

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**"EVALUACION DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y
EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (*Lycopersicum esculentum* L.) EN
LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO, EL PROGRESO**

TESIS

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

P O R

JUAN FRANCISCO MARROQUIN GARCIA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, ENERO DE 1991

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central**

01
T(1246)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Alfonso Fuentes Soria

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Anibal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Mynor Estrada
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	P. Agr. Alfredo Itzep M.
VOCAL QUINTO:	P. Agr. Marco Tulio Santos
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

Guatemala enero de 1991

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

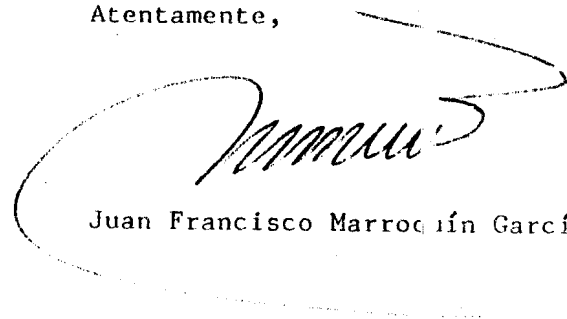
Señores Miembros:

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

**"EVALUACION DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y
EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicum esculentum L.) EN LA
UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO, EL PROGRESO"**

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

Atentamente,



Juan Francisco Marroquín García

TESIS QUE DEDICO

A: Guatemala
A: Villa Nueva
A: La Universidad de San Carlos de Guatemala
A la: Facultad de Agronomía
A la: Facultad de Ciencias Económicas
A la: Unidad de Riego "El Rancho"

ACTO QUE DEDICO

A MI MADRE:

María Margarita García Guerra
Como retribución a su esfuerzo y cariño
y a la fé permanente de superación que
siempre despositó en mí.

A MI HERMANO:

Edgar Emilio Marroquín García
Por el calor humano que siempre supo dis-
pensar, por sus ideas a las cuales entregó
su vida
Por la confianza que siempre logró incul-
carle logrando con ello el triunfo que hoy
obtengo
Por su memoria perpetua.

A MI HERMANA:

Marta Julia Marroquín García
Con mucho cariño.

A MIS SOBRINOS Y FAMILIARES EN GENERAL

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR:

Ing. Agr. Msc. Jorge Sandoval Illescas
Por su invaluable asesoría, supervisión y
revisión, y toda la ayuda desinteresada que
brindo en la elaboración de este trabajo.

A LOS INGENIEROS AGRONOMOS:

David Armando Pineda
Fredy Hernández Ola
Marco Antonio Nájera
Por su amistad y colaboración.

A LOS TRABAJADORES DE LA UNIDAD DE RIEGO "EL RANCHO"

Especialmente a Romulo Secaida, Antonio
Capul, Rodrigo Trigueros y Luis Marin
Por su estrecha colaboración en el desarro-
llo del presente trabajo.

INDICE

	PAG.
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 OBJETIVO GENERAL	4
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
4. REVISION DE LITERATURA	6
4.1 IMPORTANCIA DEL AGUA DE RIEGO Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL TOMATE	6
4.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN GUATEMALA SOBRE EL RIEGO EN EL CULTIVO DEL TOMATE	9
4.3 EVAPOTRANSPIRACION	12
4.4 METODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACION	14
4.4.1 Método de Parcelas Experimentales	15
4.4.2 Método de Blaney-Criddle	16
4.4.3 Método de Hargreaves I, II y III	18
5. METODOLOGIA	22
5.1 UBICACION DEL AREA EXPERIMENTAL	22
5.2 DESCRIPCION DEL AREA	22
5.2.1 Factores Climáticos	22
5.2.2 Factores Edáficos	23
5.3 DETERMINACIONES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO	24
5.4 MANEJO DEL CULTIVO	25
5.4.1 Almacigo o Semillero	25
5.4.2 Trasplante	26
5.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO	27
5.5.1 Período del Manejo	27
5.5.2 Trazo del Experimento	27
5.5.3 Riegos	27

