rendimiento de frutos no comerciales en toneladas métricas por hectárea.
- Número de plantas muertas al final del ciclo.
- Calidad industrial del fruto.

La calidad industrial del fruto se determinó mediante el análisis de los factores: Grados Brix, pH, Porcentaje de acidéz y Porcentaje de pulpa, mismo que se realizó en el laboratorio de la compañía Kern's de Guatemala, previo envío de muestras de 1 kilogramo de peso, tomado en cada unidad experimental.

6.5 Manejo del experimento

6.5.1 Control de la humedad del suelo y aplicación de los riegos:

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

Durante la primera quincena el cultivo se regó a intervalos de

5 días después del trasplante, posteriormente se empezó con las frecuencias de riego establecidas para cada tratamiento. Los riegos se aplicaron utilizando el método de riego por surcos, calculándose la lámina a aplicar por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977. Para derivar el agua del canal principal, fue necesario habilitar un canal secundario, el cual llegó a un costado de la parcela, para poder introducir el agua a las tomas terciarias, que finalmente condujeron el agua a las unidades experimentales. (Ver Fig. 1)

Con el propósito de contar con un mejor y más eficiente manejo del agua, se utilizaron sifones de plástico rígido (PVC), previamente calibrados para el caudal requerido. Las dimensiones de los sifones 3/4 de pulgada de diámetro y 1.5 mts. de largo.

6.5.2 Lámina de agua a reponer en cada riego:

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

- La radiación extraterrestre expresada en equivalentes de evaporación en mm/día (R_a)
- La temperatura media diaria en °C (T_{med})
- La humedad relativa media diaria en % (HR_{med})

Dichos datos fueron sustituidos en la fórmula de Hargreaves modificada en 1977.

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

La temperatura media y humedad relativa media diaria, se tomaron de la estación meteorológica tipo "B", existente a una distancia aproximada de 500 metros del área donde se efectuó la investigación; mientras que los valores de R_a , se obtuvieron de

la tabla de datos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), 1974. (Ver Cuadro 25 del apéndice)

Posteriormente se procedió a calcular la Evapotranspiración Máxima del cultivo (ETm), la cual resultó de multiplicar la Evapotranspiración Potencial por el coeficiente del cultivo Kc.

$$ETm = ETP \cdot Kc$$

Donde:

ETm = Evapotranspiración Máxima en mm/día

ETp = Evapotranspiración potencial en mm/día

Kc = Coeficiente del cultivo depende de
la etapa del cultivo

El valor del coeficiente del cultivo (Kc), se obtuvo del estudio FAO: Riego y Drenaje No. 33 "Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos" (Ver Cuadro 26 de apéndice)

La lámina Neta (Ln), a reponer en cada riego fué la suma de la evapotranspiración máxima acumulada entre un riego y el sub-siguiente. También se indica que se midió la evapotranspiración directamente en el campo, a través de muestreo de suelo, antes de cada riego.

6.5.3 Volumen de agua a aplicar en cada riego:

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

$$Vol = A \times Ln \times 1000$$

Donde:

Vol = Volumen de agua requerida (litros)

A = Area de cada unidad experimental (m²)

1000 = Constante que transforma m³ a litros

Ln = Lámina de agua a reponer en cada riego (m³)

6.5.4 Tiempo de riego para cada parcela:

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

$$Tr = \frac{Vol}{Q \cdot 60}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego en minutos

Vol = Volumen de agua requerida en litros

Q = Caudal de entrada (litros/segundo)

60 = Constante que transforma segundos a minutos

6.6 Análisis de resultados

Para las variables respuesta a los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza y prueba de tukey al 5% de significancia.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración por frecuencia, calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, equivalen los valores de evapotranspiración medida en el campo, se efectuó un análisis de correlación, con un nivel de significancia del 1%.

En vista que los valores de los coeficientes "r²" calculados son menores a los tabulados para un nivel de significancia de 1%, no se efectuaron las dos pruebas de hipótesis para determinar que la pendiente de la recta es igual a uno y el intercepto es igual a cero. (Ho: B1 = 1 y Ho: Bo = 0)

7. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente ensayo y su discusión se presentan en éste capítulo en cuatro partes. En primer lugar se encontrarán las variables respuesta, luego el uso del agua por la planta, las comparaciones entre evapotranspiración calculada y la evapotranspiración medida y por último la determinación del coeficiente "C" de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del agua en el tanque tipo A.

7.1 Variable Respuesta

Se analizan y discuten aquí los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos para cada una de las variables estudiadas: rendimiento en toneladas métricas por hectárea de fruto comercial y no comercial, número de plantas muertas al final del ciclo del cultivo por parcela útil y la calidad industrial del fruto. Los resultados promedio obtenidos para las mencionadas variables respuesta (sin incluir lo que corresponde a calidad industrial del fruto), se resumen en el cuadro 3.

CUADRO 3. RESULTADOS PROMEDIO DE RENDIMIENTO Y NUMERO DE PLANTAS MUERTAS DURANTE EL CICLO DE CULTIVO.

Tratamientos	Rendimiento de fruto comercial		Rendimiento de fruto no comercial ²	Número plantas muertas por parcela útil.
	tm/ha	cajas ₁ por/ha ¹		
F -7	12.03	530	1.02	19.00
F -10	9.10	401	1.34	19.53
F -13	7.47	329	0.70	27.35
F -16	5.20	229	0.85	43.03
F -19	1.90	84	0.53	71.40

1 Una caja de tomate pesa 22.72 kgs (50 Lbs)

2 Se consideró fruto no comercial al dañado por insectos, necrosis apical y fruto muy pequeño.

7.1.1 Rendimiento de fruto en tm/ha, y Número de plantas muertas durante el ciclo de cultivo.

En el cuadro 3, puede notarse que el rendimiento en tm/ha de frutos comerciales, decrece conforme se alarga el intervalo de riego. Esto tiene íntima relación con el número de plantas muertas durante el ciclo de cultivo. Los resultados de rendimiento por tratamiento y repetición así como el análisis de varianza se presentan en los cuadros 4 y 5; dicho análisis indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Al efectuar la comparación múltiple de medias, prueba de Tukey, cuadro 6, se encuentra que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes.

CUADRO 4. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA, PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	11.86	11.96	12.16	12.13	48.14	12.03
F-10	9.48	8.93	9.38	8.64	36.43	9.10
F-13	6.97	7.15	7.18	8.61	29.91	7.47
F-16	5.44	5.34	4.73	5.30	20.81	5.21
F-19	1.86	2.83	1.88	1.03	7.06	1.90
TOTAL	35.61	36.24	35.33	35.71	142.35	

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Ft 0.05
Bloques	3	0.0867	0.029	0.08 NS	3.49
Tratamientos	4	236.6293	59.157	173.080 S	3.26
Error	12	4.1015	0.342		
TOTAL	19	240.8175			

Coeficiente de variación: 8.18%

CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN tm/ha DE FRUTOS COMERCIALES.

Tratamientos	Media	Nivel
F- 7	12.03	a
F-10	9.10	b
F-13	7.47	c
F-16	5.21	d
F-19	1.90	e

Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales.

Los resultados de rendimiento de frutos no comerciales por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza se presentan en los cuadros 7 y 8, dicho análisis indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. El análisis comparación múltiple de medias, prueba de Tukey, cuadro 9, indica que los tratamientos regados cada 13 y 19 días son estadísticamente iguales. Los tratamientos regados cada 7 y 16 días son diferentes estadísticamente a los tratamientos anteriores e iguales entre sí. El tratamiento regado cada 10 días, es diferente estadísticamente a todos los tratamientos anteriores y es el que presenta el mayor rendimiento de frutos no comerciales; esto es comprensible pues es en el que se manifestó alto número de frutos dañados por pudrición, probablemente por efecto de la humedad.

