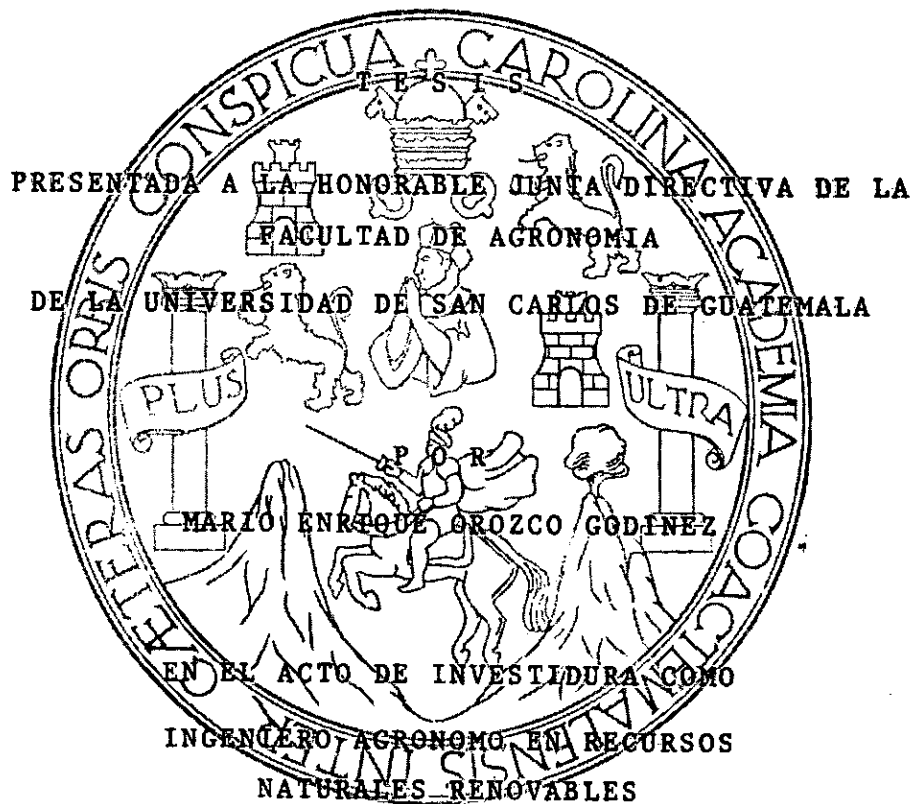


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y
EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicon esculentum L.),
EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ



EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

TESIS DE REFERENCIA
NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA CENTRAL

Guatemala, julio de 1987

DL
01
+ (1072)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Aníbal Martínez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Mario Melgar M.
VOCAL CUARTO	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL QUINTO	T. U. Carlos E. Méndez M.
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



Referencia	IA-123-87
Asunto	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1543

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

28 de julio de 1987

Ingeniero Agrónomo
Aníbal Martínez
Decano, Facultad de Agronomía

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 SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicon esculentum L.), EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ", desarrollado por el estudiante Mario Enrique Orozco Godínez.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M. S. Jorge Sandoval I.
A S E S O R

JSI/eqded.

SECTOR PUBLICO AGROPECUARIO Y DE ALIMENTACION
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

AVENIDA REFORMA 8-60, ZONA 9, EDIFICIO " GALERIAS REFORMA "
3er. NIVEL - TELS.: 317464 - 318371 - 318809 - 318819
GUATEMALA, C. A.

Guatemala,
20 de julio de 1987


Ingeniero Agrónomo
Aníbal Martínez
Decano, Facultad de Agronomía.

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 SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicon esculentum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO BAJA VERAPAZ, desarrollado por el estudiante MARIO ENRIQUE OROZCO GODINEZ.

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,


Ing. ~~Carlos A. Rojas~~
A S E S O R

CAC/eqded.

Guatemala,
27 de julio de 1987

Señores
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores:

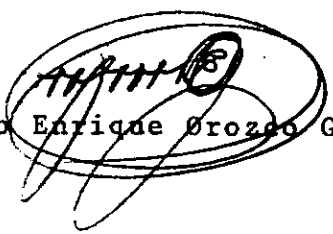
En cumplimiento con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicon esculentum L.), EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ"

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

Esperando que el mismo merezca vuestra aprobación,

Atentamente,


P. A. Mario Enrique Brozo Godínez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERAS DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS Ser Omnipotente que me ha iluminado el pensamiento y lograr metas coronando mis ideales.
- A MIS PADRES Gerardo Francisco Orozco y Orozco
Filibertha Roselia Godínes de Orozco
Quienes con sus consejos y ejemplos me han formado sólidas aspiraciones profesionales.
- A MIS HERMANOS Erica, Gloria, Bohanerges, Víctor, Fredy, Carlos, Gerardo, Mirna y Patricia de los Angeles.
Mi triunfo como recompensa a las orientaciones y ayuda que me brindaran.
- A MI ESPOSA Marleny Esther
Por el cariño, valor moral y comprensión que me cedió durante mi carrera.
- A MI HIJO Diego Esteban
Como un regalo y ejemplo para que algún día llegue a ser un hombre de bien.
- A MIS SUEGROS Gumercindo Pablo Orozco Miranda
Esther Mercedes Vásquez de Orozco
Por sus bondades y ayuda moral
- A MIS TIOS, SOBRINOS, CUÑADOS Y DEMAS FAMILIARES.

TESIS QUE DEDICO

- A GUATEMALA: Como un aporte a la investigación científica que provoca el desarrollo integral del país.
- A LA CUATRO VECES CENTENARIA CIUDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS: Tierra de poetas, artesanías y labriegos quienes con el corazón de maíz y alma de aborígen hacen del valle, lugar de progreso, promesas y esperanza.
- A LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Templo sagrado que alberga y forma verdaderos profesionales quienes contribuyen al desarrollo socio-económico-cultural del país.
- A LA FACULTAD DE AGRONOMIA: Unidad académica de técnica y ciencia agrícola donde cimenté mis conocimientos para aplicarlos sistemáticamente en el campo agronómico del país.
- A LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA: Centro en donde inicié y experimenté mi vocación hacia el campo agrícola.
- AL CAMPESINADO GUATEMALTECO: Quienes con lágrimas y sudor riegan el surco haciendo producir el suelo sin disfrutar el fruto cosechado.

AGRADECIMIENTOS

Expreso profundamente agradecimientos sinceros a:

Los Ingenieros Agrónomos: Jorge Sandoval Illescas y Carlos A. Cajas, quienes en forma generosa asesoraron mi tésis y compartieron sus experiencias en el campo agronómico y de la investigación.

Los Ingenieros Agrónomos: David Juárez, Ricardo Miyares y Rolando Lara, por haberme brindado basta orientación científica durante el estudio de tésis realizada.

El señor E. Leonel Orozco, por brindarme colaboración económica en forma desinteresada.

El Instituto de Investigaciones Agronómicas: Por impulsar, desarrollar y financiar eficientemente proyectos de investigación agrícola.

El personal técnico, administrativo y de campo del Centro de Producción San Jerónimo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, por su participación directa en la ejecución del proyecto.

El Personal técnico y de campo de la Unidad de Riego San Jerónimo, Baja Verapaz, por la colaboración durante el desarrollo del proyecto.

La Compañía de Alimentos Kern's de Guatemala, S. A., por haber ejecutado los análisis de laboratorio del fruto obtenido.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1 INTRODUCCION	1
2 HIPOTESIS	3
3 OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo general	4
3.2 Objetivos específicos	4
4 REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Necesidades de agua y sus efectos sobre el cul <u>tivo</u> de tomate.	5
4.2 Programación y frecuencia del riego en el cul <u>tivo</u> de tomate.	6
4.3 Parámetros de humedad del suelo y formas de determinarlas.	7
4.3.1 Capacidad de campo	7
4.3.2 Punto de marchitez permanente	8
4.4 Método del plástico para determinar densidad aparente.	8
4.5 Evapotranspiración	9
4.6 Métodos para determinar la evapotranspiración.	10
4.6.1 Parcelas experimentales	10
4.6.2 Método de Blaney-Criddle modificado por Phelan	11
4.6.3 Método de Hargreaves modificado en 1966	12
4.6.4 Método de Hargreaves modificado en 1983	13
4.7 Conclusiones de algunos trabajos realizados so <u>bre</u> evapotranspiración.	14
5 METODOLOGIA	17
5.1 Ubicación y descripción del área experimental.	17
5.2 Determinaciones físicas y químicas del suelo.	17
5.3 Manejo del cultivo.	19

	Página
5.4 Manejo del experimento	20
5.4.1 Período de conducción	20
5.4.2 Trazo del experimento	20
5.4.3 Método de riego	20
5.4.4 Lámina de agua a reponer en cada riego.	20
5.4.5 Lámina de agua consumida	21
5.4.6 Riegos generales	22
5.4.7 Muestreos de la humedad del suelo . . .	22
5.4.8 Diseño estadístico	22
5.4.9 Parcela experimental	23
5.4.10 Variables respuesta	23
5.4.11 Método de análisis de resultados . . .	24
6 RESULTADOS Y DISCUSION	26
6.1 Variables respuesta.	26
6.1.1 Rendimiento de frutos en toneladas métri- cas por hectárea	27
6.1.2 Número de plantas al final del ciclo de cultivo por parcela útil.	27
6.1.3 Calidad industrial del fruto	29
6.1.3.1 Grados brix	30
6.1.3.2 Potencial hidrogénico pH . . .	30
6.1.3.3 Porcentaje de acidez	31
6.1.3.4 Porcentaje de pulpa	31
6.2 Uso del agua.	32
6.2.1 Lámina total de agua consumida y número de riegos en cada tratamiento.	32
6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.	34
6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983.	36
6.4 Cálculo del coeficiente "C" de la relación eva- transpiración - evaporación.	37

7	CONCLUSIONES	38
8	RECOMENDACIONES	40
9	BIBLIOGRAFIA	41
10	APENDICE	43

INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 1	Propiedades físicas del suelo.	18
CUADRO 2	Resultados del análisis químico del suelo..	19
CUADRO 3	Resultados promedio de las variables res- puesta.	26
CUADRO 4	Resultados promedio de los factores consi- derados en el análisis de calidad indus- trial del fruto.	29
CUADRO 5	Láminas de agua total consumida y número de riegos en cada tratamiento.	33
CUADRO 6	Resultados organizados de rendimiento de frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea.	44
CUADRO 7	Análisis de varianza para el rendimiento de frutos comerciales en toneladas métricas por hectárea.	44
CUADRO 8	Resultados organizados de rendimiento de frutos no comerciales en toneladas métri- cas por hectárea.	44
CUADRO 9	Análisis de varianza para el rendimiento de frutos no comerciales en toneladas métricas por hectárea.	45
CUADRO 10	Resultados organizados de número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por pa- rcela.	45
CUADRO 11	Análisis de varianza para el número de plan- tas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela útil.	45
CUADRO 12	Resultados organizados de número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil.	46
CUADRO 13	Análisis de varianza para el número de plan- tas muertas al final de ciclo de cultivo por parcela útil.	46
CUADRO 14	Prueba de Tukey para el número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil.	46

	Página	
CUADRO 15	Resultados organizados del análisis de calidad industrial para grados brix.	47
CUADRO 16	Análisis de varianza para grados brix.	47
CUADRO 17	Resultados organizados del análisis de calidad industrial para pH.	47
CUADRO 18	Análisis de varianza para pH.	48
CUADRO 19	Resultados organizados del análisis de calidad industrial para porcentaje de acidez.	48
CUADRO 20	Análisis de varianza para porcentaje de acidez.	48
CUADRO 21	Resultados organizados del análisis de calidad industrial para porcentaje de pulpa.. . . .	49
CUADRO 22	Análisis de varianza para porcentaje de pulpa.	49
CUADRO 23	Prueba de Tukey para porcentaje de pulpa.	49
CUADRO 24	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para todos los tratamientos durante los riegos generales.	50
CUADRO 25	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F-8.	51
CUADRO 26	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 12.	52
CUADRO 27	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 16.	53
CUADRO 28	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 20.	54
CUADRO 29	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 24.	55
CUADRO 30	Control de humedad antes y después de riego y cálculo de la lámina consumida para el tratamiento F - 28.	56

		Página
CUADRO 31	Cálculo de evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Blaney-Criddle modificada por Phelan.	57
CUADRO 32	Cálculo de la evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Hargreaves modificada en 1966.	58
CUADRO 33	Cálculo de la evapotranspiración semanal y total por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983.	59
CUADRO 34	Valores de evapotranspiración semanal y total en centímetros de los diferentes tratamientos, Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983	60
CUADRO 35	Coefficiente de determinación " r^2 " de la evapotranspiración semanal de los tratamientos versus fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983.	61
CUADRO 36	Relación entre evapotranspiración semanal de los tratamientos y la evaporación semanal del tanque tipo "A".	62

INDICE DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Porcentaje de humedad aprovechable para el tratamiento F - 8.	63
FIGURA 2	Porcentaje de humedad aprovechable para el tratamiento F - 12.	63
FIGURA 3	Porcentaje de humedad aprovechable para el tratamiento F - 16.	64
FIGURA 4	Porcentaje de humedad aprovechable para el tratamiento F - 20.	64
FIGURA 5	Porcentaje de humedad aprovechable para el tratamiento F - 24.	65
FIGURA 6	Porcentaje de humedad aprovechable para el tratamiento F - 28.	65
FIGURA 7	Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos. . .	66

R E S U M E N

El presente experimento se llevó a cabo en el Centro de Producción San Jerónimo, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola localizado en la Unidad de Riego San Jerónimo, Baja Verapaz, evaluándose el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del tomate (Lycopersicon esculentum L.) durante el período de diciembre de 1986 a abril de 1987, sembrándose el semillero el primero de diciembre. A los 26 días de nacidas las plántulas se realizó el trasplante sobre un suelo de textura franco arenoso y la cosecha del fruto se hizo mediante tres cortes semanales a partir del 23 de abril de 1987.

Las frecuencias de riego evaluadas fueron de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, arregladas en un diseño experimental de Bloques al Azar con 4 repeticiones, teniendo un total de 24 unidades experimentales en las cuales se midió el consumo de agua en forma directa y se comparó con el consumo estimado por las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983. Asimismo, se obtuvieron coeficientes "C" de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del agua en el tanque evaporímetro (tipo "A").

La determinación de la humedad se hizo mediante el método gravimétrico tomando muestras con un barreno helicoidal después de cada riego y antes de aplicar el siguiente, abarcando los estratos de 0 a 30 y de 30 a 60 centímetros. Con los datos de porcentajes de humedad antes y después de cada riego, la densidad aparente y el porcentaje de humedad a capacidad de campo se calculó la cantidad de agua a aplicar en cada riego y el agua consumida por el cultivo entre un riego y el siguiente.