	PAG.
5.5.4 Lámina de Agua a Reponer en Cada Riego	28
5.5.5 Lámina de Agua Consumida	28
5.5.6 Muestreo de Humedad	30
5.5.7 Diseño Estadístico	30
5.5.8 Variable Respuesta	31
5.5.9 Método de Análisis de Resultados	31
6. RESULTADOS Y DISCUSION	33
6.1 VARIABLES RESPUESTA	33
6.1.1 Rendimiento de Frutos Comerciales y No Comerciales	34
6.1.2 Número de Plantas Vivas al Final del Ciclo de Cultivo	36
6.1.3 Calidad Industrial del Fruto	36
6.2 USO DEL AGUA	40
6.2.1 Lámina Total de Agua Consumida y Número de Riegos en Cada Tratamiento	40
6.2.2 Agotamiento de la Humedad Aprovechable del Suelo	42
6.3 COMPARACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION MEDIDA CON LA CALCULADA POR LA FORMULA DE BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN Y HARGREAVES I, II Y III	45
6.4 CALCULO DEL COEFICIENTE "C" DE LA RELACION EVAPOTRANSPIRACION/EVAPORACION	46
7. CONCLUSIONES	48
8. RECOMENDACIONES	50
9. BIBLIOGRAFIA	51
10. APENDICE	53

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO	24
2	RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DEL SUELO	25
3	RESULTADO PROMEDIO DE RENDIMIENTO EN TM/HA DE FRUTO COMERCIAL Y NO COMERCIAL	34
4	RESULTADO PROMEDIO DE LOS FACTORES CONSIDERADOS EN EL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL DEL FRUTO	37
5	LAMINAS DE AGUA TOTAL CONSUMIDA Y NUMERO DE RIEGOS EN CADA TRATAMIENTO	41
6	RENDIMIENTO ORGANIZADO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA	54
7	ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA	54
8	PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA	55
9	RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA	55
10	ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS	56
11	RESULTADOS ORGANIZADOS DEL NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL	56
12	ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE PLANTAS VIVAS AL FINAL DEL CICLO DE CULTIVO POR PARCELA UTIL	57
13	RESULTADOS ORGANIZADOS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA GRADOS BRUX	57
14	ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRUX	58
15	RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ	58

CUADRO		PAG.
16	ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ	59
17	RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA PORCENTAJE DE PULPA	59
18	ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE PULPA	60
19	RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA POTENCIAL HIDROGENICO pH	60
20	ANALISIS DE VARIANZA PARA POTENCIAL HIDROGENICO p ^h	60
21	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LAMINA CONSUMIDA PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS DURANTE LOS RIEGOS GENERALES	61
22	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-8	62
23	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-12	63
24	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-16	64
25	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-20	65
26	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-24	66
27	CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-28	67

CUADRO		PAG.
28	CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN	68
29	CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POR LAS FORMULAS DE HARGREAVES I, II Y III	69
30	VALORES DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN CENTIMETROS DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN Y HARGREAVES I, II Y III	70
31	COEFICIENTES DE DETERMINACION "r " DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Vrs. FORMULA DE BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN, HARGREAVES I, II Y III	71
32	RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y LA EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE TIPO "A"	72
33	LA RADIACION EXTRA-TERRESTRE R_a EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE EVAPORACION, EN MM/DIA	73
34	COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)	74

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
1	PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-8	75
2	PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-12	76
3	PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-16	77
4	PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-20	78
5	PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-24	79
6	PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-28	80
7	PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO Y ASIGNACION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS	81

EFFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicum esculentum L.) EN LA UNIDAD DE RIEGO "EL RANCHO", EL PROGRESO

EFFECT OF SIX IRRIGATION FREQUENCIES IN THE YIELD AND EVAPOTRANSPIRATION OF TOMATOE (Lycopersicum esculentum L.) IN THE IRRIGATION DISTRICT "EL RANCHO", EL PROGRESO

R E S U M E N

El presente estudio sobre la Evaluación de Seis Frecuencias de Riego en el Rendimiento y Evapotranspiración del Cultivo del Tomate (Lycopersicum esculentum L.) se realizó en la Unidad de Riego El Rancho, El Progreso; de octubre de 1989 a febrero de 1990. Los intervalos de riego fueron de 8,12,16,20,24 y 28 días, empleándose un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones y 24 parcelas experimentales. La textura del suelo es franco-arenosa.