CUADRO 7. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA, PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	1.05	1.13	0.97	0.94	4.09	1.02
F-10	0.92	1.58	1.52	1.33	5.35	1.34
F-13	0.98	0.59	0.67	0.47	2.81	0.70
F-16	0.85	0.72	0.78	1.08	3.43	0.85
F-19	0.44	0.50	0.48	0.69	2.11	0.53
TOTAL	4.24	4.62	4.42	4.51	17.79	

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05
Bloques	3	0.0154	0.005	0.12 NS	3.49
Tratamientos	4	1.5417	0.385	8.95 S	3.26
Error	12	0.5166	0.043		
TOTAL	19	2.0738			

Coefficiente de variación: 23%

CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN tm/ha DE FRUTOS NO COMERCIALES.

Tratamiento	Medias	Nivel
F-19	0.53	A
F-13	0.70	AB
F-16	0.85	BC
F-7	1.02	BC
F-10	1.34	C

Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales.

Los resultados número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil para cada tratamiento y repetición; así como el análisis de varianza se presenta en los cuadros 10 y 11, dicho análisis indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La prueba multiple de medias, prueba de Tukey, cuadro 12, indica que los tratamientos regados cada 7 y 10 días no muestran diferencias estadísticas significativas, ocurriendo la mortalidad más alta en los tratamientos regados con mayor intervalo de riego. Por consiguiente la aplicación de las diferentes frecuencias de riego causó la mortalidad de las plantas.

CUADRO 10. RESULTADOS NUMERO DE PLANTAS MUERTAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL, PARA CADA TRATAMIENTO Y REPETICION.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	4.24	5.13	4.16	3.90	17.43	4.35
F-10	4.07	4.55	4.40	4.64	17.66	4.41
F-13	5.83	4.92	5.13	5.06	20.94	5.23
F-16	6.81	5.65	6.91	6.86	26.23	6.55
F-19	8.97	8.77	7.21	8.85	33.80	8.45
TOTAL	29.92	29.02	27.81	29.31	116.06	

NOTA: A los resultados originales de número de plantas muertas al final del ciclo del cultivo por parcela útil, se les sacó raíz cuadrada para convertirlos de variables discretas a continuas.

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE PLANTAS MUERTAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	3	0.47	0.15	0.44 NS	3.49
Tratamientos	4	47.66	11.91	34.02 S	3.26
Error	12	4.24	0.35		
TOTAL	19	52.37			

Coefficiente de variación: 10.24%

CUADRO 12. PRUEBA DE TUKEY PARA EL NUMERO DE PLANTAS MUERTAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL.

Tratamientos	Medias	Nivel
F- 7	4.35	A
F-10	4.41	A
F-13	5.23	B
F-16	6.55	C
F-19	8.45	D

Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales.

7.1.2 Calidad industrial del fruto

Los resultados promedio de los factores considerados en la calidad industrial del fruto: Grados Brix, pH, Porcentaje de acidéz y Porcentaje de pulpa se presentan en el cuadro 13. Estos factores fueron determinados mediante análisis del fruto en el laboratorio de la compañía Alimentos Kern's de Guatemala, para éste análisis se tomaron muestras de 1 kilogramo de peso en cada una de las unidades experimentales.

CUADRO 13. RESULTADOS PROMEDIO DE LOS FACTORES CONSIDERADOS EN EL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO.

Tratamientos	FACTORES ANALIZADOS			
	Grados Brix	pH	% Acidéz	% Pulpa
F- 7	5.12	4.05	0.48	43.97
F-10	5.52	4.05	0.61	41.40
F-13	5.02	4.01	0.48	41.12
F-16	4.97	4.02	0.47	44.82
F-19	5.52	4.01	0.48	40.32

7.1.2.1 Grados Brix

Es deseable que el fruto tenga el valor más alto, para facilitar el proceso de la elaboración de pasta, al tener que evaporar una menor cantidad de agua para llevar a 30 grados brix la concentración de la pasta, siendo aceptable, valores mayores de 4.5 grados Brix. El cuadro 13 muestra que todos los tratamientos dan valores promedio de grados brix mayores de 4.5.

Los resultados del análisis industrial del fruto para grados brix, así como el análisis de varianza se presentan en los cuadros 14 y 15, observándose que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. O sea que regar con frecuencias de riego de 7, 10, 13, 16 y 19 días no afecta los grados brix del fruto de tomate.

CUADRO 14. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO PARA GRADOS BRIX.

TRATAMIENTOS	REPETICION				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	5.1	5.0	5.4	5.0	20.5	5.12
F-10	4.8	6.8	5.2	5.3	22.1	5.52
F-13	5.2	4.8	4.9	5.2	20.1	5.02
F-16	5.0	5.1	4.8	5.0	19.9	4.97
F-19	6.8	5.2	4.8	5.3	22.1	5.52
TOTAL	26.9	26.9	25.1	25.8	104.7	

CUADRO 15. ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRIX.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	3	0.47	0.16	0.44 NS	3.49
Tratamientos	4	1.17	0.29	0.80 NS	3.26
Error	12	4.42	0.36		
TOTAL	19	6.06			

Coefficiente de variación: 11.58%

7.1.2.2 Potencial Hidrogénico (pH)

El rango ideal de pH, para la industrialización del fruto de tomate debe oscilar entre 3.5 a 4.1; valores más bajos producen corrosión del metal del envase y valores más altos favorecen a que ocurra proliferación de microorganismos indeseables. En el cuadro 13 puede verse que el pH varía de 4.01 a 4.05, o sea dentro del rango ideal. En los cuadros 16 y 17, se tienen los resultados del análisis industrial del fruto para pH, así como el análisis de varianza, puede observarse que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Por lo que se concluye que regar con frecuencias de 7, 10, 13, 16 y 19 días no afecta el pH del fruto de tomate.

CUADRO 16. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO PARA pH.

TRATAMIENTOS	REPETICION				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	4.0	3.95	4.15	4.1	16.2	4.05
F-10	4.1	4.10	3.90	4.1	16.2	4.05
F-13	3.9	3.95	4.10	4.1	16.0	4.01
F-16	4.0	4.10	4.00	4.0	16.1	4.02
F-19	3.5	4.10	3.90	4.1	16.0	4.01
TOTAL	19.9	20.00	20.05	20.4	80.6	

CUADRO 17. ANALISIS DE VARIANZA PARA pH.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	3	0.031	0.010	1.25 NS	3.49
Tratamientos	4	0.013	0.003	0.37 NS	3.26
Error	12	0.096	0.008		
TOTAL	19	0.140			

Coefficiente de variación: 2.22%

7.1.2.3 Porcentaje de acidéz

Este factor está determinado por la cantidad de ácido cítrico, por ser éste el más abundante. Los valores aceptables van de 0.4 a 0.45 %, valores mayores provocan oxidación en el metal del envase y valores menores hacen que la pasta pierda su sabor. El cuadro 13, muestra que todos los tratamientos dieron valores de porcentaje de acidéz cercanos al rango aceptado. Los resultados, así como el análisis de varianza de la calidad industrial del fruto, para porcentaje de acidéz, se presenta en los cuadros 18 y 19, indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos; o sea que regar con frecuencias de riego de 7, 10, 13, 16 y 19 días no afecta el porcentaje de acidéz del fruto de tomate.