El efecto de las seis frecuencias de riego se midió a través de las variables respuesta: Rendimiento de frutos comerciales y no comerciales en toneladas métricas por hectárea, número de plantas vivas y muertas al final del ciclo de culti

vo por parcela útil, calidad industrial del fruto analizando grados brix, pH, porcentaje de acidez y porcentaje de pulpa. Al evaluar los diferentes tratamientos se encontró que las frecuencias de riego aplicadas no mostraron diferencia estadísticamente significativa en lo referente a las variables respuesta mencionadas, excepto para el número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo.

Para los tratamientos más húmedos se dió una mayor evapotranspiración que para los tratamientos más secos, variando de 44.23 centímetros para el tratamiento regado cada 8 días hasta 23.9 centímetros en el tratamiento regado cada 28 días. Se encontró además que el mayor consumo de agua se manifiesta en las etapas fenológicas de finales de floración, durante fructificación y cosecha.

Los valores de evapotranspiración medida son diferentes a los calculados por las fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Haergreaves modificada en 1983, concluyéndose que ninguno de los tres métodos indirectos utilizados en la estimación de la evapotranspiración se adapta a la región.

En la relación evapotranspiración medida versus evaporación del tanque, los coeficientes "C" promedio de todos los tratamientos para diferentes etapas fenológicas fue: De 0.78 para la etapa de desarrollo vegetativo, de 0.60 para floración, de 0.58 para fructificación y de 0.50 para cosecha.

Se recomienda continuar con este tipo de investigaciones en la misma región, época y cultivo para confirmar los resultados obtenidos. Mientras se realizan más experimentos en este cultivo y región, se recomienda en forma preliminar utilizar la frecuencia de riego de 28 días en situaciones de escasez de agua. Finalmente, se recomienda seguir afinando los coeficientes obtenidos para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación del tanque evaporímetro tipo "A".

1. INTRODUCCION

El desarrollo agrícola de Guatemala, depende básicamente de la utilización racional de los recursos naturales renovables suelo-agua y el aprovechamiento de sus condiciones climáticas.

En las áreas donde la producción agrícola está sujeta al riego, como ocurre en las granjas particulares y unidades de riego de las regiones Oriental y Nor-oriental del país, se hace una utilización ineficiente del recurso agua, por la poca información con que se cuenta sobre frecuencia de riego y cantidad de agua a aplicar en los cultivos más importantes.

De acuerdo a encuestas realizadas por socio-economía rural del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA-, se determinó que en el Valle de San Jerónimo, la principal hortaliza es el tomate, que es cultivado por un 94% de los agricultores, obteniendo rendimientos que se consideran bajos, los cuales son factibles de mejorarse a través del uso de tecnología adecuada, especialmente usando cultivares mejorados, fertilizantes, un manejo integrado de plagas y prácticas culturales entre las cuales está la aplicación eficiente del riego.

Actualmente, se utiliza el agua de riego con frecuencias de 6 a 8 días, determinadas empíricamente por no contar en la Unidad de Riego San Jerónimo con la información que indica las mejores frecuencias y consecuentemente la época correcta de aplicación del riego en el cultivo de tomate. Por ello el Instituto de Investigaciones Agronómicas -IIA-, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, viene desarrollando una serie de investigaciones técnicas sobre frecuencias de riego y evapotranspiración, y en esta oportunidad se realizó conjuntamente con el Programa de Hortalizas del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, en el Centro de Producción San Jerónimo, Baja Verapaz, por ser este el responsable de generar el pa

quete tecnológico en esta región, con la finalidad de disponer de mejores técnicas de aplicación, manejo y distribución del riego.

Se trabajó con el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum L.) variedad UC-82, como variable de estudio se tomó la frecuencia de riego, con tratamientos cada 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, midiéndose la evapotranspiración en el campo utilizándose parcelas experimentales y luego se comparó con la evapotranspiración calculada por medio de las fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983, para comprobar su adaptabilidad en las condiciones y épocas de investigación. Además se determinaron coeficientes "C" de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque tipo "A" para poder determinar indirectamente la evapotranspiración del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas.

2. HIPOTESIS

- 2.1 Los rendimientos obtenidos en el cultivo de tomate, serán diferentes con la aplicación de las frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días.
- 2.2 El valor de la evapotranspiración o consumo de agua por el cultivo será diferente en los tratamientos regados con distinto intervalo de riego.
- 2.3 La evapotranspiración medida en el campo durante todo el ciclo del cultivo para cada una de las frecuencias de riego, será diferente del valor de la evapotranspiración estimada con las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Determinar el efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de tomate para la época y condiciones del área.

3.2 Objetivos Específicos:

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

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

3.2.3 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.

3.2.4 Verificar la adaptabilidad de las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983 para el área en la estimación de la evapotranspiración.

3.2.5 Establecer la relación evapotranspiración / evaporación para diferentes etapas de desarrollo del cultivo en los tratamientos con los mayores rendimientos.

4. REVISION DE LITERATURA

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

Las investigaciones hechas referentes a la cantidad de agua que requiere el cultivo de tomate reportan valores íntimamente relacionados a las regiones y a las épocas en que se han realizado las mismas. Así, León Gallagos (10) reporta que para el Valle de Culiacán, México, la lámina de agua a aplicar es de 850 milímetros en riegos muy ligeros. Doorembos y Kassam (4), indican que las necesidades totales de agua después del trasplante son de 400 a 600 milímetros dependiendo del clima.

Barillas (3), en investigación realizada sobre tomate, para el Valle de la Fragua, Zacapa, determinó láminas de consumo de 506.3 milímetros para suelo franco arcilloso arenoso y 409.6 milímetros para suelo arcilloso. Soberanis (16) encontró en la unidad de riego El Rancho-Jícaro, consumos que variaban de 232 a 627 milímetros en suelo arenoso. De la misma manera Zea (21), en el valle de la Fragua, Zacapa, encontró láminas totales de agua consumida que variaban de 281 a 369 milímetros para el suelo de la serie Chicaj con textura arcillosa; y Andrino (2), en tomate en el Oasis La Fragua, Zacapa, encontró consumos de láminas totales de agua que oscilaron de 198.9 a 406.0 milímetros para un suelo franco arcillo-arenoso.

La humedad excesiva favorece el desarrollo de enfermedades y plagas que afectan negativamente al 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 etapa de formación de frutos, el riego abundante después de una escasez prolonga

da de agua, provoca agrietamiento de los mismos. Si se hacen riegos frecuentes y ligeros, mejoran el tamaño, forma, contenido en jugo y color del fruto, en el contenido de materia seca (sólidos totales) y de ácidos se reducen. (4).

4.2 Programación y frecuencia del riego en el cultivo del tomate.

La frecuencia y programación del riego depende del tipo de suelo, tipo de planta y del clima. Así, León Gallegos (10) recomienda aplicar el primer riego después del trasplante hasta llegar a floración. El segundo aplicarlos 45 ó 50 días después del trasplante, en la etapa de formación de los primeros frutos a cosechar. De aquí en adelante se puede regar cada 15 días, hasta el primer corte y luego cada 10 ó 12 días. El total de riegos puede ser de 10 a 12 pero muy ligeros (5 centímetros).

Para Guatemala, la Dirección General de Servicios Agrícolas -DIGESA-, recomienda de acuerdo al tipo de suelo, las siguientes frecuencias: En suelo liviano aplicar el primer riego a los 18 días y 2 riegos con intervalos de 14 días antes de la producción, ya en producción aplicar 7 riegos a cada 10 días cada uno. En el suelo mediano, aplicar los dos primeros riegos con intervalos de 20 días y otro más a los 16 días antes de la producción, en producción aplicar 4 riegos cada 14 días. Para suelo pesado aplicar un riego a los 21 días, el siguiente a los 20 días, y el último antes de la producción a los 16 días, ya en producción aplicar 4 riegos cada 14 días, haciéndose variar en cada riego el volumen de agua a aplicar según el tipo de suelo. (7).

Soberanis (16), recomienda para un suelo arenoso de la región de El Rancho, regar cada 12 días. Zea (21) de acuerdo a su investigación en el Valle de la Fragua, Zapaca, recomienda intervalos de 8 a 16 días para suelos de

la serie Chicaj. De igual manera Andrino (2), recomienda las frecuencias de riego de 8 a 16 días para suelos de textura franco arcilloso-arenoso del Oasis la Fragua, Zacapa.

4.3 Parámetros de humedad del suelo y formas de determinarlos

4.3.1 Capacidad de campo.

Se define como la cantidad de agua que retiene un suelo con buen drenaje, después de que el agua libre ha sido filtrada (13), es decir, el contenido de humedad que existe en el suelo después de la eliminación del agua gravitacional (9), la cual depende de las características físicas del suelo. Los valores de energía de retención del agua están dentro del orden de 1/10 bares de succión matriz en suelos arenosos, 1/3 bares en suelos francos y 1/2 bares en suelos arcillosos. (6,13)

En el laboratorio se determina la humedad a capacidad de campo, sometiendo muestras de suelo a una tensión de 0.3 atmósferas.

El método de campo para determinar la humedad a capacidad de campo, consiste en delimitar un área de muestreo de 1 metro cuadrado, con bordos de 20 centímetros de altura y levantar otros bordos exteriores a los primeros para facilitar el movimiento vertical del agua en la zona de muestreo. Después hay que humedecer el suelo hasta saturarlo tanto en la zona de muestreo como en la parte exterior (13, 20), el tiempo que transcurre entre la aplicación de agua y el momento en que se alcanza el valor de capacidad de campo varía con la textura de los suelos lo cual ocurre entre 1 y 3 días después (19). En el suelo arcilloso el muestreo se empieza entre 24 y 48 horas después, si es arenoso debe empezarse de 12 a 18 horas después; se debe cubrir con nylon el área, incluyendo los bordos exteriores para

evitar la evaporación (13, 20). Debe muestrearse a cada 2 a 6 horas para suelo arenoso y de 12 a 18 horas en suelos arcillosos, tomando 2 muestras ó 3 por estrato a estudiar, cada vez que se muestree, se recomienda hacer los muestreos durante 4 ó 5 días. El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, secándolas en horno a 105 - 110 grados centígrados por 24 horas y pesándolas ya secas. Con los valores de humedad obtenidos se grafica colocando el contenido de humedad en las ordenadas y el tiempo en las absisas y cuando el porcentaje de humedad es constante mientras varía el tiempo se llega a capacidad de campo (5).

4.3.2 Punto de marchitéz permanente

El punto de marchitéz permanente es el índice o cantidad de humedad del suelo en el cual las plantas se marchitan y no recuperan su turgencia aunque se les añada agua al suelo (9); representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas (6,9). La tensión a la cual se produce el marchitamiento permanente es de 15 atmósferas.

El punto de marchitez permanente se puede calcular aproximadamente en función de la capacidad de campo y la textura del suelo: para suelos pesados o arcillosos el valor del punto de marchitez permanente es aproximadamente igual a la mitad del valor de la capacidad de campo, suelos medios presentan valores que corresponden a la capacidad de campo entre 2.1 y en los suelos ligeros arenosos se estima dividiendo la capacidad de campo entre 2.2 (18).

4.4 Método del plástico para determinar densidad aparente

Este método consiste en hacer una calicata, en la cual se hacen gradas en cada estrato de 30 centímetros, en cada grada se hace un agujero en forma de cubo de 15x15x15 centímetros, sacando la tierra del interior y colocándola

en una bolsa plástica amarrada con el objeto de que no se escape la humedad del interior, luego se pesa. Posteriormente se coloca un plástico dentro del cubo al cual se le agrega agua hasta llegar al nivel del suelo, la cantidad de agua agregada corresponde al volumen de suelo extraído. (1).

La determinación de la densidad aparente puede efectuarse tomando una muestra representativa de cada estrato y determinarle el porcentaje de humedad mediante el método gravimétrico, para luego aplicar la fórmula siguiente:

$$D_a = \frac{100 \times P_{sh}}{V_t (100 + P_s)}$$

Donde:

- D_a = densidad aparente en grs./cm³
 P_{sh} = peso del suelo húmedo en kilogramos
 V_t = volumen total en litros
 P_s = porcentaje de humedad (%).

La densidad aparente se usa para transformar los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente sirve para calcular la lámina de agua en el suelo.

4.5 Evapotranspiración

La evapotranspiración llamada también uso consuntivo, es la suma de evaporación de agua del suelo y de la transpiración de las plantas (9). Los factores climáticos que propician la evapotranspiración son: la radiación solar y terrestre, temperatura del aire, humedad relativa y el viento (6).

Grassi (6), menciona dos tipos de evapotranspiración los cuales son: Evapotranspiración potencial y evapotranspiración real o uso consuntivo, la primera es la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta totalmente de vegetación de escasa altura y en activo crecimiento y que no tiene restricciones de humedad edáfica. La evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial modificada por un coe

ficiente "K" que toma en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta. (6 17)

La ecuación de evapotranspiración real en función de la evapotranspiración potencial se expresa de la siguiente manera:

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

Donde :

E_t = evapotranspiración real.

E_{t_p} = evapotranspiración potencial

K = coeficiente que toma el efecto de la relación agua-suelo-planta.

4.6 Métodos para determinar la evapotranspiración.

La evapotranspiración puede determinarse en forma directa e indirecta. La determinación directa se hace por medio de lisímetros, evapotranspirómetros, atmómetros, parcelas experimentales, estudio sobre humedad de suelo, métodos de integración y métodos de entradas y salidas de agua para grandes extensiones. (6,9)

Los métodos indirectos usan datos climáticos y fórmulas empíricas para calcular la evapotranspiración de cualquier cultivo, haciendo uso también de tablas con valores para constantes o coeficientes usados. Las fórmulas más conocidas son: Blaney Criddle, Hargreaves, Jensen-Haise, Grassi-Chirtiansen, Lowry-Johnson, tanque tipo "A". (6)

Los métodos utilizados en esta investigación, se describen a continuación.

4.6.1 Parcelas experimentales

Consiste en establecer parcelas en los terrenos y llevar un control de humedad del suelo mediante muestreos con barreno a diferentes profundidades y en puntos distintos dentro de cada parcela. La determinación de humedad se establece por el método gravimétrico, muestreado antes y después de cada

riego a distintas profundidades para conocer las variaciones de humedad dentro del perfil del suelo, estas muestras deberán pesar 100 ó más gramos, pesarias, secarlas en horno a 105 - 110 grados centígrados por 24 horas y después pesarias nueva mente. La pérdida de peso dividido por el peso del suelo secado, multiplicado por 100 da el porcentaje de humedad referido al suelo seco. (9).

4.6.2 Método de Blaney Criddle modificado por Phelan.

La fórmula de Blaney-Criddle emplea valores de temperatura y horas luz mensuales, se desarrolló para la región árida del Oeste de los Estados Unidos al relacionar los valores reales de uso consuntivo con temperatura media mensual (t) y el porcentaje mensual de las horas de brillo solar (p) dando el valor de uso consuntivo (f), el cual para temperatura expresada en grados centígrados y el uso consuntivo (u) en milímetros por mes (mm/mes) se calcula así:

$$f_i = (0.457 t_i + 8.13) \times p_i$$

Siendo la fórmula general para estimar la evapotranspiración:

$$U = K \times F$$

Donde:

U = Uso consuntivo o evapotranspiración real por el cultivo en mm.