El consumo hídrico fue medido en forma directa, comparándose con el estimado por las formulas de Blaney-Criddle, modificada por Phelan, Hargreaves I, II y III. Además se obtuvieron coeficientes "C" relacionando la evapotranspiración medida en el campo con la evaporación del tanque evaporímetro.

El efecto de las frecuencias evaluadas se midió en las variables respuesta: rendimiento de frutos comerciales y no comerciales, número de plantas vivas al final del ciclo del cultivo y calidad del fruto analizado. En el rendimiento de frutos comerciales los tratamientos regados cada 8,12,16 y 20 días no ofrecieron diferencias estadísticamente signifi-

cativas entre sí, también en ninguna de las frecuencias aplicadas hubo efecto sobre el rendimiento de fruto no comercial.

En los tratamientos la evapotranspiración fue mayor en aquellos que fueron regados con intervalos más cortos y la mayor cantidad de agua consumida fue en la etapa de fructificación y cosecha; la evapotranspiración medida en el campo fue diferente a la estimada mediante las formulas, por lo tanto se concluye que ninguno de los métodos indirectos calculados se adapta a la región.

El coeficiente "C" en las etapas fenológicas fue de 0.54 para el desarrollo vegetativo, 0.51 para la floración, 0.66 para fructificación y 0.80 para la etapa de cosecha.

Se recomienda regar cada 8,12 o 16 días y continuar con este tipo de estudios en la región, también se recomienda seguir afinando los coeficientes obtenidos en este trabajo.

1. INTRODUCCION

En algunas áreas de la zona oriental y nor-oriental de Guatemala, la superficie cultivada de hortalizas se ha incrementado notablemente como consecuencia de la aplicación de agua para riego; sin embargo, la utilización de este recurso no es eficiente, pues no se cuenta con suficiente información sobre la cantidad y la frecuencia en que se debe aplicar a fin de lograr el uso más racional, sin merma de rendimientos en los cultivos.

Entre las Unidades de Riego operadas por la Dirección General de Servicios Agrícolas -DIGESA-, se encuentra la Unidad de Riego "El Rancho", ubicada en el departamento de El Progreso; la cual tiene entre sus principales cultivos el tomate, siendo la superficie de siembra de aproximadamente 100 hectáreas. No obstante esto, la tecnología empleada es insuficiente y la aplicación de riego como componente de este paquete es empírica. En la mayoría de casos se aplica un exceso de agua en las parcelas, lo que trae consigo problemas de drenaje, lavado de nutrientes, incidencia de enfermedades y lo que es más importante, la disminución de área potencial a regar.

En el presente trabajo se estudió el efecto de seis frecuencias de riego, evaluándose el rendimiento de fruto comercial y no comercial,

número de plantas vivas al final del ciclo y calidad industrial del fruto.

Además, se midió en forma directa la evapotranspiración, verificándose la adaptabilidad de la fórmula de Blaney-Criddle modificada por Phelan y las de Hargreaves I, II y III. También se determinaron los coeficientes de la relación evapotranspiración/evaporación para diferentes etapas de desarrollo del cultivo. En el estudio se trabajó con tomate (Lycopersicon esculentum L.) variedad UC-82 y las variables a estudiar fueron las frecuencias de riego 8, 12, 16, 10, 24 y 28 días, que se arreglaron en un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones.

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) ha realizado una serie de experimentos en frecuencias de riego y evapotranspiración, de las cuales cinco han sido desarrolladas en tomate, en diversas regiones del país, el presente trabajo es uno más de esta línea de investigación que contribuirá a que el uso del recurso agua, que cada día es más escaso, sea utilizado más eficientemente.