CUADRO 18. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	0.36	0.57	0.53	0.46	1.92	0.48
F-10	0.47	0.79	0.60	0.58	2.44	0.61
F-13	0.61	0.45	0.48	0.36	1.90	0.48
F-16	0.57	0.30	0.44	0.57	1.88	0.47
F-19	0.37	0.48	0.61	0.45	1.91	0.48
TOTAL	2.38	2.59	2.66	2.42	10.05	

CUADRO 19. ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	3	0.01	0.003	0.3 NS	3.49
Tratamientos	4	0.05	0.012	0.8 NS	3.26
Error	12	0.18	0.015		
TOTAL	19	0.24			

Coefficiente de variación: 24.37%

7.1.2.4 Porcentaje de pulpa.

Es deseable que el rango oscile entre 35 y 40, pues éste factor es índice del rendimiento que tendrá el fruto de tomate en la elaboración de la pasta. Puede apreciarse en el cuadro 13, que todos los tratamientos tienen valores promedio dentro del rango aceptado. Los resultados del análisis de calidad industrial del fruto para porcentaje de pulpa, así como el análisis de varianza se presentan en los cuadros 20 y 21, dicho análisis indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. O sea que regar con frecuencias de riego de 7, 10, 13, 16 y 19 días no afecta el porcentaje de pulpa del fruto de tomate.

CUADRO 20. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO PARA PORCENTAJE DE PULPA.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F- 7	40.0	43.5	48.9	43.5	175.9	43.97
F-10	42.5	43.5	41.3	38.3	165.6	41.40
F-13	46.0	39.5	38.9	38.0	161.5	40.37
F-16	46.8	44.0	46.0	44.0	180.8	45.20
F-19	39.6	38.0	45.8	37.9	161.3	40.32
TOTAL	214.9	208.5	220.0	201.7	845.1	

CUADRO 21. ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE PULPA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	3	37.73	12.57	1.37 NS	3.49
Tratamientos	4	78.48	19.62	2.14 NS	3.26
Error	12	109.58	9.13		
TOTAL	19	225.79			

Coefficiente de variación: 7.15%

7.2 Uso del Agua por el cultivo

7.2.1 Número de Riegos, Lámina Total Aplicada y Consumida en cada tratamiento

En el cuadro 22, se muestra el número de riegos en cada tratamiento, la lámina de agua aplicada al cultivo, en cada riego y en total, la cual fue calculada mediante la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, así como la lámina de agua consumida en cada tratamiento durante el ciclo de cultivo, esta última determinada a través de muestreos del suelo antes de cada riego.

En este mismo cuadro, puede observarse que tanto la lámina total aplicada como la consumida en cada tratamiento, es mayor para los intervalos de riego más cortos y disminuye conforme el intervalo de riego se alarga. Esto es de esperarse pues las plantas al tener más agua retenida a menor tensión, tenderán a

consumir mayor cantidad. Puede verse también que el número de riegos aplicados en cada tratamiento durante todo el ciclo del cultivo, varía desde 13 en el tratamiento regado cada 7 días, hasta 6 en el tratamiento regado cada 19 días. Estos dos factores inciden en que el costo de riego para las frecuencias más cortas, sea mayor que para las frecuencias más largas.

CUADRO 22. NUMERO DE RIEGOS, LAMINA DE AGUA APLICADA Y CONSUMIDA EN CADA RIEGO Y TRATAMIENTO.

NUMERO DE RIEGOS ¹	TRATAMIENTOS									
	F-7		F-10		F-13		F-16		F-19	
	H ²	M ³	H ²	M ³	H ²	M ³	H ²	M ³	H ²	M ³
	LAMINAS (milímetros)									
1	26.25	23.46	39.40	12.85	52.68	11.00	65.28	14.31	77.72	30.17
2	30.71	24.07	42.63	18.38	67.74	16.27	95.75	35.87	119.40	57.80
3	30.71	31.84	65.12	30.36	89.02	34.04	106.50	51.00	124.60	68.32
4	46.17	33.29	63.65	32.01	88.85	58.00	93.81	57.12		
5	47.51	34.82	69.52	40.66	73.44	59.23				
6	50.19	36.33	59.15	43.09						
7	48.50	39.56	54.18	50.14						
8	42.23	49.41								
9	39.81	47.20								
10	38.14	38.52								
LAMINA TOTAL	400.22	358.5	393.65	227.49	371.73	178.5	361.34	158.3	321.7	156.29
LAMINA DE AGUA EN EL PERIODO DE ESTABLECIMIENTO	33.99	52.59	33.99	52.59	33.99	52.59	33.99	52.59	33.99	52.59
LAMINA TOTAL APLICADA Y CONSUMIDA DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO	434.21	411.0	427.64	280.08	405.72	231.13	395.33	210.8	355.71	208.88

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

H² : Lámina de agua aplicada, calculada mediante la fórmula Hargreaves. mod. en 1977.

M³ : Lámina de agua consumida medida en el campo mediante muestreo de suelo.

7.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable

El control de la humedad del suelo para cada tratamiento en los estratos estudiados de 0 - 30 y 30 - 60 centímetros durante el ciclo del cultivo se presenta en las figuras de la 2 a la 6 del apéndice. En las mismas se gráfica el porcentaje de humedad aprovechable contra el tiempo en días. Los primeros 15 días corresponden a la etapa de establecimiento, momento a partir del cual se dió inicio al primer riego para cada uno de los tratamientos.

En la figura 2 del apéndice, se presenta gráficamente el comportamiento de la humedad aprovechable en el tratamiento regado cada 7 días, puede observarse que durante las etapas de desarrollo, mediados de temporada y finales de estación, el cultivo agotó en promedio 35%, 40% y 46% de la humedad aprovechable respectivamente, para el estrato 0 - 30 centímetros y de 30%, 54% y 72% para el estrato de 30 - 60 centímetros.

La figura 3 del apéndice, representa gráficamente el aprovechamiento de la humedad para el tratamiento regado cada 10 días, en la cual se observa que a manera que el cultivo se desarrolla el agotamiento de la humedad aprovechable aumenta, en los dos estratos, presentando valores promedio de: 27%, 47% y 53% en las etapas de desarrollo, mediados de temporada y etapa finales de estación respectivamente, para el estrato de 0 - 30 centímetros y de: 12%, 44% y 74%, respectivamente para el estrato de 30 - 60 centímetros.

La figura 4 del apéndice, corresponde al tratamiento regado cada 13 días, en la cual puede observarse, que el consumo de la humedad aprovechable aumenta en los dos estratos a manera que el cultivo se desarrolla, presentando valores promedio de: 23%, 59% y 71% en las etapas de desarrollo, mediados de temporada y etapa finales de estación respectivamente, para el estrato 0 - 30 centímetros y de: 13%, 68%, 93%,

respectivamente para el estrato de 30 - 60 centímetros.

El comportamiento gráfico del aprovechamiento de la humedad del suelo del tratamiento regado cada 16 días, se presenta en la figura 5 del apéndice, puede observarse que en las etapas de desarrollo, mediados de temporada y finales de estación el cultivo agotó en promedio: 37%, 63%, 77% respectivamente en el estrato de 0 - 30 centímetros y de 49%, 81%, 81%, respectivamente en el estrato de 30 - 60 centímetros.

La figura 6 del apéndice, corresponde al tratamiento regado cada 19 días, en la cual se observa que a manera que el cultivo se desarrolla el agotamiento de la humedad aprovechable aumenta en los dos estratos, presentando valores de: 39%, 75%, 96%, en las etapas de desarrollo, mediados de temporada y etapa finales de estación respectivamente, para el estrato de 0 - 30 centímetros y de: 47%, 88%, 94%, respectivamente para el estrato 30 - 60 centímetros.