K = Coeficiente empírico de ajuste.

F = Suma de los factores de la evapotranspiración para un período determinado.

f_i = factor de uso consuntivo.

$$F = \sum_{i=1}^n f_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

n = número de meses que dura el ciclo del cultivo.

Phelan, introdujo un factor de corrección "K" en función de la temperatura media mensual y del

crecimiento del cultivo:

$$K = K_t \times K_c$$

Donde:

$$K_t = 0.24 + 0.0311 t_i$$

K_c = Factor del cultivo, varía a lo largo del ciclo vegetativo.

t_i = temperatura media mensual ($^{\circ}$ C).

4.6.3 Método de Hargreaves modificado en 1966

La fórmula de Hargreaves permite calcular el uso consuntivo mensual en función de la temperatura media, la humedad relativa media al medio día y la duración del día, dependiendo de la latitud, incluyendo además un coeficiente del cultivo; quedando la fórmula corregida en unidades métricas y con temperaturas en grados centígrados así:

$$E_t = 17.37 k.d.t. (1.0 - 0.01h_n) \text{ y}$$

$$H_n = 1.0 - 0.4HR_i + 0.04HR_i^2$$

Donde:

k = Coeficiente del cultivo para el período.

d = Coeficiente mensual de duración del día.

t = temperatura media mensual.

H_n = Humedad relativa media al medio día.

HR_i = Humedad relativa media mensual.

i = 1, 2, ..., n

n = número de meses que dura el ciclo del cultivo.

El coeficiente "d" está en relación con el "p" de la fórmula de Blaney-Criddle, de manera que:

$$d_i = 0.12 p_i$$

Los factores de corrección propuestos por el autor del método para mejorar los resultados y citados por Grassi (6) son:

a) Para el efecto de la velocidad del viento los resultados deben aumentarse o disminuirse en

un 90% por cada 50 kilómetros por día de aumento o disminución de la velocidad del viento, con respecto a 100 kilómetros por día que corresponden a las condiciones de obtención de la fórmula.

- b) Para el efecto de la insolación, dado que la fórmula se obtuvo con una insolación del 90%, para situaciones diferentes deben aplicarse las correcciones siguientes:

Insolación (%):	30	40	50	60	70	80	90
Corrección (%):	-34	-28	-24	-20	-16	-09	-00

- c) Con respecto a la altitud los resultados deberán aumentarse en 1% para cada 100 metros de elevación a partir de los 150 metros, que corresponden a la altitud en la cual fue desarrollada la fórmula.

4.6.4 Método de Hargreaves modificado en 1983

En 1983, Hargreaves (8), en uno de sus últimos artículos publicados indica, que para estimar los requerimientos de agua del cultivo, primero debe calcularse la evapotranspiración potencial del cultivo, la que multiplicada por los coeficientes del cultivo (K_c), nos dará la evapotranspiración real de este, es decir:

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

Donde:

E_{tr} = Evapotranspiración real.

E_{tp} = Evapotranspiración potencial.

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

La evapotranspiración potencial se calcula de la manera siguiente:

$$E_{tp} = 0.0075 \times R_S \times T \text{ } ^\circ\text{F}$$

Donde:

E_{tp} = Evapotranspiración potencial en centímetros.

T °F = Temperatura media en grados fahrenheit.
 RS = Parámetro que está en función de la temperatura máxima absoluta.

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

Donde:

RA = Radiación extra-terrestre expresada en mm/días de evaporación, de acuerdo a la latitud del lugar.

TD = Diferencia entre la temperatura máxima y la mínima absoluta, expresada en grados centígrados

4.7 Conclusiones de algunos de los trabajos realizados sobre evapotranspiración.

Las comparaciones entre métodos indirectos y el método directo de parcelas experimentales en la estimación de la evapotranspiración en algunos cultivos de importancia económica para el país, han dado resultados diferentes, algunos de los cuales se presentan a continuación:

Zea (21) trabajando con tomate, en el valle de la Fragua, Zacapa, determinó que los métodos de Blaney - Criddle y Tanque Evaporímetro tipo "A" son los que más se asemejan a la evapotranspiración medida para las tres primeras frecuencias (8, 12 y 16 días). La fórmula de Hargreaves modificada en 1966 reporta valores un poco menores.

Barillas (3) en su trabajo sobre tomate, desarrollado en el valle de la Fragua, Zacapa, concluye que la fórmula de Blaney-Criddle es la que más se ajusta a los datos de evapotranspiración real determinada en el campo. Además para períodos cortos, la fórmula de Hargreaves modificada en 1966 no se ajusta a los datos de evapotranspiración real medida en el campo.

Soberanis (16) trabajando con tomate, en la unidad de riego El Rancho Júcaro, concluye lo siguiente: La

correlación de los valores de evapotranspiración de cada uno de los tratamientos con los valores de evapotranspiración medida mediante la fórmula de Blaney Criddle fue alta y positiva, notándose que a medida que el intervalo de riego era más largo (10 y 12 días) los valores de evapotranspiración se asemejaban más a los de Blaney Criddle.

Según Andrino (2) en su trabajo sobre tomate, realizado en el valle de la Fragua, Zacapa, los métodos de Blaney Criddle y tanque evaporímetro tipo "A" son aplicables para estimar evapotranspiración para condiciones de humedad como las observadas en los tratamientos de 12 y 16 días. El método de Hargreaves modificada en 1966 se adecúa mejor para estimar evapotranspiración cuando las condiciones de humedad del suelo son relativamente altas como las observadas en el tratamiento de riego cada 8 días.

Sánchez (15) trabajando con cebolla, en la zona de Bárcenas Villa Nueva, concluye lo siguiente: La tasa de evapotranspiración semanal calculada con la fórmula de Hargreaves modificada en 1983, y la medida en el tratamiento regado cada 4 días son iguales.

Sagastume (14) en su trabajo sobre cebolla, también desarrollado en la zona de Bárcenas Villa Nueva, concluye lo siguiente: Los valores de tasa de evapotranspiración calculados por la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 y los medidos con el intervalo de riego de 12 días son iguales. La evapotranspiración calculada con la fórmula y medida en los tratamientos regados cada 8, 16, 20 y 24 días, tienen una alta correlación, por lo que la fórmula de Hargreaves puede ser ajustada para usarla en el cálculo de la evapotranspiración para estas frecuencias de riego.

Según Morales (12) en su trabajo sobre pepino, en el Valle de la Fragua, Zacapa, concluye lo siguiente:

Los valores de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por la fórmula de Blaney Criddle y la evaporación del tanque tipo "A", no adaptándose ninguno de los dos métodos indirectos para la estimación de la evapotranspiración en la región.

5. METODOLOGIA

5.1 Ubicación y descripción del área experimental.

El experimento se ubicó en el Centro de Producción "San Jerónimo" del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA- en el valle de San Jerónimo, Baja Verapaz.

El valle de San Jerónimo, geográficamente está comprendida entre las coordenadas 90° 00' y 90° 20' longitud oeste y 15° 00' y 15° 20' latitud norte.

El clima es considerado como semi-cálido, con vientos benignos y secos, ubicado dentro de la conformación ecológica Sub-tropical seca. Su temperatura máxima es de 27.6 grados centígrados, mínima 15.3 y media 21.1 grados centígrados; con una precipitación media anual de 866.7 milímetros distribuidos en 118 días de lluvia; humedad relativa media anual de 74%, la elevación promedio sobre el nivel del mar es de 960 metros.

La topografía del valle es bastante plana, con pendiente del orden del 5% en sentido este-oeste y 10% en sentido norte-sur. Sus suelos pertenecen a la clase agrícola I. (11).

Según socio-economía rural del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, el principal cultivo hortícola en la zona de San Jerónimo es el tomate, practicándolo el 94% de agricultores, le sigue el pepino con un 9%, además de estos se cultivan la cebolla, chile pimiento, yuca y culantro.

5.2 Determinaciones físicas y químicas del suelo:

Para el análisis físico se tomaron varias submuestras del área experimental, de cada uno de los estratos estudiados, se homogenizaron y se enviaron al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamien

to -DIRYA- para la determinación de textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. La capacidad de campo y densidad aparente también fueron determinados en el campo, utilizando el método descrito en el numeral 4.3.1 del capítulo de revisión de literatura y el método descrito en el numeral 4.4 del mismo capítulo, cuyos resultados fueron diferentes a los del laboratorio, tomándose finalmente los datos determinados en el campo, por considerarse los más adecuados para el experimento. Los resultados de capacidad de campo y densidad aparente, determinados en el campo, de textura determinada en el laboratorio y de punto de marchitez permanente tomado como la capacidad de campo dividida entre dos, 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 arenoso	1.31	28.61%	14.30%
30 - 60	Franco arcilloso	1.54	31.70%	15.85%

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

CUADRO 2. RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO.

pH	microgramos/ml neq/100ml de suelo			
	P	K	Ca	Mg
6.36	15.90	92.0	3.56	1.20

5.3 Manejo del cultivo

El cultivo se manejó de acuerdo a las recomendaciones del Programa de Hortalizas del ICTA en cuanto a variedad, preparación del semillero, preparación del terreno, métodos y distancia de siembra, control de plagas y enfermedades, control de malezas y fertilización.

Se inició con el establecimiento del semillero, utilizando la variedad de tomate UC-82. El terreno se preparó en forma mecanizada, consistente en una pasada de arado a una profundidad de 25 centímetros y luego se dieron dos pasos de rastra; finalmente se surqueó con una pendiente de 0.3% y a una distancia de 0.9 metros. El trasplante se hizo a los 25 días de germinadas las plántulas, para el cual se aplicó un riego antes del mismo, sembrando a surco sencillo con distancia de 0.25 metros entre plantas.

Para el control de plagas y enfermedades se aplicó semanalmente una mezcla de insecticida y fungicida como control preventivo, el control de malezas se hizo aplicando herbicidas selectivos y limpiezas manuales y las fertilizaciones se hicieron siguiendo los resultados del análisis químico del suelo y de los requerimientos del cultivo. Para la cosecha se efectuaron 3 cortes manuales semanalmente cuantificando en toneladas métricas por hectárea el fruto de las parcelas útiles.

5.4 Manejo del experimento

5.4.1 Período de conducción

El trabajo de campo duró aproximadamente cuatro meses y medio, abarcando desde la preparación y siembra del semillero hasta el final de la cosecha: la época de la ejecución correspondió los meses de diciembre de 1986 a abril de 1987.

5.4.2 Trazo del experimento

Después del surqueado se trazó el experimento construyendo cuatro tomas que se utilizaron para regar los bloques, luego se delimitaron las parcelas (unidades experimentales) contando los 10 surcos necesarios para cada una, dejando el espacio de 2.7 metros entre las mismas. El tamaño de las parcelas utilizadas fue de 9 x 6 metros, además se dejó 4 metros entre bloques construyéndose la toma respectiva a 1.5 metros de ambos bloques con un ancho de 1 metro; todo esto puede observarse en la Figura 7 del apéndice.

5.4.3 Método de riego

Se utilizó el método de riego por surcos, desviando el agua de una toma principal a las tomas secundarias que se establecieron entre los bloques por medio de sifones plásticos de 1 pulgada de diámetro.

De las tomas secundarias se obtuvo el agua para cada parcela mediante el uso de sifones plásticos de media pulgada de diámetro.

5.4.4 Lámina de agua a reponer en cada riego

Para el cálculo de la lámina de agua a

reponer en cada riego, a cada parcela y para cada estrato fue necesario contar inicialmente con los siguientes datos:

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

y sustituirlos en la fórmula siguiente:

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

Debido a que la muestra de suelo se tomó 24 horas antes de regar, se estimó el consumo de agua durante este día por medio de una regla de tres simple, para ajustar la lámina de agua a reponer calculada con la fórmula anterior. Para obtener la lámina total a reponer se sumaron las láminas para cada estrato.

5.4.5 Lámina de agua consumida

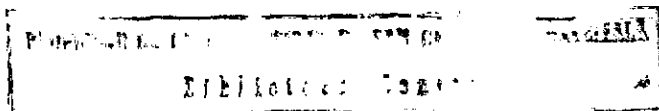
Con los valores de porcentaje de humedad después de riego y antes del siguiente, se calculó la lámina de agua consumida para un período determinado mediante la ecuación siguiente:

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

Donde:

L_c = Lámina de agua consumida en centímetros.
 $\%HDR$ = Porcentaje de humedad después del riego.

Como entre los muestreos antes y después de un mismo riego existe un período de tres días en los cuales no se conoce el consumo, es necesario efectuar un ajuste proporcional rela-



cionado mediante una regla de tres simple el período de consumo conocido con los tres días comprendidos entre muestreos.

5.4.6 Riegos generales

En el período de establecimiento de 15 días todas las unidades experimentales (parcelas) se regaron uniformemente, efectuándose 3 riegos generales, el segundo se aplicó a los 7 días después del primer riego y el tercer riego se hizo a los 8 días después del segundo. Durante este período también se registraron datos del contenido de humedad del suelo, para los cálculos de la lámina de agua a aplicar en cada riego y la lámina de agua consumida entre riegos.

5.4.7 Muestreos de la humedad del suelo.

Para el muestreo se empleó un barrenó helicoidal, sacando seis muestras por parcela, tres para cada uno de los estratos de 0 a 30 y 30 a 60 centímetros tomando la muestra del tercio medio de cada estrato. Los puntos de muestreo se tomaron al azar, pero se trató de cubrir toda el área útil de la parcela, estos muestreos se hicieron antes y después de riego, antes del riego se muestreó con una anticipación de 24 horas y después del riego se muestreó a las 48 horas debido a que es cuando el suelo teóricamente alcanza el porcentaje de humedad de capacidad de campo.

5.4.8 Diseño estadístico

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, debido a que la única variable de estudio fue la frecuencia de riego.

El modelo estadístico es el siguiente:

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

Donde:

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

U = Efecto de la media poblacional.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

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

Se evaluaron 6 tratamientos con 4 repeticiones, siendo los tratamientos riego cada 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, los cuales en este documento se identifican como: F-8, F-12, F-16, F-20, F-24 y F-28 respectivamente.

5.4.9 Parcela experimental

Area total del experimento: 2,714.25 mts.²

Area neta del experimento: 1,296.00 mts.²

Area por parcela experimental: 54.00 mts.²

Area útil por parcela experimental: 43.20 mts.²

Número de parcelas: 24

Distancia entre parcelas: 2.70 metros.

Distancia entre bloques: 4.00 metros.

Número de surcos por parcela: 10

Densidad de siembra parcela neta: 250 plantas.

Densidad de siembra parcela útil: 200 plantas.

5.4.10 Variables respuesta:

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

- Rendimiento de fruto comercial en toneladas métricas por hectárea.

- Rendimiento de fruto no comercial en toneladas métricas por hectárea.
- Número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela útil.
- Número de plantas muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil, y
- Calidad industrial del fruto (grados brix, pH, porcentaje de acidez, porcentaje de pulpa).

Para determinar la calidad del fruto, se envió una muestra de 1 kilo por parcela y por corte al laboratorio de la Compañía Kern's de Guatemala.

5.4.11 Método de análisis de resultados

Para las variables respuesta los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza y prueba de tukey al 5% de significancia.

Para verificar si los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculada con las fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983, equivalen a los valores de evapotranspiración medida en el campo, se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente (valores de evapotranspiración calculados) es explicado por el modelo de regresión lineal simple, $(Y = b_0 + b_1 \cdot X)$ considerándose para este análisis un nivel de significancia del 0.1% para mayor confiabilidad de los resultados. En vista que los valores de los coeficientes de determinación " r^2 " calculados son menores a los tabulados para un nivel de significancia

de 0.1% y $n-2$ grados de libertad no se efectua
ron las dos pruebas de hipótesis para determi
nar que la pendiente de la recta es igual a
uno y que el intercepto es igual a cero.

($H_0: B_1 = 1$ y $H_0: B_0 = 0$).

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente ensayo y su discusión, se presentan en este capítulo en cuatro partes. En primer lugar se encontrarán las variables respuesta, luego el uso del agua por la planta, las comparaciones entre evapotranspiración medida y la evapotranspiración calculada por medio de las fórmulas de Blaney-Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983 y por último la determinación del coeficiente "C" de la relación evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del agua en el tanque evaporímetro.

6.1 Variable respuesta:

Se analizan y discuten aquí los resultados promedio 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 vivas y muertas al final del ciclo de cultivo por parcela útil y la calidad industrial del fruto, las cuales se resumen en los cuadros 3 y 4.

CUADRO 3. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES RESPUESTA.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO EN TM/ha.		NUMERO DE PLANTAS /PARCELA UTIL	
	COMERCIAL	NO COMERCIAL	VIVAS	MUERTAS
F - 8	23.046	2.169	144.00	3.25
F - 12	20.481	2.434	147.255	6.25
F - 16	20.070	2.979	143.00	5.25
F - 20	18.895	2.388	145.00	8.75
F - 24	17.403	1.778	124.00	15.75
F - 28	16.559	2.409	131.25	20.00

6.1.1 Rendimiento de frutos en toneladas métricas por hectárea.

Para este estudio, el rendimiento de frutos se dividió en rendimiento de frutos comerciales y no comerciales. Se consideró fruto no comercial, a todo aquel dañado por insectos, necrosis apical, pudriciones, etc.

Los promedios de rendimiento de frutos comerciales y no comerciales en toneladas métricas por hectárea (TM/ha) se presentan en el cuadro 3. Puede observarse que el rendimiento de frutos comerciales más alto corresponde al tratamiento regado cada 8 días con 23.046 TM/ha, y el no comercial al tratamiento regado cada 16 días con 2.979 TM/ha, mientras que el rendimiento de fruto comercial más bajo se obtuvo en el tratamiento regado cada 28 días con 16.559 TM/ha, y el no comercial en el tratamiento regado cada 24 días con 1.778 TM/ha.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza se presentan en los cuadros del 6 al 9 del apéndice. Los análisis de varianza para los rendimientos de fruto comercial y no comercial en toneladas métricas por hectárea, indican que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

6.1.2 Número de plantas al final del ciclo de cultivo por parcela útil.

En el período de establecimiento del cultivo, la densidad de siembra fue afectada por enfermedades fungosas, disminuyendo el número de plantas por parcela y debido a que este era un poco diferente al inicio de aplicar los trata-

mientos, se analiza aquí tanto el número de plantas vivas como muertas al final del ciclo de cultivo. El número de plantas vivas se analiza para determinar si influye o no sobre el rendimiento en fruto y el número de plantas muertas para saber si las diferentes frecuencias tienen efecto sobre la mortalidad de las plantas.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición para el número de plantas vivas y muertas al final del ciclo se presentan en los cuadros 10 y 12 del apéndice. En el análisis de varianza para plantas vivas al final del ciclo de cultivo, cuadro 11 del apéndice, indica que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, por lo que se concluye que el rendimiento no fue afectado por el número de plantas en cada parcela al momento de cosechar, ya que este era el mismo en todas las parcelas.

El análisis de varianza para plantas muertas al final del ciclo de cultivo que se muestra en el cuadro 13 del apéndice, indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, al efectuar la comparación de medias por la prueba de tukey, cuadro 14 del apéndice, se encuentra que la diferencia entre los tratamientos regados cada 28 y 24 días no es estadísticamente significativa, por lo que son considerados como iguales: de igual manera ocurre entre los tratamientos regado cada, 20, 16, 12 y 8 días. Sin embargo, entre ambos grupos de tratamientos si hay diferencia estadísticamente significativa, ocurriendo la mortalidad más alta de plantas en los tratamiento

tos de mayor intervalo de riego (regado cada 28 y 24 días): por consiguiente la aplicación de las diferentes frecuencias de riego afectó la mortalidad de las plantas.

6.1.3 Calidad industrial del fruto.

Los resultados promedio obtenidos de los factores considerados en la calidad industrial del fruto: grados brix, pH, porcentaje de acidez y porcentaje de pulpa se presentan en el cuadro 4. Estos factores fueron determinados mediante un análisis del fruto en el laboratorio de la Compañía Alimentos Kerns de Guatemala. Para este análisis se tomó una muestra de 1 kilo por parcela y por cada uno de los cortes efectuados, haciendo un total de 72 muestras provenientes de 3 cortes realizados semanalmente.

CUADRO 4. RESULTADOS PROMEDIO DE LOS FACTORES CONSIDERADOS EN EL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO.

TRATAMIENTO	FACTORES ANALIZADOS			
	GRADOS BRUX	pH	% ACIDEZ	% PULPA
F - 8	5.10	4.10	0.45	40.18
F - 12	4.95	4.12	0.41	40.02
F - 16	5.15	4.05	0.47	39.69
F - 20	5.20	4.05	0.41	43.93
F - 24	5.50	4.05	0.43	42.71
F - 28	5.35	4.05	0.45	41.67

6.1.3.1 Grados Brix

Es deseable el fruto que 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 fruto con valores mayores de 4.5 brix.

El cuadro 4 muestra que todos los tratamientos dan valores promedio de grados brix mayores de 4.5.

El cuadro 15 del apéndice presenta los promedios de las tres muestras para grados brix organizados por tratamiento y repetición. El análisis de varianza para grados brix se muestra en el cuadro 16 del apéndice, el cual indica que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

6.1.3.2 Potencial hidrogénico (pH).

El rango ideal de pH para la industrialización del tomate debe oscilar entre 3.5 a 4.1, pues valores más bajos produce corrosión del metal del envase y valores más altos favorecen a que ocurra proliferación de microorganismos indeseables. En el cuadro 4 puede apreciarse que todos los tratamientos tienen valores de pH dentro de este rango.

El cuadro 17 del apéndice contiene organizados por tratamiento y repetición el análisis de calidad industrial para pH por parcela. En el cuadro 18 del apéndice se tiene el análisis de varianza

para pH, observándose que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

6.1.3.3 Porcentaje de acidéz

Este factor está determinado por la cantidad de ácido cítrico por ser este el más abundante. Los valores aceptables van de 0.4 a 0.45 % debido a que valores mayores provocan oxidación del metal del envase y valores menores hacen que la pasta pierda su sabor. El cuadro 4 muestra que todos los tratamientos dieron valores de porcentaje de acidéz dentro de este rango.

El pH y el porcentaje de acidéz son factores inversamente proporcionales y es necesario balancearlos con sustancias químicas de acuerdo a cada producto a elaborar.

El cuadro 19 del apéndice muestra los resultados organizados por tratamiento y repetición del análisis industrial para el porcentaje de acidéz. El análisis de varianza del cuadro 20 del apéndice muestra que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

6.1.3.4 Porcentaje de pulpa.

Es deseable que el rango oscile entre 35 y 40, pues este factor es índice del rendimiento que tendrá el fruto de tomate en la elaboración de la pasta. En el cuadro 4 puede apreciarse que todos los tratamientos tienen valores pro-

medio dentro de este rango.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición del análisis de calidad industrial del fruto para el porcentaje de pulpa se muestra en el cuadro 21 del apéndice. El análisis de varianza para el porcentaje de pulpa, cuadro 22 del apéndice, indica que si existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Sin embargo, al efectuar la comparación de medias por la prueba de Tukey encontramos que todos los tratamientos son iguales ya que la diferencia entre ellos no es estadísticamente significativa; esto debido que la diferencia entre los valores de "f" tabulada es mínima.

6.2 Uso del agua

En esta parte se discute lo referente a la lámina total de agua consumida, número de riegos y el agotamiento de la humedad aprovechable en cada uno de los tratamientos.

6.2.1 Lámina total de agua consumida y número de riegos en cada tratamiento.

En el cuadro 5 puede observarse la lámina total de agua consumida y el número de riegos aplicados a cada tratamiento.

CUADRO 5. LAMINAS DE AGUA TOTAL CONSUMIDA Y NUMERO DE RIEGOS EN CADA TRATAMIENTO.

Tratamientos	Lámina total consumida (cms.)	Número de riegos aplicados *
F - 8	44.23	13
F - 12	32.06	9
F - 16	27.84	8
F - 20	26.96	7
F - 24	25.82	6
F - 28	23.92	5

* incluye 3 riegos generales

Los datos obtenidos en los muestreos antes y después del riego y cálculo de la lámina consumida en cada intervalo de riego de los distintos tratamientos, se presentan en los cuadros del 24 al 30 del apéndice. El cuadro 24 corresponde al cálculo del consumo de agua durante los tres riegos generales en el que la aplicación del agua fue uniforme para todos los tratamientos en los 15 días de establecimiento del cultivo.

En el cuadro 5 puede observarse que invariablemente la lámina total de agua consumida aumenta cuando el intervalo de riego es más corto, esto es de esperarse pues las plantas al tener más agua retenida a menor tensión tenderán a consumir mayor cantidad. Puede verse también en el cuadro 5 el número de riegos que es necesario aplicar en cada tratamiento durante todo el ciclo varía desde 13 en el tratamiento regado cada 8 días hasta 5 en tratamiento regado cada 28 días. Estos dos factores inciden en que el costo de riego para las frecuencias de riego más cortas sea mayor que para las frecuencias más largas.

6.2.2 Agotamiento de la humedad aprovechable del suelo,

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 1 a la 6 del apéndice, observándose que durante el período de establecimiento los primeros 15 días, el agotamiento de la humedad aprovechable fué aproximadamente uniforme con valores promedios del 30% para el estrato de 0-30 centímetros y de 17% para el estrato de 30-60 centímetros.

Durante todo el ciclo del cultivo en ninguno de los tratamientos el contenido de humedad llegó al porcentaje equivalente al punto de marchitez permanente. También puede observarse en forma general que en todos los tratamientos el mayor agotamiento de la humedad aprovechable se manifiesta en las etapas fenológicas de finales de floración, durante la fructificación y cosecha.

La figura 1 del apéndice corresponde al tratamiento regado cada 8 días, en ella puede notarse que el mayor consumo se da en las últimas etapas fenológicas del cultivo, llegando a agotarse la humedad a un máximo del 63% con un promedio del 49% de la humedad aprovechable para el estrato de 0-30 centímetros, y en el segundo estrato se agotó un máximo del 42.4% y un promedio de 26.8%.

Para el tratamiento regado cada 12 días, figura 2 del apéndice, se observa que el agotamiento de la humedad aprovechable para las primeras etapas fenológicas del cultivo (desarrollo vegetativo y floración) es bastante homogéneo con un promedio del 26.9% para el estrato de 0-30 centí

metros y del 15% para el estrato de 30 - 60 centímetros; mientras que en las etapas de fructificación y cosecha, el agotamiento de la humedad aprovechable aumentó alcanzando un valor máximo del 62.4% con un promedio del 54.81% para el estrato de 0-30 centímetros y para el estrato de 30-60 centímetros se agotó un máximo del 45.63% de la humedad aprovechable con un promedio del 38.13%.

En la figura 3, correspondiente al tratamiento regado cada 16 días puede observarse que el agotamiento de la humedad aprovechable fue bastante semejante al agotamiento del tratamiento anterior, alcanzando valores máximos del 75.16% con un promedio del 62.68% para el estrato de 0-30 centímetros y para el estrato de 30-60 centímetros se agotó un máximo del 46.23% con un promedio del 40.46%.

Para el tratamiento regado cada 20 días, en la figura 4 del apéndice puede observarse que en las etapas fenológicas de floración, fructificación y cosecha ocurrió el mayor agotamiento de la humedad aprovechable, en el estrato de 0-30 centímetros se consumió un máximo del 76.7% con un promedio del 59.42% y para el estrato de 30-60 centímetros se agotó un máximo del 55.96% con un promedio de 52.83%. También puede verse que en los primeros días después de aplicado el riego ocurrió el mayor consumo de la humedad y fue disminuyendo conforme se acercaba el siguiente riego; de igual manera se comportan las curvas de agotamiento correspondientes a los tratamientos regados cada 24 y 28 días.

En la figura 5 correspondiente al tratamiento regado cada 24 días puede verse, que el agotamiento de la humedad aprovechable fue similar al agotamiento del tratamiento regado cada 20 días,

alcanzando un valor máximo del 75.29% con un promedio del 68.59% para el estrato de 0-30 centímetros y en el estrato de 30-60 centímetros se agotó un máximo del 69.08% con un promedio del 57.84%.

La figura 6 del apéndice, corresponde al tratamiento regado cada 28 días en el cual se observa que el máximo agotamiento de la humedad aprovechable llegó a valores del 82.91% para el estrato de 0-30 centímetros con un promedio del 63.45% y para el estrato de 30-60 centímetros se alcanzó un máximo del 64.97% con un promedio del 42.28%.

6.3 Comparación de la evapotranspiración medida con la calculada por las fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983.

En los cuadros 31, 32 y 33 del apéndice, se presentan los cálculos de la evapotranspiración semanal por las fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983. La tasa de evapotranspiración semanal y total para los seis tratamientos: Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983 se muestran en el cuadro 34 del apéndice.

Se efectuó un análisis de correlación para determinar que porcentaje de la variable independiente (valores de la tasa de evapotranspiración semanal calculados) es explicado por el modelo de regresión lineal simple, considerándose para este análisis un nivel de significancia del 0.1% y 13 grados de libertad, se encontró que todos los coeficientes de determinación " r^2 " son menores al tabulado. tal como se muestra en el cuadro 35 del apéndice, lo cual nos indica que las fórmulas analizadas no se adaptan a la región.

Con el análisis anterior, se demuestra que la tasa de evapotranspiración semanal calculada con las fórmulas y la medida en el campo son diferentes. Sin embargo en el cuadro 34 puede observarse que la evapotranspiración total calculada con la fórmula de Blaney Criddle modificada por Phelan es similar a la medida en el tratamiento regado cada 12 días; además la fórmula de Hargreaves modificada en 1966 da un valor de evapotranspiración total semejante a los valores medidos en los tratamientos regados cada 16, 20 y 24 días. Por último la fórmula de Hargreaves modificada en 1983 da un valor de evapotranspiración total aproximado al valor medido en el tratamiento regado cada 8 días.