De manera general, puede indicarse que durante todo el ciclo de cultivo, en ninguno de los tratamientos, el contenido de humedad, llegó al porcentaje equivalente al punto de marchitez permanente, puede observarse también que en todos los tratamientos el mayor agotamiento de la humedad aprovechable se manifiesta en las etapas que van de mediados a finales del período.

7.3 Comparación de la Evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, con la medida mediante el método Parcela Experimental.

En el cuadro 22, se presentan los resultados de la evapotranspiración por frecuencias, calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, y la medida en el campo a través de muestreo de suelo, antes de cada riego para los cinco tratamientos. En la figura 7 del apéndice, se presenta el comportamiento de la evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves

y medida por el método Parcela experimental, así como la evaporación del agua del tanque tipo A.

Para verificar si los valores de evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, equivalen a los valores de la evapotranspiración medida por el método Parcela experimental, se efectuó un análisis de correlación a un nivel de significancia de 1%, encontrándose que todos los coeficientes de correlación calculados, son menores a los tabulados, tal como se muestra en el cuadro 24 del apéndice, lo cual nos indica que la fórmula analizada no se adapta a la región para la clase textural del suelo, donde se realizó el experimento. Con el análisis anterior, se demuestra que los valores de evapotranspiración, entre un riego y el sub-siguiente, calculados por la fórmula antes mencionada y la medida por el método Parcela experimental son diferentes.

7.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación evapotranspiración/evaporación.

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

En el cuadro 23, se muestran los coeficientes "C" obtenidos con los datos promedio de los tratamientos regados cada 7 y 10 días, en los cuales se obtuvieron los mejores rendimientos. Estos coeficientes constituyen un dato muy valioso para el cálculo de evapotranspiración, partiendo únicamente de datos de evaporación, además de explicar por sí mismos la relación que existe entre la evapotranspiración medida en el campo y la evaporación del tanque tipo "A".

CUADRO 23. RELACION EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION PARA LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO OBTENIDA CON EL PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS F-7 y F-10.

ETAPA FENOLOGICA DEL CULTIVO	DURACION	RELACION Et/Ev
Inicial (15 días)	10/1/91 al 24/1/91	0.40
Desarrollo (20 días)	25/1/91 al 13/2/91	0.60
Media (30 días)	14/2/91 al 04/4/91	0.62
Final (20 días)	16/3/91 al 04/4/91	0.74

8 - CONCLUSIONES

- 8.1 La aplicación de diferentes frecuencias de riego si tuvo influencia estadísticamente significativa sobre el rendimiento de frutos comerciales, obteniéndose 12.03, 9.10, 7.47, 5.20 y 1.90 tm/ha, para los tratamientos regados cada 7, 10, 13, 16 y 19 días respectivamente.
- 8.2 Regar con frecuencias de riego de 7 y 10 días produce una mayor cantidad de fruto no comercial, que regar cada 13, 16 o 19 días.
- 8.3 Al regar con frecuencias de riego 13, 16 y 19 días ocurre mayor mortalidad de plantas que al regar cada 7 ó 10 días.
- 8.4 Las diferentes frecuencias de riego utilizadas no tienen efecto sobre la calidad industrial del fruto.
- 8.5 La lámina evapotranspirada, durante todo el ciclo de cultivo, disminuye a medida que se alarga el intervalo de riego. Siendo de 411.09, 280.00, 231.10, 219.80, 208.80 milímetros para los tratamientos regados cada 7, 10, 13, 16 y 19 días, respectivamente.
- 8.6 De manera general puede indicarse que para todos los tratamientos el mayor agotamiento de la humedad aprovechable, ocurrió en las etapas que van de mediados a finales del período, sin que la humedad del suelo llegara en ninguno de los tratamientos al punto de marchitez permanente.
- 8.7 Los valores de evapotranspiración calculados por la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, son diferentes a los valores de la evapotranspiración bajo las condiciones del experimento, lo cual indica que ésta fórmula no se adapta a la región en la estimación de la evapotranspiración, para las condiciones de suelo donde se realizó la investigación.

8.8 El coeficiente "C" promedio obtenido de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque tipo "A", para los tratamientos regados cada 7 y 10 días fue de: 0.40, para la etapa inicial, 0.60 para la etapa de desarrollo, 0.62 para la etapa mediados de temporada y de 0.74 para la etapa finales de estación.

9 . RECOMENDACIONES

- 9.1 Mientras se realice más investigación en éste cultivo y región, se recomienda en forma preliminar utilizar la frecuencia de riego de 7 días, ya que existe diferencia estadísticamente significativa, con los rendimientos obtenidos en intervalos de riego más largos.
- 9.2 No utilizar la fórmula de Hargreaves modificada en 1977, en la determinación del uso del agua, mientras no se realicen más experimentos en el mismo cultivo y región.
- 9.3 Se sugiere la utilización de los coeficientes "C" obtenidos en la relación evapotranspiración/evaporación para las diferentes etapas fenológicas, ya que ésto resulta bastante práctico y sencillo.
- 9.4 Contemplar en futuras investigaciones la respuesta fisiológica del cultivo en su crecimiento. Así como el impacto ambiental de la frecuencia y la lámina de agua aplicada.
- 9.5 Realizar un análisis económico donde se involucre la lámina de agua aplicada, frecuencia y rendimiento.
- 9.6 Continuar realizando éste tipo de estudios en la misma región, época y cultivo, con la finalidad de lograr la confirmación de los resultados obtenidos.

10. BIBLIOGRAFIA

1. ANDRINO ALVAREZ, F.J. 1985. Efecto en los rendimientos de tomate (Lycopersicum esculentum L.) de cinco frecuencias de riego y verificación de la adaptabilidad de fórmulas empíricas para la estimación de evapotranspiración en El Oasis, La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
2. BARILLAS KLEE, E. 1983. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en el valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
3. DOOREMBOS, J.; KASSAN, A.H. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento en los cultivos. Roma, Italia, FAO. Serie de Riego y Drenaje no. 33. 212 p.
4. GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras Texto no. RD-8. 88 p.
5. HARGREAVES, G.H. 1977. Water requirement manual for irrigation crops and rainfed agriculture. EE.UU., Agency for International Development. 24 p.
6. -----, 1983. Estimating crop evapotranspiration requirements. EE.UU., Utah State University, International Irrigation Center. 10 p.
7. -----; SAMANI, Z.A. 1986. World waterfor agriculture precipitation management. EE.UU., Utah State University, International Irrigation Center. 100 p.
8. HERRERA, E.M. 1980. Estudio de introducción de riego y diseño del sistema factible para la finca Bulbuxya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 12-13.
9. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1980. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté. 366 p.

10. OLIVA CERMEÑO, E.E. 1986. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum L.) en la unidad de riego El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.
11. OROZCO GODINEZ, M.E. 1987. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum L.) en la unidad de riego San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
12. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1989. Resumen de la investigación realizada en frecuencias de riego y evapotranspiración de 1982 a 1987. Tikalia (Gua.) 7(1): 82-85
13. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la Republica de Guatemala. Trad. por Pedro Tiradó Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. p. 880-882
14. SOBERANIS LOPEZ, J.L. 1983. Efecto de la frecuencia de riego en los rendimientos y medición de la evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum L.) en la unidad de riego El Rancho Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
15. ZEA MORALES, J.L. 1984. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum L.) en un suelo de la serie chicaj del valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78 p.