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

En el experimento se pudo observar que tanto la tasa de evaporación semanal como la de evaporación total fué mayor que la evapotranspiración medida en todos los tratamientos, por lo que para obtener la evapotranspiración del cultivo debe ajustarse los datos de evaporación por medio de un coeficiente "C" proveniente de la relación evapotranspiración/evaporación (Et/Ev).

En el cuadro 36 del apéndice, se observa la evaporación semanal y los coeficientes "C" semanales, para cada tratamiento durante el ciclo del cultivo, obtenidos de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque. También se calcularon los coeficientes "C" promedio de todos los tratamientos para diferentes etapas fenológicas, siendo estos de: 0.78 para la etapa de desarrollo vegetativo (del 26-12-86 al 12-02-87), 0.60 para la floración (del 22-01-87 al 25-02-87), 0.58 para fructificación (02-02-87 al 22-03-87) y 0.50 para cosecha (del 23-03-87 al 06-04-87).

7. CONCLUSIONES

- 7.1 La aplicación de diferentes frecuencias de riego no tiene influencia estadísticamente significativa sobre los rendimientos en toneladas métricas por hectárea de frutos comerciales y no comerciales de tomate.
- 7.2 En las frecuencias de riego de 24 y 28 días ocurrió mayor mortalidad de plantas que en los tratamientos regados con intervalos más cortos.
- 7.3 Las diferentes frecuencias de riego no tienen efecto estadísticamente significativo sobre la calidad industrial del fruto.
- 7.4 La evapotranspiración total del cultivo tiende a aumentar invariablemente conforme el intervalo de riego es más corto, siendo de 44.23, 32.06, 27.81, 26.95, 25.80 y 23.90 centímetros para los tratamientos regados cada 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días.
- 7.5 De manera general el mayor consumo de agua ocurrió en las etapas fenológicas de finales de floración, durante fructificación y cosecha, sin que la humedad del suelo llegara en ninguno de los tratamientos al punto de marchitez permanente.
- 7.6 Los valores de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por las fórmulas de Blaney Criddle modificada por Phelan, Hargreaves modificada en 1966 y Hargreaves modificada en 1983, lo cual indica que ninguno de los métodos indirectos usados se adapta a la región en la estimación de la evapotranspiración.
- 7.7 El coeficiente "C" promedio de todos los tratamientos, obtenido de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque para las diferentes etapas fenológicas fue de 0.78 para la etapa de desarrollo ve-

getativo, 0.60 para la floración, 0.58 para fructificación y 0.50 para la cosecha.

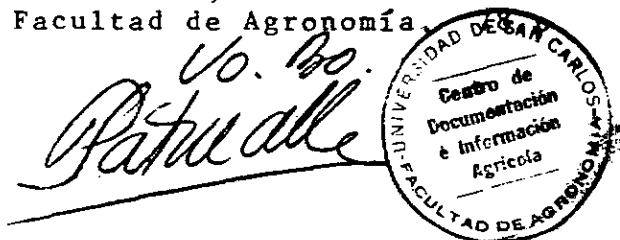
8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Continuar realizando este tipo de investigaciones en la misma región, época y cultivo con el fin de confirmar los resultados obtenidos.
- 8.2 Mientras se realizan más experimentos en este cultivo y región, se recomienda en forma preliminar utilizar la frecuencia de riego de 28 días, ya que no existe diferencia estadísticamente significativa con los rendimientos obtenidos con intervalos de riego más cortos.
- 8.3 Debido a que ninguna de las fórmulas evaluadas en este experimento calcula correctamente la evapotranspiración en esta región y cultivo, no se recomienda utilizarlas en la determinación del uso del agua.
- 8.4 Los coeficientes obtenidos para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación del tanque evaporímetro tipo "A", pueden utilizarse como datos preliminares. Se recomienda seguirlos afinando ya que constituye un método sencillo, práctico y aplicable para calcular la evapotranspiración.

9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA CONTRERAS, M. 1979. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Universidad de Chapingo, Facultad de Agronomía. 321 p.
2. ANDRINO ALVAREZ, F. J. 1985. Efecto en los rendimientos de tomate (*Lycopersicum esculentum*) 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. 99 p.
3. 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.
4. DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO. 212 p.
5. FORSYTHE, W. 1980. Física de suelos, manual de laboratorio. San José C R., IICA. 212 p.
6. GRASSI, C J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos, criterios y procedimientos. Venezuela, CIDIAT. Serie Riego y Drenaje Material Didáctico no. RD-8 88 p.
7. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. s.f. Cultivo del tomate. Guatemala. 18 p.
8. HARGREAVES, H. G. s.f. Estimating crop evapotranspiration requirements. Utah, Utah State University, International Irrigation Center. 10 p.
9. ISRAELSEN, O. W.; HANSEN, V. E. 1980. Principios y aplicaciones del riego. Traducido por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté. 386 p.
10. LEON GALLEGOS, H.; AROSEMENA, M. 1980. El cultivo de tomate para consumo en fresco en el valle de Culiacán. México, INIA-SARH. 184 p.
11. MARTINEZ GOMEZ, C L. 1977. Influencia de la lámina de agua aplicada y frecuencia de riego sobre el rendimiento del cultivo del frijol en la unidad de riego San Jerónimo. Tesis Ing Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.

12. MORALES MILIAN, L. A. 1986. Efecto de seis frecuencias de riego, sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (Cucumis sativus L.) en la Fragua, Zacapa Tesis Ing Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 67 p.
13. RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. 1972. Traducido por Emilio Avila de la Torre. México, Diana. 99 p.
14. SAGASTUME GARZA, M. B. 1986. Efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcena. Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 68 p
15. SANCHEZ CHAVEZ, J. 1984. Efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcenas Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p
16. 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.
17. TELLO SAMAYOA, C. A 1983. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del chile pimiento (Capsicum annum L.) en la unidad de riego Rancho, Jícaro. Tesis Ing Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
18. TORRES RUIZ, E. 1983. Agrometeorología. México, Diana. 150 p.
19. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (PERU). 1977. Generalidades en el cultivo de hortalizas. Perú. p. 117-143.
20. WITHERS, D. W.; VIPOND, S. 1979. El riego; diseño y práctica. Traducido por Agustín Contin. México, Diana. p. 41-127.
21. ZEA MORALES, J. L. 1984. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum) 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.



10. A P E N D I C E

CUADRO 6. RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	19.393	24.574	15.734	32.485	92.186	23.046
F - 12	19.271	19.554	19.369	23.729	81.923	20.481
F - 16	22.230	22.436	16.101	19.515	80.282	20.070
F - 20	18.827	13.344	25.168	18.241	75.580	18.895
F - 24	14.129	24.167	15.080	16.238	69.614	17.403
F - 28	15.399	16.625	20.169	14.045	66.238	16.559
T O T A L	109.249	120.700	111.621	124.253	465.823	

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	108.894	21.779	1.00	2.90 NS
Bloques	3	25.687	8.562	0.39	3.29 NS
Error	15	327.507	21.834		
T O T A L	23	462.088			

Coefficiente de variación 24.07%

CUADRO 8. RESULTADOS ORGANIZADOS DE RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	1.549	1.069	1.961	4.097	8.676	2.169
F - 12	2.147	1.601	2.472	3.518	9.738	2.434
F - 16	3.165	2.842	3.005	2.905	11.917	2.979
F - 20	2.031	1.499	2.823	3.201	9.554	2.388
F - 24	1.257	1.660	2.113	2.083	7.113	1.778
F - 28	1.863	1.985	2.849	2.940	9.637	2.409
T O T A L	12.012	10.656	15.223	18.744	56.635	

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	3.069	0.614	2.20	2.90 NS
Bloques	3	6.386	2.129	7.63	3.29 S
Error	15	4.192	0.279		
T O T A L	23	13.647			

Coefficiente de variación 22.39%

CUADRO 10. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	11.53	12.04	11.62	12.77	47.96	11.99
F - 12	12.33	12.27	12.08	12.81	48.49	12.12
F - 16	12.04	11.22	12.92	11.57	47.75	11.94
F - 20	11.40	12.21	11.79	12.73	48.13	12.03
F - 24	11.92	11.27	9.80	11.44	44.43	11.11
F - 28	11.70	11.00	11.49	11.62	45.81	11.45
T O T A L	70.92	69.01	69.70	72.94	282.57	

NOTA: A los resultados originales de número de plantas vivas al final del ciclo de 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 VIVAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	3.290	0.658	1.52	2.90 NS
Bloques	3	1.320	0.44	1.02	3.29 NS
Error	15	6.480	0.432		
T O T A L	23	11.09			

Coefficiente de variación 5.58 %.

CUADRO 12. RESULTADOS ORGANIZADOS DE NUMERO DE PLANTAS MUERTAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	2.000	1.732	1.732	1.732	7.196	1.799
F - 12	2.828	1.732	2.449	2.828	9.837	2.459
F - 16	2.000	2.000	2.000	3.000	9.000	2.250
F - 20	3.317	2.000	4.000	2.000	11.317	2.829
F - 24	4.000	4.123	4.000	3.742	15.865	3.966
F - 28	4.899	5.000	3.359	4.359	17.722	4.430
T O T A L	19.044	16.587	17.645	17.661	70.937	

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

CUADRO 13. 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 5%
Tratamientos	5	21.1.78	4.236	11.3	2.90 S
Bloques	3	0.507	0.169	0.4	3.29 NS
Error	15	5.646	0.376		
T O T A L	23	27.331			

CUADRO 14. PRUEBA DE TUKEY PARA EL NUMERO DE PLANTAS MUERTAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL

TRATAMIENTOS	MEDIA EN No pl/PARCELA
F. - 28	4.430
F - 24	3.966
F - 20	2.829
F - 12	2.459
F - 16	2.250
F - 8	1.799

CUADRO 15. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA GRADOS BRUX.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	5.2	4.7	5.1	5.4	20.47	5.10
F - 12	5.2	4.8	5.1	4.7	19.80	4.95
F - 16	5.3	5.1	5.0	5.2	20.60	5.15
F - 20	5.0	5.1	5.4	5.3	20.80	5.20
F - 24	5.0	5.2	5.8	6.0	22.00	5.50
F - 28	5.7	5.3	5.2	5.2	21.40	5.35
T O T A L	31.4	30.2	31.6	31.8	125.00	

CUADRO 16. ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRUX

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	5%
Tratamientos	5	0.750	0.1500	1.92	2.90	NS
Bloques	3	0.260	0.0866	1.11	3.29	NS
Error	15	1.170	0.0780			
T O T A L	23	2.180				

Coefficiente de variación 5.36%

CUADRO 17. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA pH

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	4.1	4.1	4.1	4.1	16.40	4.10
F - 12	4.2	4.1	4.1	4.1	16.50	4.12
F - 16	4.1	4.0	4.1	4.0	16.20	4.05
F - 20	4.1	4.1	4.0	4.0	16.20	4.05
F - 24	4.1	4.1	4.0	4.0	16.20	4.05
F - 28	4.1	4.0	4.1	4.0	16.20	4.05

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA PARA pH

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	5%
Tratamientos	5	0.02250	0.00450	2.62	2.90	NS
Bloques	3	0.02166	0.00722	4.20	3.29	S
Error	15	0.02584	0.00172			
T O T A L	23	0.07000				

Coefficiente de variación 1.02%

CUADRO 19. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	0.43	0.45	0.40	0.52	1.80	0.45
F - 12	0.37	0.45	0.42	0.41	1.65	0.41
F - 16	0.46	0.47	0.46	0.48	1.87	0.47
F - 20	0.36	0.42	0.44	0.42	1.64	0.41
F - 24	0.36	0.44	0.46	0.46	1.72	0.43
F - 28	0.44	0.45	0.45	0.46	1.80	0.45
T O T A L	2.42	2.68	2.63	2.75	10.48	

CUADRO 20. ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft	5%
Tratamientos	5	0.01058	0.00212	2.68	2.90	NS
Bloques	3	0.01010	0.00337	4.26	3.29	S
Error	15	0.01185	0.00079			
T O T A L	23	0.03253				

Coefficiente de variación 6.44%

CUADRO 21. RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA PORCENTAJE DE PULPA.

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F - 8	44.08	35.73	38.77	42.15	160.73	40.18
F - 12	39.77	38.41	40.10	41.81	160.09	40.02
F - 16	38.86	40.85	43.12	45.22	175.71	43.93
F - 20	45.27	42.10	43.12	45.22	175.71	43.93
F - 24	43.18	42.43	42.79	42.46	170.86	42.71
F - 28	43.81	42.87	40.00	40.00	166.68	41.67
T O T A L	254.97	242.39	241.70	253.79	992.85	

CUADRO 22. ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE PULPA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	57.887	11.57740	3.08	2.90 S
Bloques	3	25.516	8.50533	2.26	3.29 NS
Error	15	56.407	3.76047		
T O T A L	23	139.81			

Coeficiente de variación 4.69%

CUADRO 23. PRUEBA DE TUKEY PARA PORCENTAJE DE PULPA

TRATAMIENTO	MEDIO EN %
F - 20	43.93
F - 24	42.71
F - 28	41.67
F - 8	40.18
F - 12	40.02
F - 16	39.69

CUADRO 24. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS DURANTE LOS RIEGOS GENERALES.

ESTRATO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFEREN CIA	CONSUMO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	Después de Riego		Antes Riego					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	28-12-86	26.84	1-1-87	24.66	2.18	0.86	0.64	1.50
30 - 60		26.84		28.73	1.32	0.61	0.46	1.07
0 - 30	4-1-87	28.40	9-1-87	25.11	3.29	1.29	0.77	2.06
30 - 60		30.93		30.06	0.87	0.40	0.24	0.64

Lámina total: 5.27

CUADRO 25. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-8.

ESTRATO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE- REN- CIA	CONSU- MO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	DESPUES RIEGO		ANTES RIEGO					
	Fecha	%	Fecha	%				
0 - 30	12-1-87	29.72	17-1-87	26.42	3.30	1.30	0.78	2.08
30 - 60		31.81		28.60	3.21	1.48	0.89	2.37
0 - 30	20-1-87	28.99	25-1-87	25.61	3.38	1.33	0.80	2.13
30 - 60		30.82		29.37	1.45	0.67	0.40	1.07
0 - 30	28-1-87	27.87	2-2-87	24.60	3.27	1.28	0.77	2.05
30 - 60		30.64		28.53	2.11	0.97	0.58	1.55
0 - 30	5-2-87	27.63	10-2-87	23.44	4.19	1.65	0.99	2.64
30 - 60		30.58		27.62	2.96	1.37	0.82	2.19
0 - 30	13-2-87	26.31	18-2-87	24.48	1.83	0.72	0.43	1.15
30 - 60		29.80		28.75	1.05	0.48	0.29	0.77
0 - 30	21-2-87	26.07	26-2-87	21.50	4.57	1.80	1.08	2.88
30 - 60		27.54		26.50	1.04	0.48	0.29	0.77
0 - 30	1-3-87	28.10	6-3-87	24.81	3.29	1.29	0.77	2.06
30 - 60		31.04		29.04	2.00	0.92	0.55	1.47
0 - 30	9-3-87	23.92	14-3-87	21.39	2.53	0.99	0.59	1.58
30 - 60		26.21		25.82	0.39	0.18	0.11	0.20
0 - 30	17-3-87	26.32	22-3-87	22.23	4.09	1.61	0.97	2.58
30 - 60		29.84		26.13	3.71	1.71	1.03	2.74
0 - 30	25-3-87	24.17	30-3-87	20.64	3.53	1.39	0.83	2.22
30 - 60		30.20		26.92	3.28	1.51	0.91	2.42
0 - 30	2-4-87	25.02	6-4-87	23.59	1.43	0.56	0.28	0.84
30 - 60		29.39		27.78	1.61	0.74	0.37	1.11

Lámina parcial (cms): 38.96

Riegos generales (cms): 5.27

Lámina total consumida (cms): 44.23

CUADRO 26. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 12.

ESTRA- TO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE- REN- CIA	CONSU- MO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	DESPUES RIEGO		ANTES RIEGO					
	FECHA	%	FECHA	%				
0 - 30	12-1-87	29.72	21-1-87	26.93	2.79	1.10	0.37	1.47
30 - 60		31.81		28.56	3.25	1.50	0.50	2.00
0 - 30	24-1-87	28.73	2-2-87	25.06	3.67	1.44	0.48	1.92
30 - 60		31.98		31.13	0.85	0.39	0.13	0.52
0 - 30	5-2-87	28.65	14-2-87	24.07	4.58	1.80	0.60	2.40
30 - 60		30.45		29.45	1.00	0.46	0.15	0.61
0 - 30	17-2-87	24.11	26-2-87	21.50	2.61	1.02	0.34	1.36
30 - 60		27.83		26.50	1.33	0.61	0.20	0.81
0 - 30	1-3-87	24.97	10-3-87	20.43	4.54	1.78	0.59	2.37
30 - 60		28.58		26.67	1.91	0.88	0.29	1.17
0 - 30	13-3-87	28.66	22-3-87	21.35	7.31	2.87	0.96	3.83
30 - 60		32.62		25.07	7.55	3.49	1.16	4.65
0 - 30	25-3-87	26.20	3-4-87	22.41	3.79	1.49	0.50	1.99
30 - 60		29.15		26.40	2.75	1.27	0.42	1.69
0 - 30	6-4-87	24.93	---	---	---	---	---	---
30 - 60		27.40		---	---	---	---	---

Lámina parcial (cms): 26.79
 Riegos generales (cms): 5.27
 Lámina total consumida (cms): 32.06

CUADRO 27. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 16.

ESTRATO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFERENCIA	CONSUMO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	DESPUES RIEGO		ANTES RIEGO					
	FECHA	%	FECHA	%				
0 - 30	12-1-87	29.72	25-1-87	24.94	4.78	1.88	0.43	2.31
30 - 60		31.81		29.36	2.45	1.13	0.26	1.39
0 - 30	28-1-87	27.94	10-2-87	23.20	4.74	1.86	0.43	2.29
30 - 60		31.47		28.95	2.52	1.16	0.27	1.43
0 - 30	13-2-87	25.86	26-2-87	20.86	5.00	1.96	0.45	2.41
30 - 60		28.43		24.83	3.60	1.66	0.38	2.04
0 - 30	1-3-87	23.70	14-3-87	19.56	4.14	1.63	0.38	2.01
30 - 60		27.37		25.91	1.46	0.67	0.15	0.82
0 - 30		26.66		18.53	8.13	3.20	0.74	3.94
30 - 60	17-3-87	29.13	30-3-87	26.29	2.84	1.31	0.30	1.61
0 - 30		24.13		21.90	2.23	0.88	0.44	1.32
30 - 60	2-4-87	27.13	6-4-87	25.72	1.41	0.65	0.32	0.97

Lamina parcial (cms): 22.54
 Riegos generales (cms): 5.27
 Lámina total consumida (cms): 27.81

CUADRO 28. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 20.

ESTRATO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE- REN- CIA	CONSU- MO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	DESPUES RIEGO		ANTES RIEGO					
	FECHA	%	FECHA	%				
0 - 30	12-1-87	29.72	20-1-87	26.18	3.54	1.39	0.35	1.74
30 - 60		31.81		29.10	2.71	1.25	0.31	1.56
0 - 30	20-1-87	26.18	29-1-87	23.88	2.30	0.90	0.10	1.00
30 - 60		29.10		27.84	1.26	0.58	0.06	0.64
0 - 30	1-2-87	26.05	9-2-87	21.01	5.04	1.98	0.50	2.48
30 - 60		28.89		26.19	2.70	1.25	0.31	1.56
0 - 30	9-2-87	21.01	18-2-87	19.88	1.13	0.44	0.05	0.49
30 - 60		26.19		23.17	3.02	1.39	0.15	1.54
0 - 30	21-2-87	25.57	1-3-87	20.20	5.37	2.11	0.52	2.63
30 - 60		27.61		24.75	2.86	1.32	0.33	1.65
0 - 30	1-3-87	20.20	10-3-87	19.90	0.30	0.12	0.01	0.13
30 - 60		24.75		24.19	0.56	0.26	0.03	0.29
0 - 30	13-3-87	24.50	21-3-87	18.85	5.65	2.22	0.55	2.77
30 - 60		26.30		25.2	1.10	0.51	0.43	0.64
0 - 30	21-3-87	18.85	30-3-87	17.76	1.09	0.43	0.05	0.48
30 - 60		25.20		23.52	1.68	0.78	0.09	0.87
0 - 30	2-4-87	24.01	6-4-87	23.18	0.83	0.33	0.16	0.49
30 - 60		24.06		23.01	1.05	0.48	0.24	0.72

Lamina parcial (cms): 21.68
 Riegos generales (cms): 5.27
 Lamina total consumida (cms): 26.95

CUADRO 29. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 24

ESTRATO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE- REN- CIA	CONSU- MO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	DESPUES RIEGO		ANTES RIEGO					
	FECHA	%	FECHA	%				
0 - 30	12-1-87	29.72	22-1-87	25.47	4 25	1.67	0.33	2.00
30 - 60		31.81		29.41	2.40	1.11	0.22	1.33
0 - 30	22-1-87	25.47	2-2-87	23.41	2 06	0.81	0.07	0.88
30 - 60		29.41		27.95	1.46	0.67	0.06	0.73
0 - 30	5-2-87	27.33	15-2-87	22.70	4.63	1.82	0.36	2.18
30 - 60		30.33		26.63	3.70	1.71	0.34	2.05
0 - 30	15-2-87	22.70	26-2-87	19.64	3 06	1 20	0.11	1.31
30 - 60		26.63		25.09	1.54	0.71	0.06	0.77
0 - 30	1-3-87	23.43	11-3-87	19.05	4.38	1.72	0.34	2.06
30 - 60		25.25		23.48	1.77	0.82	0.16	0.98
0 - 30	11-3-87	19.05	22-3-87	17.94	. 11	0.44	0.04	0.48
30 - 60		23.48		22.84	0.64	0.30	0.03	0.33
0 - 30	25-3-87	24.82	4-4-8	20.33	4.49	1.76	0.35	2.11
30 - 60		26.09		21.72	4.37	2.02	0.40	2.42
0 - 30		20.33		19.19	1.14	0.45	--	0.45
30 - 60		21.72		20.75	0.97	0.45	--	0.45

Lámina parcial (cms): 20.53
 Riegos generales (cms): 5.27
 Lámina total consumida (cms): 25.80

CUADRO 30. CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F - 28.

ESTRATO cms.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFE- REN- CIA	CONSU- MO cms.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL cms.
	DESPUES RIEGO		ANTES RIEGO					
	FECHA	%	FECHA	%				
0 - 30	12-1-87	29.72	24-1-87	26.36	3.36	1.32	0.22	1.54
30 - 60		31.81		30.65	1.16	0.54	0.09	0.63
0 - 30	24-1-87	26.36	6-2-87	22.99	3.37	1.32	0.10	1.42
30 - 60		30.65		28.16	2.49	1.15	0.09	1.24
0 - 30	9-2-87	27.06	21-2-87	22.75	4.31	1.59	0.28	1.97
30 - 60		30.30		26.66	3.64	1.68	0.28	1.96
0 - 30	21-2-87	22.75	6-3-87	19.38	3.37	1.32	0.10	1.42
30 - 60		26.66		25.70	0.96	0.44	0.03	0.47
0 - 30	9-3-87	26.15	21-3-87	18.30	7.85	3.09	0.52	3.61
30 - 60		28.73		23.61	5.12	2.36	0.39	2.75
0 - 30	21-3-87	18.30	3-4-87	16.86	1.44	0.56	0.04	0.60
30 - 60		23.61		21.56	2.05	0.95	0.07	1.02
0 - 30	6-4-87	24.79						
30 - 60		28.70						

Lámina parcial (cms): 18.63
 Riegos generales (cms): 5.27
 Lámina total consumida (cms): 23.90

CUADRO 31. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE BLANEY CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN.

S E M A N A	1 FRACCION SEMANTAL	TEMP. ° C	2 P %	3 T+17.8 21.8	1x2x3 f	Kt	Kc	f x Kt x Kc Et	Et' cms.	
26-12-86 - 01-01-87	1	21.64	1.80	1.81	3.258	0.913	0.43	1.28	1.19	
02-01-87 - 08-01-87	1	17.71	1.69	1.63	2.755	0.791	0.43	0.94	0.87	
09-01-87 - 15-01-87	1	20.00	1.69	1.73	2.924	0.862	0.45	1.13	1.06	
16-01-87 - 22-01-87	1	21.97	1.69	1.82	3.076	0.924	0.49	1.39	1.30	
23-01-87 - 29-01-87	1	19.66	1.69	1.72	2.907	0.852	0.57	1.41	1.32	
30-01-87 - 05-02-87	1	22.24	1.79	1.84	3.294	0.932	0.70	2.15	2.00	
06-02-87 - 12-02-87	1	19.47	1.84	1.71	3.146	0.845	0.84	2.23	2.08	
13-02-87 - 19-02-87	1	24.03	1.84	1.92	3.533	0.988	0.96	3.35	3.13	
20-02-87 - 26-02-87	1	23.87	1.84	1.91	3.514	0.983	1.02	3.52	3.29	
27-02-87 - 05-03-87	1	24.56	1.88	1.94	3.647	1.004	1.02	3.73	3.48	
06-03-87 - 12-03-87	1	23.87	1.90	1.91	3.629	0.983	0.97	3.46	3.23	
13-03-87 - 19-03-87	1	26.21	1.90	2.02	3.838	1.056	0.91	3.69	3.44	
20-03-87 - 26-03-87	1	31.20	1.90	2.25	4.275	1.211	0.84	4.35	4.06	
27-03-87 - 02-04-87	1	28.54	1.92	2.12	4.070	1.128	0.77	3.53	3.30	
03-04-87 - 06-04-87	0.57	25.03	1.12	1.96	2.195	1.019	0.72	1.61	1.50	
								50.061	37.77	35.25

$$Et' = Kg \times F ; Et' = 0.7 \times 50.061 = 35.04$$

$$Kt = (0.031144 \times t) + 0.2396$$

$$\text{Factor de ajuste: } K' = \frac{Et}{F} ; \frac{37.77}{50.061} = 0.75$$

$$F. A. = \frac{Kg}{K'} ; \frac{0.7}{0.75} = 0.933$$

57

CUADRO 32. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LAS FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1966.

SEMA- NA NU MERO	T ° C	VEL. VIENTO km/día	INSO- LACION %	P%	d 0.12p	K	Hn %	Et mm	CORRECCIONES						Et CORREG.
									VIENTO		INSOLACION		ALTITUD		
									%	+ mm	%	- mm	%	+ mm	
1	21.64	114.31	56.14	1.80	0.216	0.14	63.86	4.11	2.57	0.10	21.54	0.88	8.1	0.33	3.66
2	17.71	137.11	70.28	1.69	0.203	0.37	56.43	10.07	6.68	0.67	15.80	1.59	8.1	0.81	9.96
3	20.00	111.98	50.86	1.69	0.203	0.56	63.86	14.27	2.16	0.31	23.66	3.38	8.1	1.15	12.35
4	21.97	114.27	71.86	1.69	0.203	0.73	58.00	23.75	2.57	0.61	14.70	3.49	8.1	1.92	22.79
5	19.66	127.95	58.71	1.69	0.203	0.85	62.43	22.14	5.03	1.11	20.52	4.54	8.1	1.79	20.50
6	22.24	114.31	61.14	1.79	0.215	0.95	67.00	26.04	2.57	0.67	19.54	5.09	8.1	2.11	23.73
7	19.43	139.40	54.71	1.84	0.221	0.99	74.71	18.67	7.09	1.32	22.12	4.13	8.1	1.51	17.37
8	24.03	108.55	81.28	1.84	0.221	1.00	66.28	31.10	1.54	0.48	7.85	2.44	8.1	2.52	31.66
9	23.83	130.25	82.86	1.84	0.221	0.99	71.00	26.31	5.44	1.43	6.43	1.69	8.1	2.13	28.18
10	24.56	121.10	57.57	1.88	0.226	0.96	74.71	23.41	3.80	0.89	20.97	4.91	8.1	1.90	21.29
11	23.87	118.33	51.28	1.90	0.228	0.88	74.85	20.92	3.39	0.71	23.49	4.91	8.1	1.69	18.99
12	26.21	130.28	77.43	1.90	0.228	0.77	76.00	19.18	5.45	1.04	10.80	2.07	8.1	1.55	19.70
13	31.20	134.88	79.00	1.90	0.228	0.58	68.86	22.32	6.28	1.40	9.70	2.16	8.1	1.81	23.37
14	28.54	139.44	44.43	1.92	0.230	0.36	69.43	12.55	7.10	0.89	26.23	3.29	8.1	1.02	11.17
15	25.03	154.52	60.27	1.12	0.134	0.11	71.67	1.82	9.85	0.18	19.73	0.36	8.1	0.15	1.79

TOTAL: 276.66

TOTAL: 265.93

Et = 17.37 k.d.t. (1.0 - 0.01 Hn)

CUADRO 33. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1983.