Vo. Bo.
P. Aguilar



11. APENDICE

TRASPLANTE | 10-1-91

4-4-91 | COSECHA

ENERO - 1,991	FEBRERO - 1,991	MARZO, ABRIL - 1,991
---------------	-----------------	----------------------

E. INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIADOS DE TEMPORADA	E. FINALES EST.
------------	---------------	--------------------------	-----------------

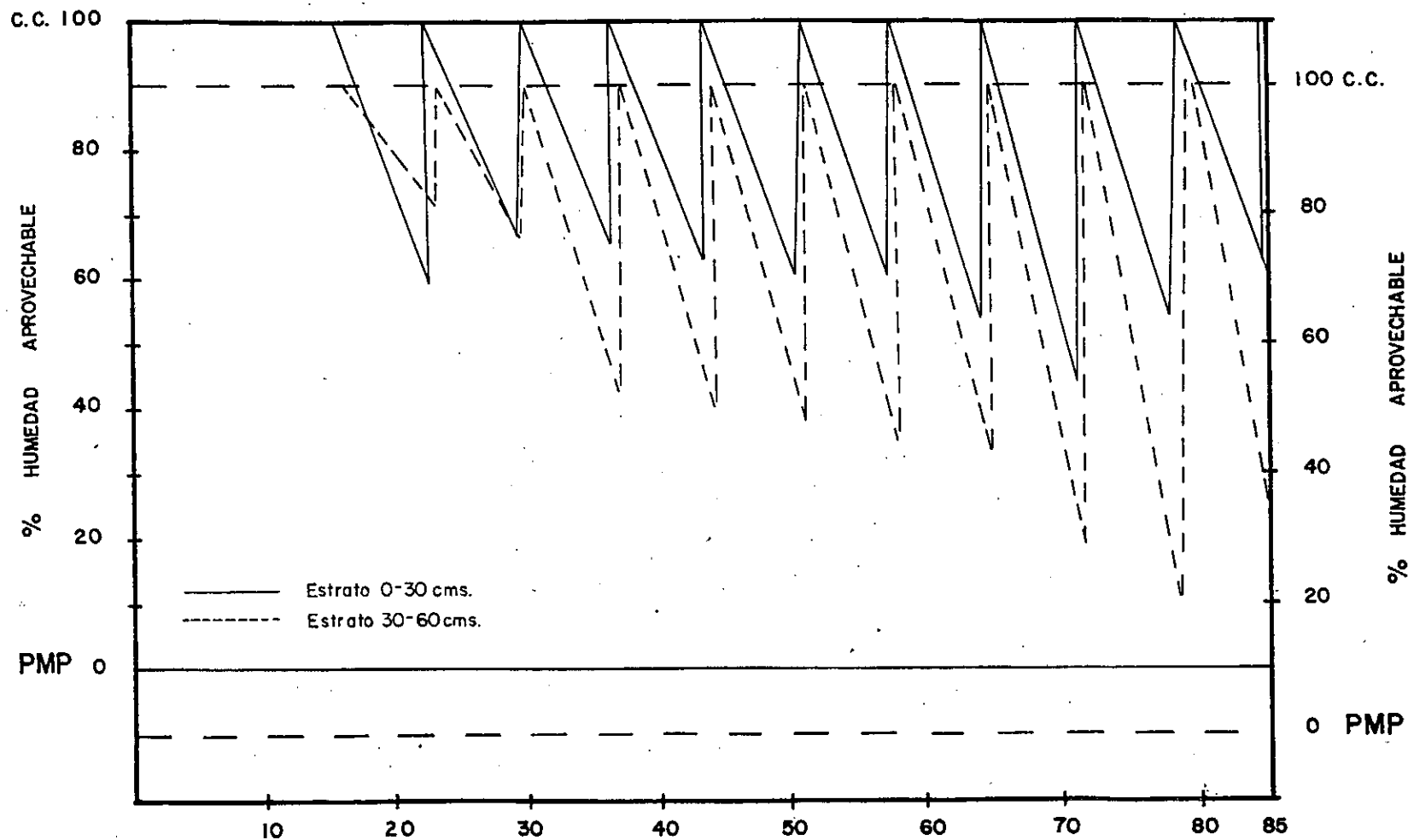


FIG. 2 "A" DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE
% DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-7

TRASPLANTE | 10-1-91

4-4-91 | COSECHA

ENERO - 1,991	FEBRERO - 1,991	MARZO, ABRIL - 1,991
---------------	-----------------	----------------------

E. INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIADOS DE TEMPORADA	E. FINALES EST.
------------	---------------	--------------------------	-----------------

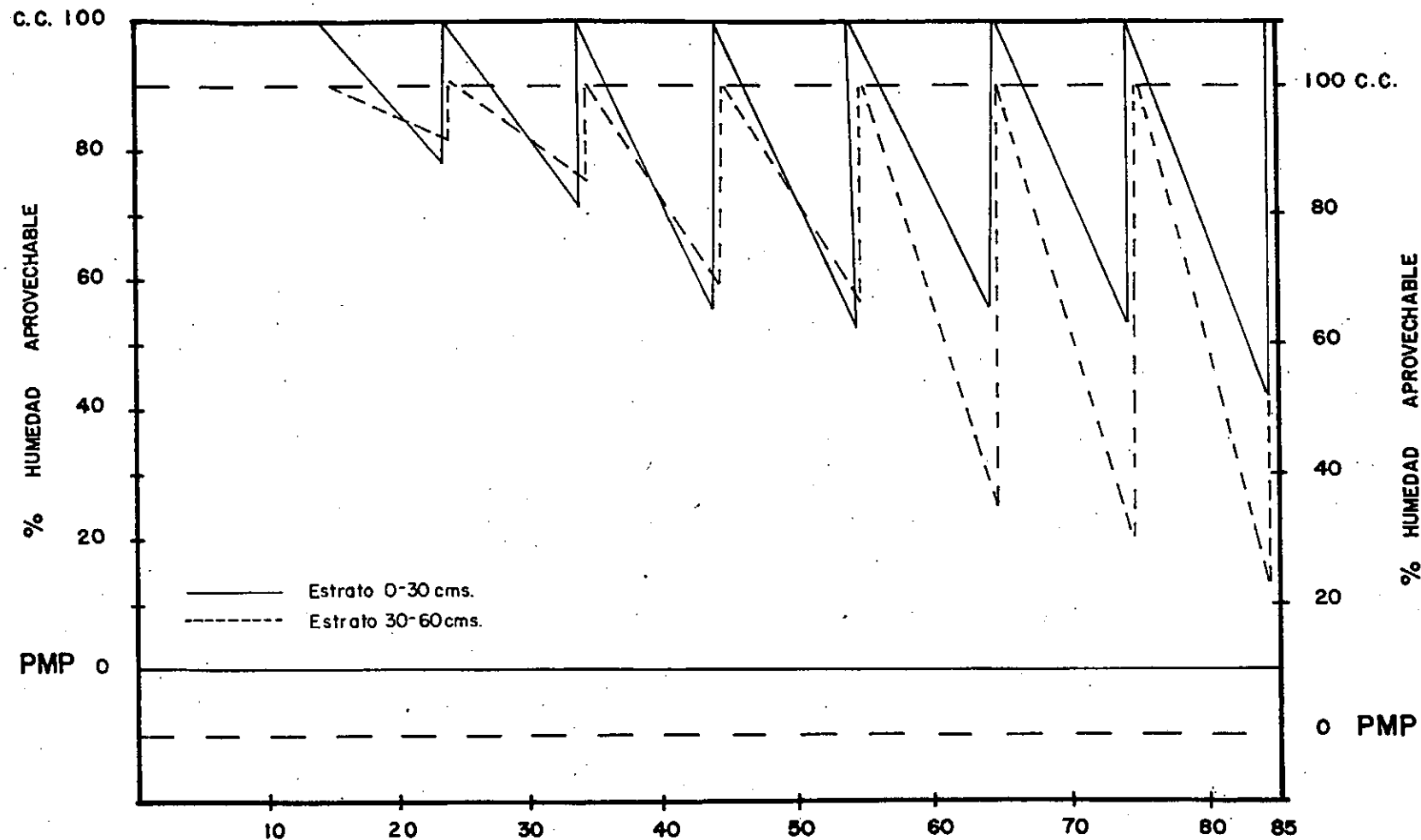


FIG. 3 "A"

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE

% DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-10

TRASPLANTE | 10-1-91

4-4-91 | COSECHA

ENERO - 1,991	FEBRERO - 1,991	MARZO, ABRIL - 1,991	
E. INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIADOS DE TEMPORADA	E. FINALES EST.