FECHA EN SEMANAS	FRAC- CION SEMA- NAL	PROMEDIO DE TEM- PERATURA ABSOLU- TA SEMANAL. ° C		T.D ^{0.5}	Ra	Rs	TEMP. MEDIA	Etp.	Kc	Etc	Etc ACUMULA- DA (mm)
		Máxima	Mínima	° C	mm/sem	mm/sem.	° F	mm/sem.	mm/sem.	mm/sem.	
26-12-86											
01-01-87	1	28.41	13.10	15.31	83.00	53.58	70.95	28.51	0.40	11.40	11.40
02-01-87											
08-01-87	1	25.98	8.14	14.84	85.40	59.52	63.88	28.52	0.50	14.26	25.66
09-01-87											
15-01-87	1	26.54	10.24	16.30	85.40	56.89	68.00	29.01	0.70	20.31	45.97
16-01-87											
22-01-87	1	30.07	10.30	19.77	85.40	62.65	71.55	33.62	0.72	24.37	70.34
23-01-87											
29-01-87	1	25.50	10.11	15.39	85.40	55.28	67.38	27.93	0.75	20.95	91.29
30-01-87											
05-02-87	1	29.54	12.26	17.28	91.65	62.86	72.04	33.96	0.80	27.17	118.46
06-02-87											
12-02-87	1	25.04	12.68	12.36	94.15	54.61	66.97	27.43	1.05	28.80	147.26
13-02-87											
19-02-87	1	31.01	13.51	17.50	94.15	64.99	75.25	36.68	1.15	42.18	189.44
20-02-87											
26-02-87	1	31.03	13.88	17.15	94.15	64.33	74.97	36.17	1.20	43.40	232.84
27-02-87											
05-03-87	1	30.90	14.47	16.43	100.90	67.48	76.21	38.57	1.25	48.21	281.05
06-03-87											
12-03-87	1	28.41	14.50	13.91	103.60	63.75	74.97	35.84	0.80	28.67	309.71
13-03-87											
19-03-87	1	30.61	14.61	16.00	103.60	68.38	79.18	40.61	0.95	38.58	348.29
20-03-87											
26-03-87	1	35.47	18.88	19.59	103.60	69.62	88.16	46.03	0.75	34.52	382.81
27-03-87											
02-04-87	1	31.40	17.48	13.92	105.30	64.82	83.37	40.53	0.60	24.32	407.13
03-04-87											
06-04-87	0.57	28.90	16.67	12.23	62.6000	36.12	77.05	20.87	0.65	13.56	420.70

CUADRO 34. VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN CENTIMETROS DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, BLANEY CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN, HARGREAVES MODIFICADA EN 1966 Y HARGREAVES MODIFICADA EN 1983.

FRACCION SEMANAL	T R A T A M I E N T O S						BLANEY CRIDDLE	HARGREAVES MOD.	
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28		1966	1983
1	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	1.19	0.37	1.14
1	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	0.87	1.00	1.43
1	3.68	2.08	1.74	2.32	2.00	1.27	1.06	1.23	2.03
1	3.11	1.94	1.63	1.81	1.80	1.08	1.30	2.28	2.44
1	3.00	1.42	1.63	1.15	0.93	1.29	1.32	2.05	2.09
1	3.61	1.56	1.63	2.83	1.59	1.33	2.00	2.37	2.72
1	3.50	1.76	1.72	2.08	2.48	1.88	2.08	1.74	2.88
1	1.90	1.40	1.94	1.65	1.58	1.98	3.13	3.17	4.22
1	3.19	1.27	1.95	3.00	1.21	1.09	3.29	2.82	4.34
1	3.09	2.06	1.24	1.06	1.77	0.94	3.48	2.13	4.82
1	1.84	2.69	1.26	0.89	1.40	2.86	3.23	1.84	2.87
1	3.80	4.95	2.08	2.39	0.48	3.18	3.44	1.97	3.86
1	1.86	1.44	1.02	0.42	0.72	0.48	4.06	2.34	3.45
1	3.29	2.15	2.52	1.14	2.64	0.81	3.30	1.12	2.43
0.57	0.97	0.30	1.14	0.61	1.28	0.12	1.50	0.18	1.36
TOTAL	44.23	32.06	27.81	26.95	25.80	23.90	35.25	26.61	42.08

CUADRO 35. COEFICIENTES DE DETERMINACION " r^2 " DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS VERSUS FORMULAS DE BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN, HARGREAVES MODIFICADA EN 1966 Y HARGREAVES MODIFICADA EN 1983.

TRATAMIENTOS	F O R M U L A	r_c^2	r_t^2
F - 8	Blaney - Criddle	0.47	0.58
	Hargreaves 1966	0.12	0.58
	Hargreaves 1983	0.09	0.58
F - 12	Blaney - Criddle	0.34	0.58
	Hargreaves 1966	0.005	0.58
	Hargreaves 1983	0.043	0.58
F - 16	Blaney - Criddle	0.005	0.58
	Hargreaves 1966	0.013	0.58
	Hargreaves 1983	0.025	0.58
F - 20	Blaney - Criddle	0.025	0.58
	Hargreaves 1966	0.027	0.58
	Hargreaves 1983	0.00021	0.58
F - 24	Blaney - Criddle	0.038	0.58
	Hargreaves 1966	0.17	0.58
	Hargreaves 1983	0.153	0.58
F - 28	Blaney - Criddle	0.097	0.58
	Hargreaves 1966	0.002	0.58
	Hargreaves 1983	0.0006	0.58

$$r_t^2 \quad (13 \text{ G. L.}, 0.001) = 0.58$$

CUADRO 36. RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y LA EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE TIPO "A".

FECHA (SEMANAS)	EVAPO- RACION cms.	T R A T A M I E N T O S					
		F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28
		Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev	Et/Ev
26-12-86 1-01-87	2.44	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
2-01-87 8-01-87	2.57	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	
9-01-87 15-01-87	2.65	1.39	0.78	0.66	0.87	0.75	0.48
16-01-87 22-01-87	2.82	1.10	0.69	0.58	0.64	0.64	0.38
23-01-87 29-01-87	3.02	0.99	0.47	0.54	0.38	0.31	0.43
30-01-87 5-02-87	2.91	1.24	0.54	0.56	0.97	0.55	0.46
6-02-87 12-02-87	3.07	1.14	0.57	0.56	0.66	0.81	0.66
13-02-87 19-02-87	3.56	0.53	0.39	0.54	0.46	0.44	0.56
20-2-87 26-02-87	3.32	0.96	0.38	0.59	0.90	0.36	0.33
27-02-87 5-03-87	3.46	0.89	0.59	0.36	0.31	0.51	0.27
6-03-87 12-03-87	3.68	0.50	0.78	0.34	0.24	0.38	0.78
13-03-87 19-03-87	3.98	0.95	1.24	0.52	0.60	0.12	0.80
20-03-87 26-03-87	4.62	0.93	0.72	0.52	0.25	0.37	0.25
27-03-87 2-04-87	3.47	0.95	0.62	0.73	0.33	0.76	0.23
3-04-87 6-04-87	2.31	0.42	0.13	0.49	0.26	0.55	0.05

FIGURA 1: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F - B

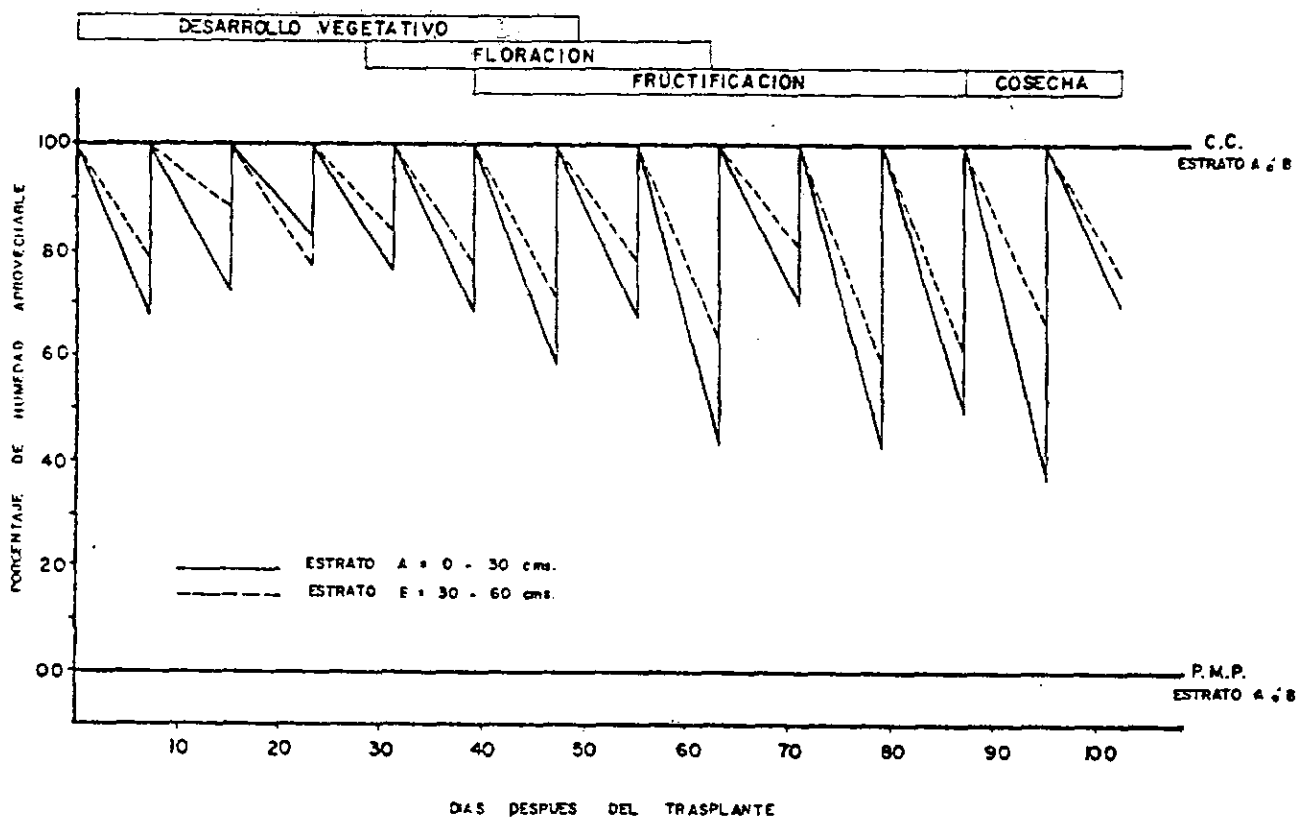


FIGURA 2: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F - 12

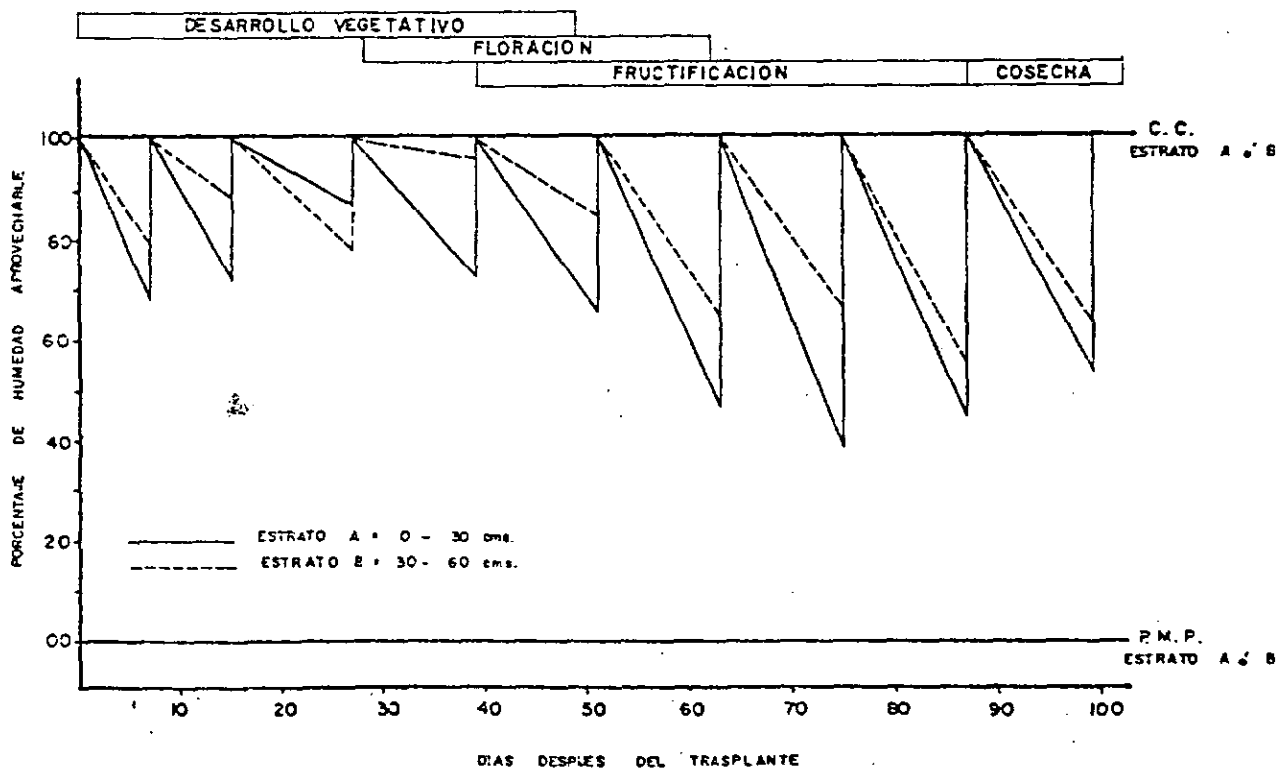


FIGURA 3. PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-16

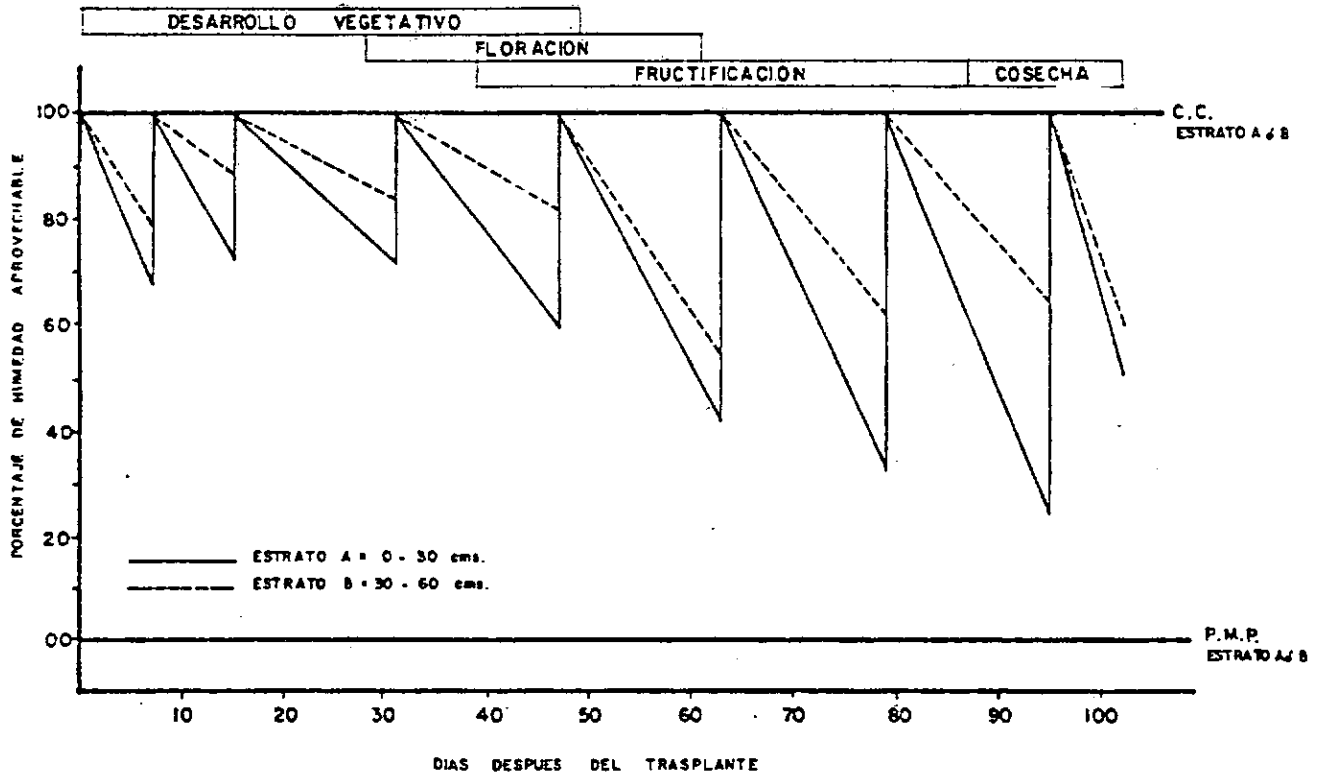


FIGURA 4. PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-20

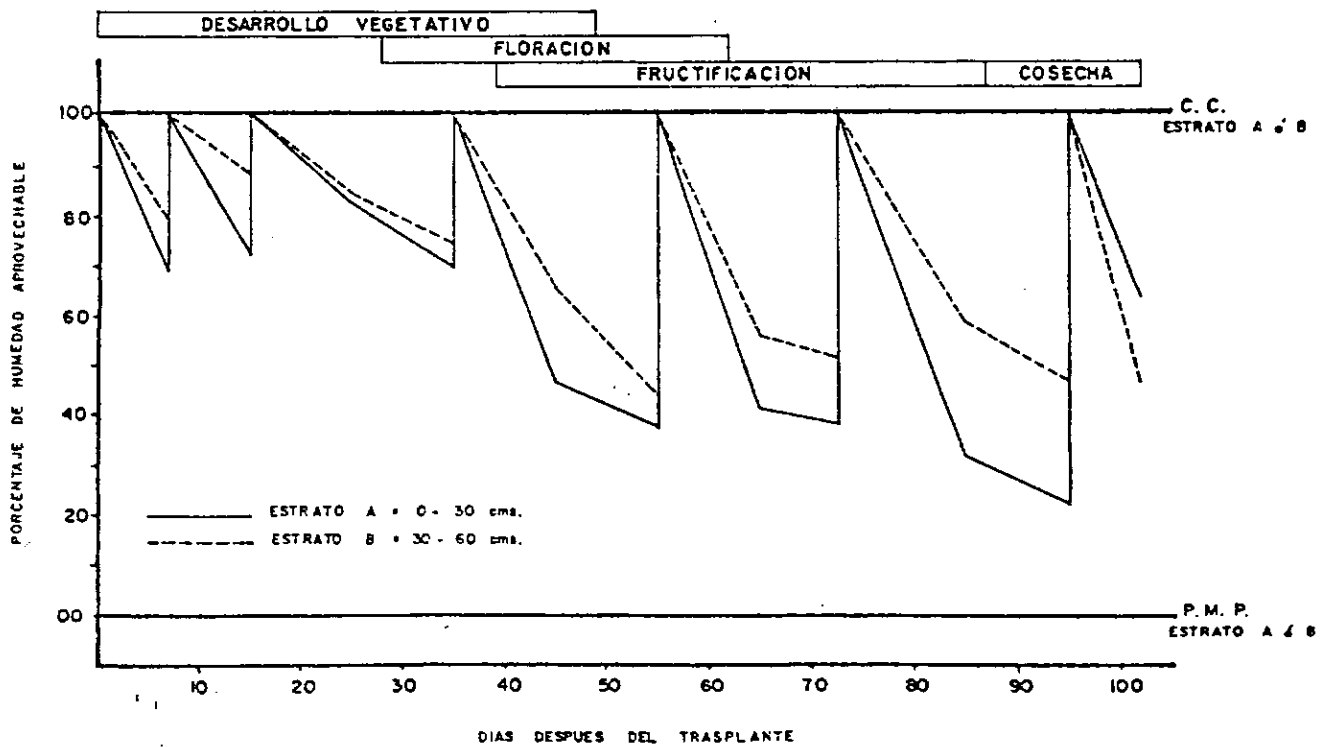


FIGURA 5 : PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F - 24

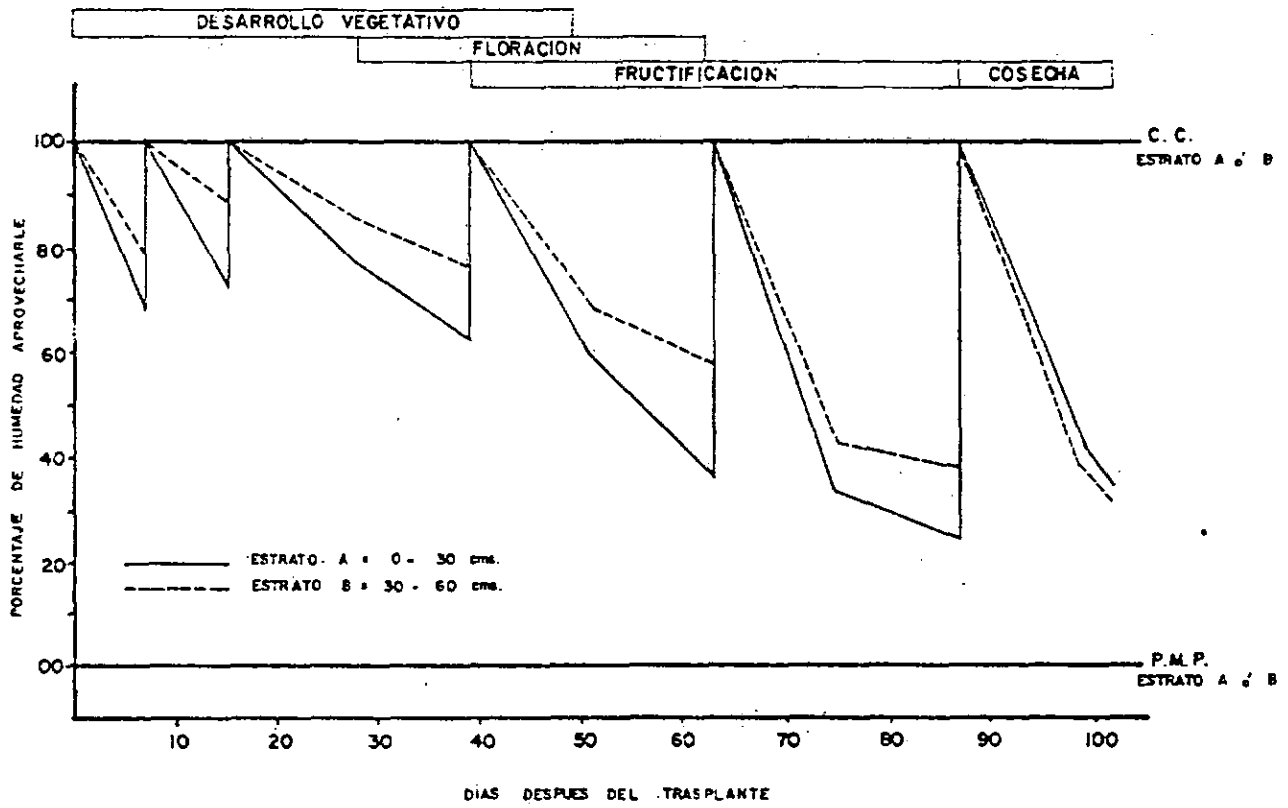


FIGURA 6 : PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F - 28

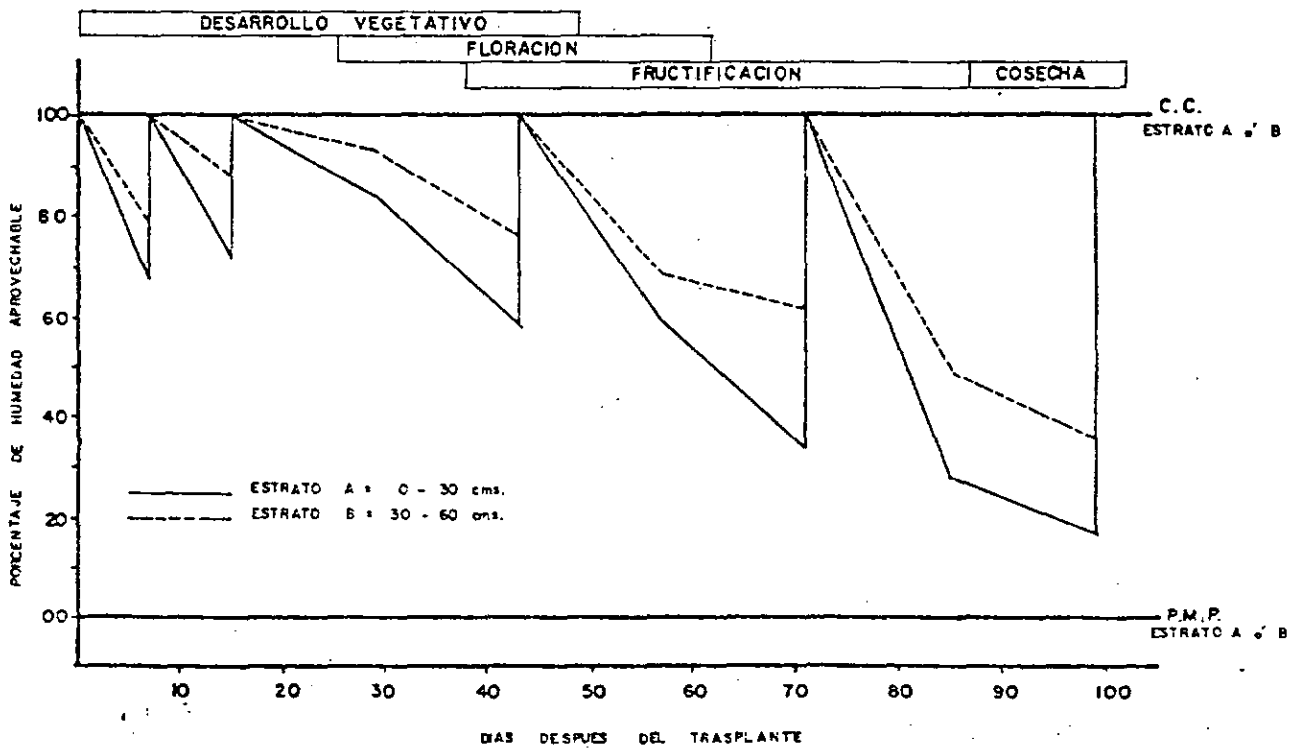
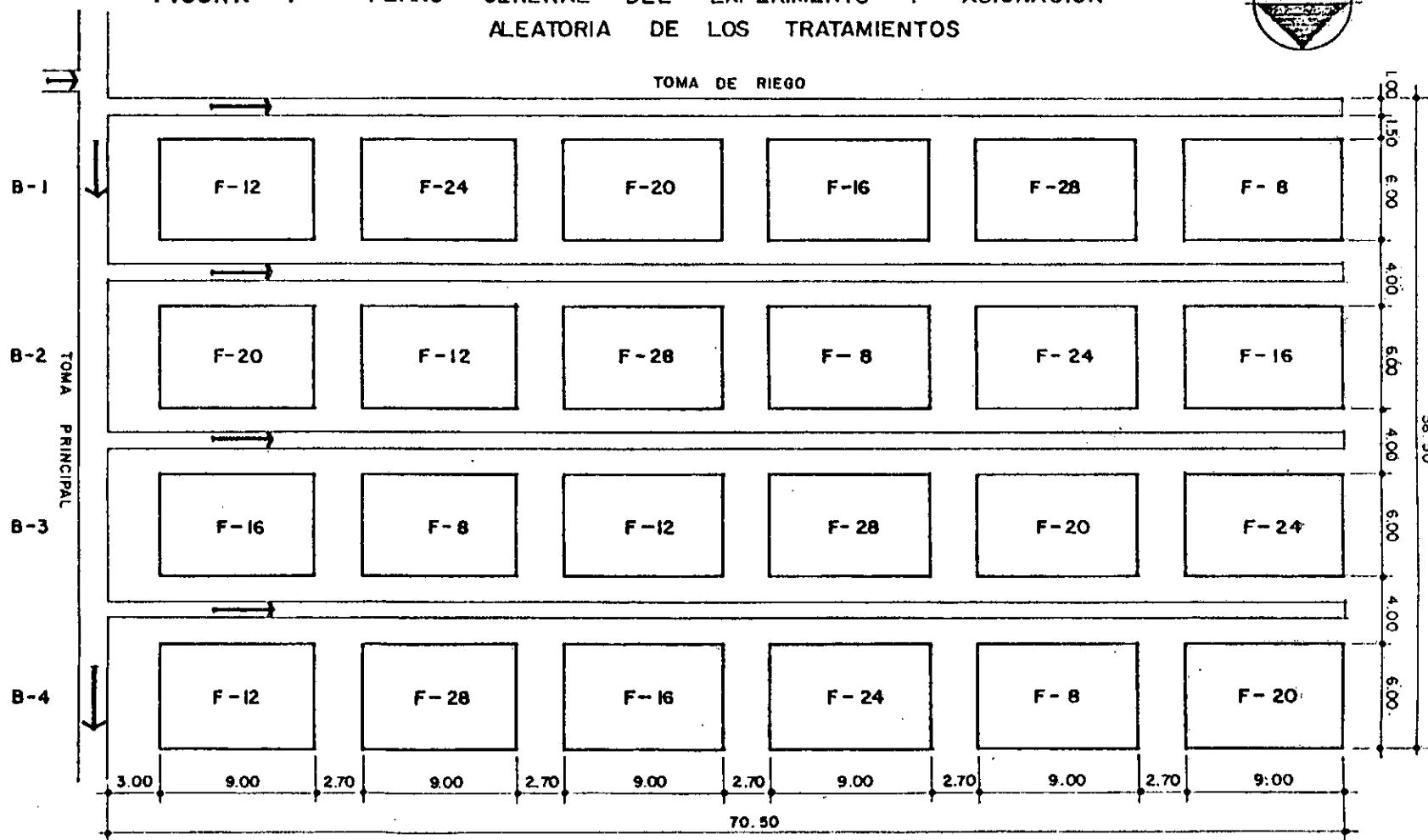


FIGURA 7: PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO Y ASIGNACION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"



ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
D E C A N O,

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central