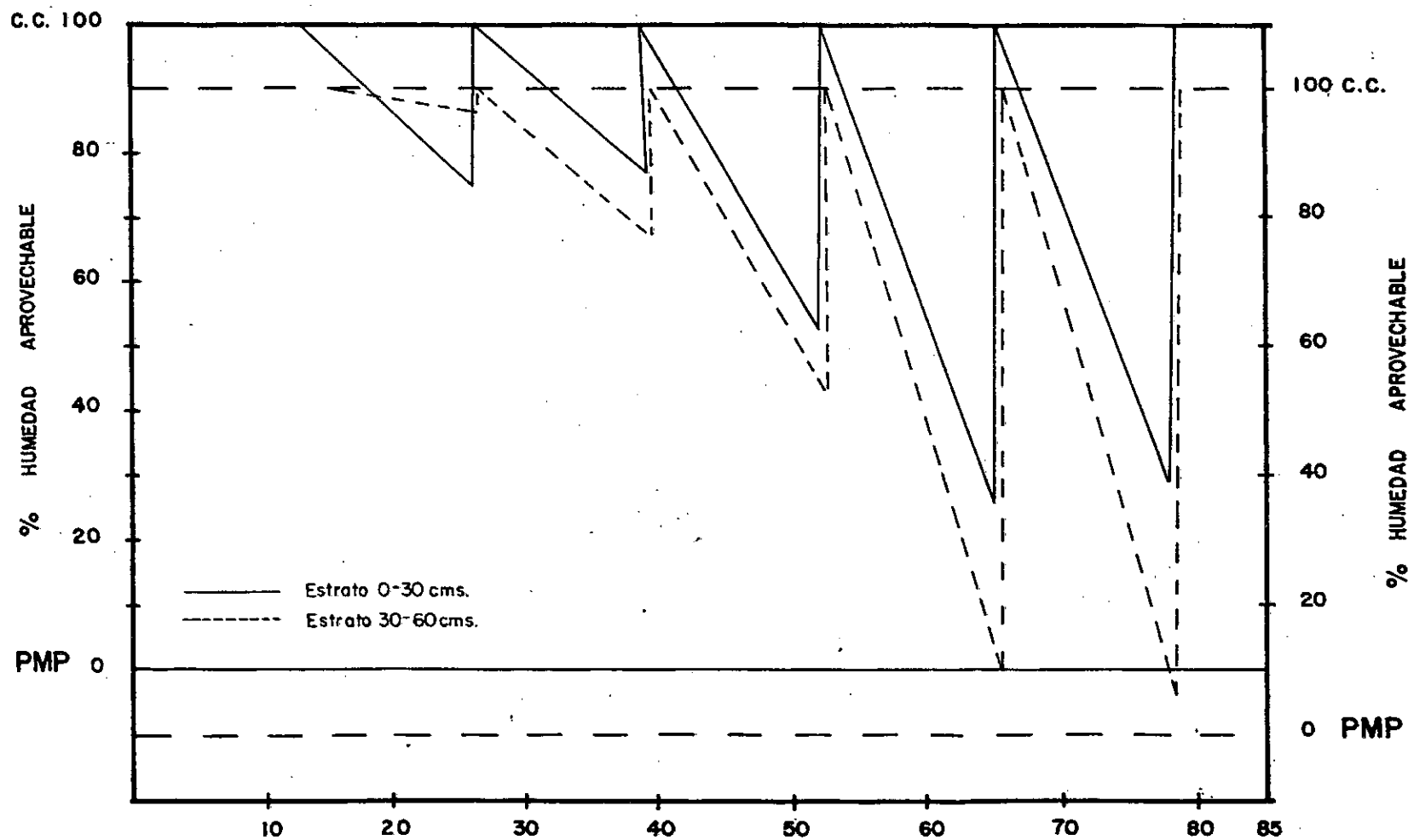


FIG. 4 "A"

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE
% DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-13

TRASPLANTE | 10-1-91

4-4-91 | COSECHA

ENERO - 1,991 FEBRERO - 1,991 MARZO, ABRIL - 1,991

E. INICIAL E. DESARROLLO E. MEDIADOS DE TEMPORADA E. FINALES EST.

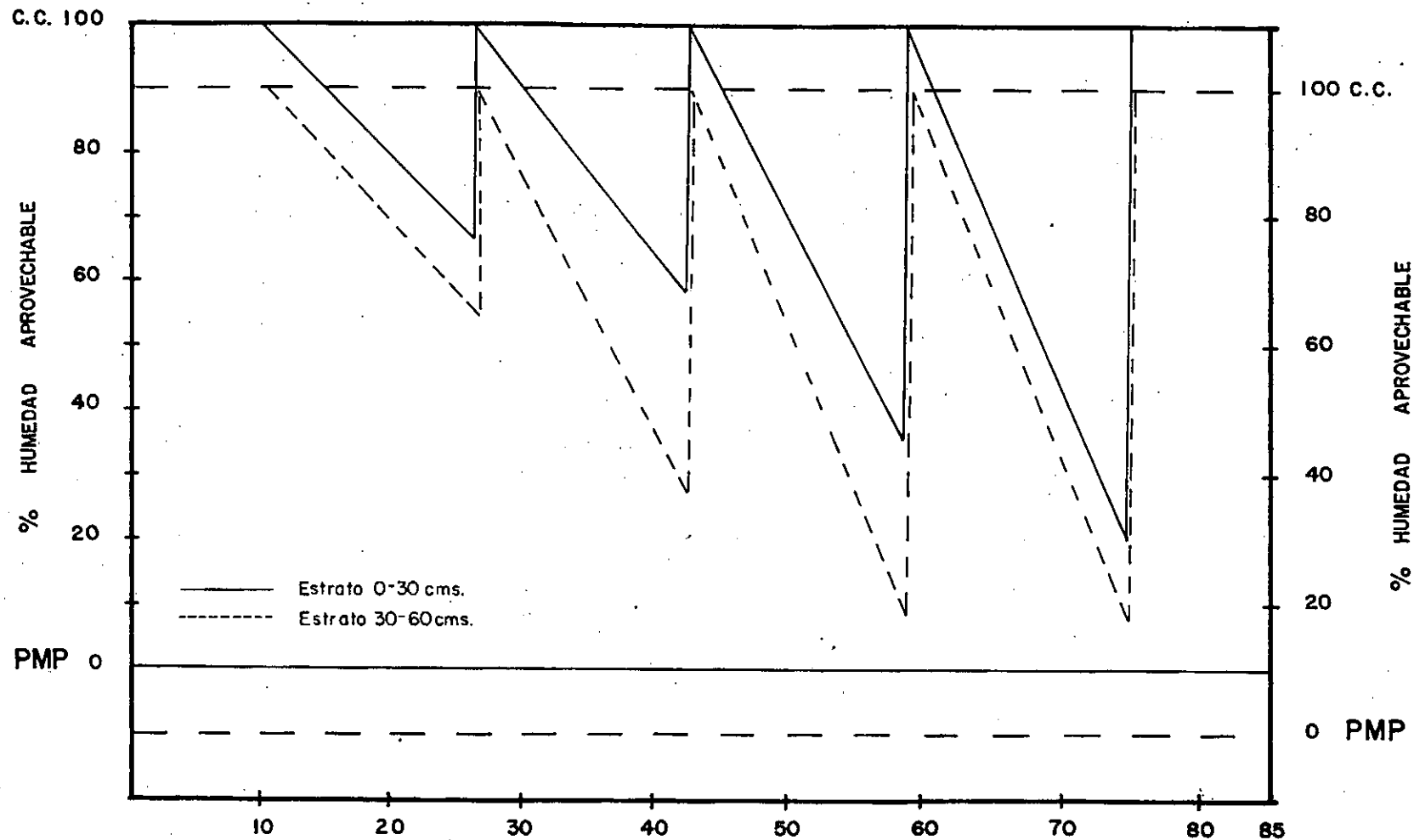


FIG. 5 "A" DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE
% DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-16

TRASPLANTE | 10-1-91

4-4-91 | COSECHA

ENERO - 1,991	FEBRERO - 1,991	MARZO, ABRIL - 1,991
---------------	-----------------	----------------------

E. INICIAL	E. DESARROLLO	E. MEDIADOS DE TEMPORADA	E. FINALES EST.
------------	---------------	--------------------------	-----------------

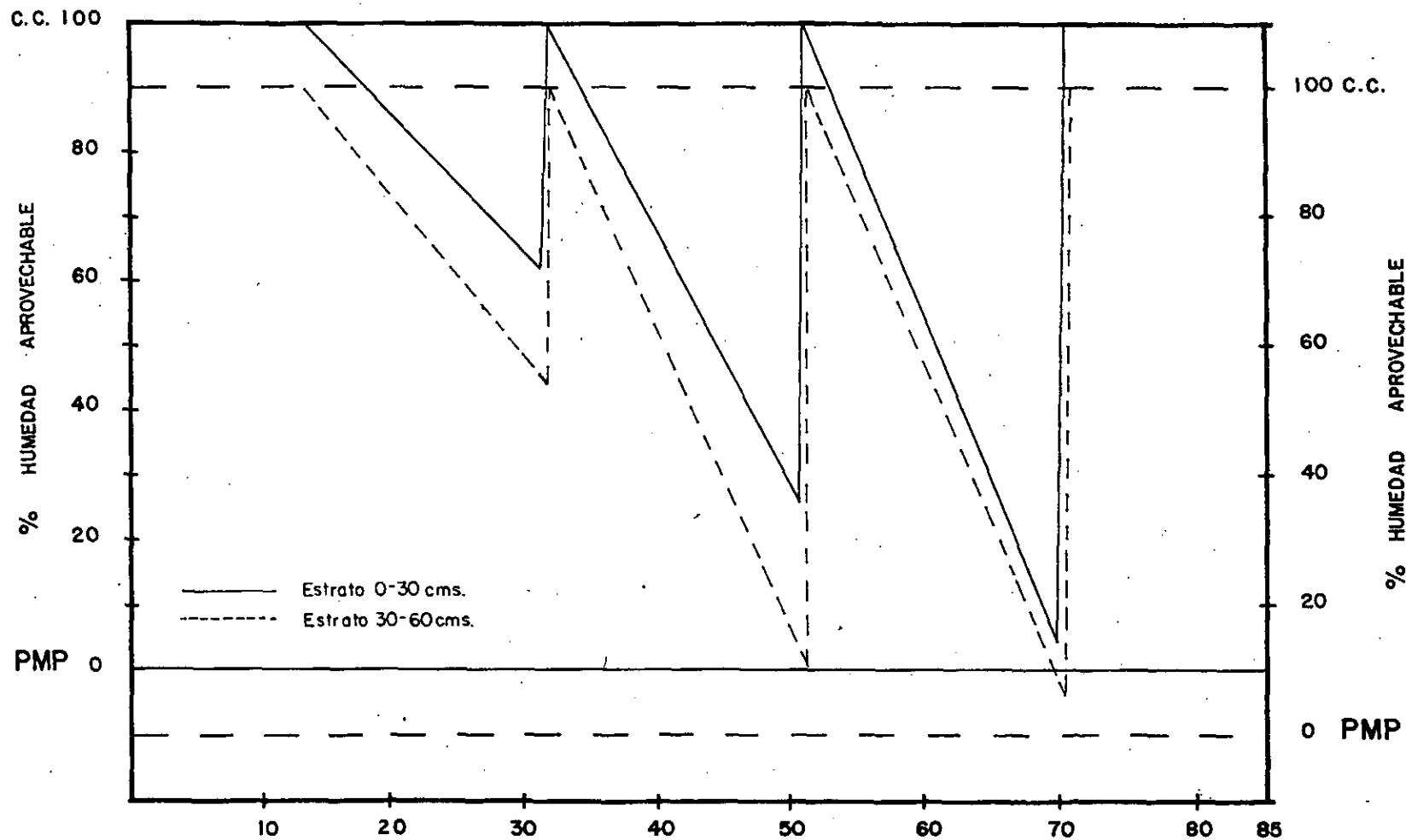


FIG. 6 "A"

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE

% DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-19

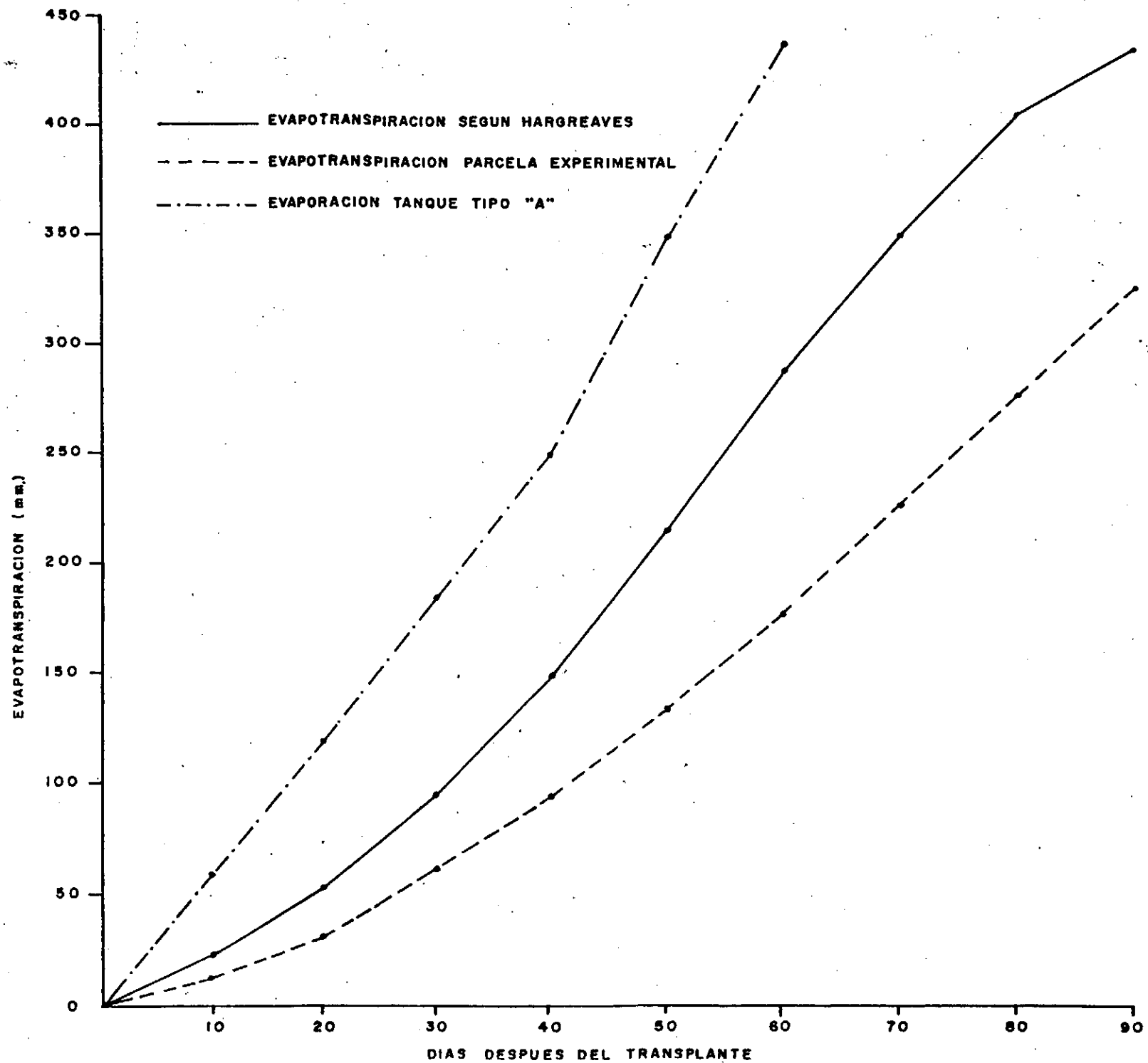


Fig. 7 "A" COMPORTAMIENTO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO

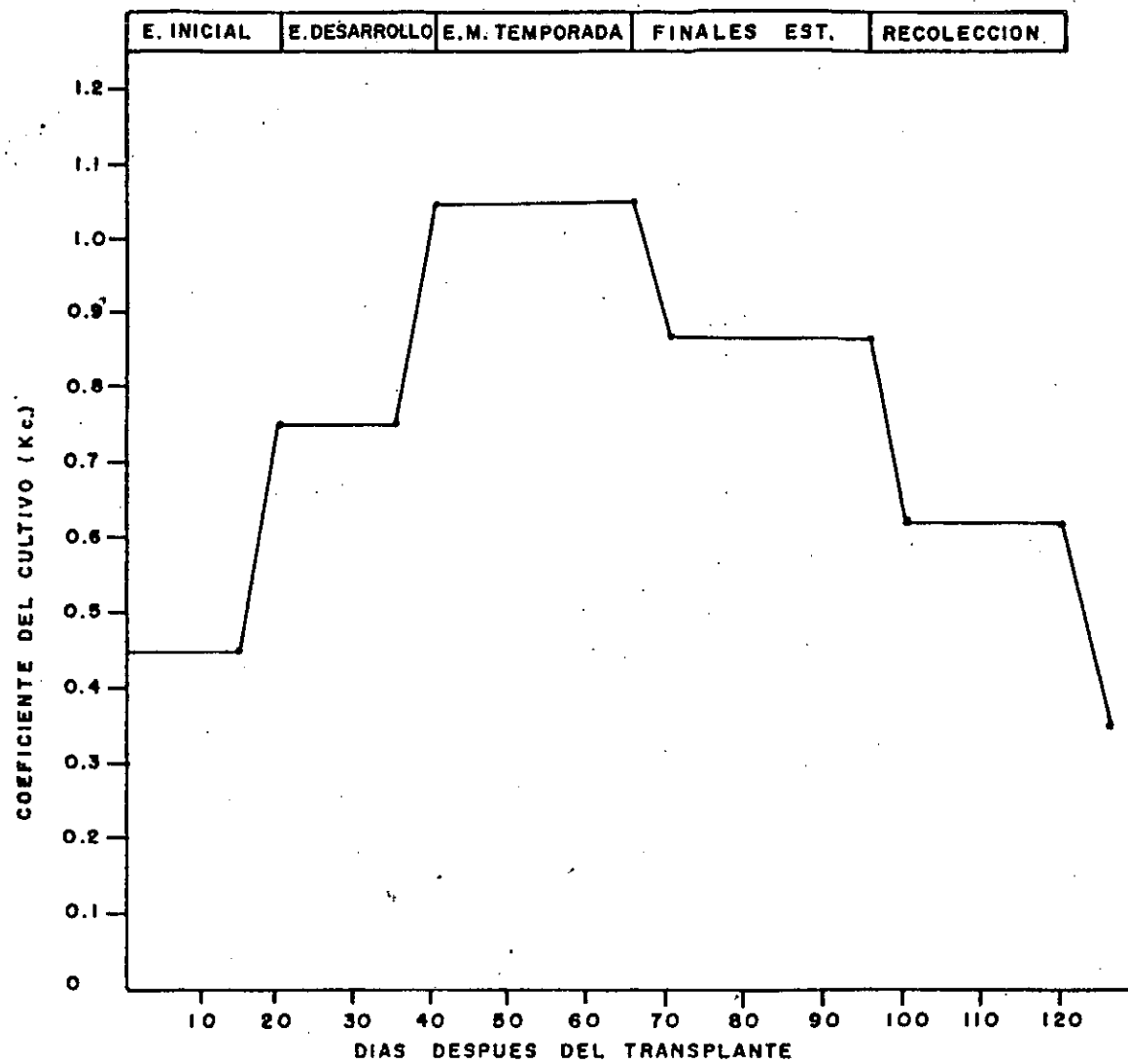


Fig. 8 "A" EVOLUCION DEL COEFICIENTE DE CULTIVO DURANTE LAS DIFERENTES FASES FENOLOGICAS DEL CULTIVO

CUADRO 24 "A" COEFICIENTE DE CORRELACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION DE LOS TRATAMIENTOS VERSUS FORMULA HARGREAVES MODIFICADA EN 1977.

Tratamientos	r^2 CALCULADO	r^2 TABULADO
F-7	0.29	0.76
F-10	0.42	0.87
F-13	0.43	0.95
F-16	0.61	0.99
F-19	0.97	1.00

CUADRO 25 "A" RADIACION EXTRATERRESTRE EN MM/DIA (Ra)

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

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (OMM), 1974.

CUADRO 26 "A" COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)

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

NOTA:

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

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



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

REF: 041-91

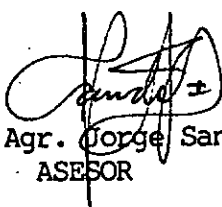
LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE CINCO FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL TOMATE (Lycopersicum esculentum L.), EN LA UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA", JUTIAPA".

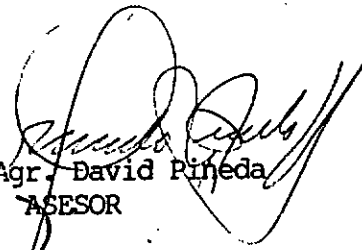
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FLORENTIN CASTILLO ARANA

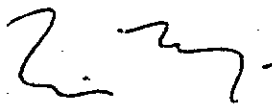
CARNET NO: 8415435

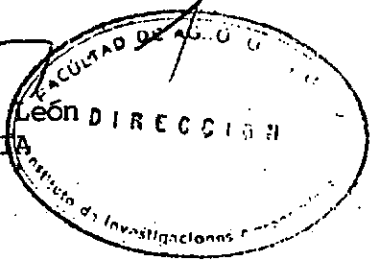
HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Los Ingenieros Agrónomos David Juárez y Sergio Velásquez.

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



 Ing. Agr. Jorge Sandoval
 ASESOR


 Ing. Agr. David Pineda
 ASESOR


 Dr. Luis Mejía de León
 DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E:


 Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
 DECANO