2. HIPOTESIS

- 2.1 El riego aplicado con las frecuencias de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, indicará en los rendimientos del cultivo del tomate.
- 2.2 La evapotranspiración o consumo de agua por el cultivo, será diferente en los tratamientos regados por distinto intervalo de riego.
- 2.3 La evapotranspiración obtenida en el campo en cada frecuencia de riego, será diferente del valor evapotranspiración estimada con las formulas de Blaney-Criddle modificada por Phelan y las de Hargreaves I, II y III.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo del tomate para la época y condiciones de la Unidad de Riego "El Rancho".

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.2.1 Determinar la frecuencia de riego más apropiada para el cultivo del tomate en la Unidad de Riego.
- 3.2.2 Determinar la evapotranspiración total del ciclo del cultivo en cada tratamiento.
- 3.2.3 Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.
- 3.2.4 Comprobar la adaptabilidad de las formulas de Blaney-Criddle modificado por Phelan y las de G.H. Hargreaves I, II y III, para estimar la evapotranspiración de la zona en estudio.

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

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 IMPORTANCIA DEL AGUA DE RIEGO Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL TOMATE

Entre las prácticas agrícolas, el riego se ha constituido como una operación que determina el resultado obtenido en un cultivo, pues sirve para satisfacer las necesidades de agua en las plantas. Para el agricultor que hace uso de este recurso es un requisito necesario para obtener buenas cosechas en clima seco, a la par del empleo de otras prácticas agrícolas como son la aplicación de fertilizantes, control de malas hierbas y pestes destructivas, las labores de cultivo y un buen drenaje. (18)

En investigaciones hechas respecto al cultivo del tomate y su acondicionamiento en diversos medios, Casseres (3) indica que "el tomate se da bien en regiones áridas y semiáridas con irrigación; aunque soporta alguna sequía transitoria, si se somete a la plantación con frutos ya formados a períodos largos sin suficiente agua, hay propensión a la pudrición negra basal en los frutos, o bien si éstos están maduros se rajan como consecuencia del riego después del período seco".

El tomate prospera en aquellos climas cálidos y soleados, siendo la temperatura óptima mensual para su desarrollo de 21 a 24 centígrados; las altas temperaturas y vientos secos dañan las flores y entonces el fruto no cuaja bien. (1)

Para la producción eficiente de esta hortaliza, se requiere que siempre haya una humedad adecuada, si el agua se torna en un factor limitante en alguna época del crecimiento, la producción se efecta adversamente. En tomate se pueden usar varios métodos de irrigación, pero quizás el más deseable es el de irrigación superficial, que permite mantener el follaje seco, ya que el agua sobre el follaje ayuda al desarrollo y diseminación de los agentes patógenos. (3)

Es deseable que el suelo contenga suficiente humedad cuando va a empezar la época de maduración, luego se puede dejar a un mínimo las irrigaciones subsiguientes, las cuales en todo caso deben humedecer completamente el suelo hasta la profundidad alcanzada por las raíces. (3)

Se han realizado muchos trabajos experimentales sobre el efecto del riego. En general se sabe que la intensidad y frecuencia varía según el tipo de suelo y el tipo de plantación, así por

ejemplo según estudios de Moore, Kattan y Fleming (1958), la irrigación suplementaria ha dado mejores resultados con tomates a espaciamientos cercanos, cuando la humedad disponible del suelo se mantuvo cerca del 50%. (3)

En sí, la necesidad de agua de los cultivos es muy variable, el requerimiento de agua varía grandemente tanto entre diferentes tipos de plantas como entre las de un mismo tipo, también varía con las condiciones naturales, incluyendo el clima, la cantidad y distribución de lluvia y la clase de suelo y subsuelo, de esta manera el riego no tiene resultado por sí solo, sino que afecta provechosa o desfavorablemente a las otras operaciones, dependiendo de la habilidad con la que se aplica, funciona en armonía con el sistema de drenaje, proporcionando aire y humedad a las raíces de las plantas o bien sobrecarga este mismo sistema y a la larga lo destruye. (18)

En las zonas donde existe clima seco, considerado el clima seco como aquel en el que las lluvias naturales no son suficientes para satisfacer las necesidades de agua de las plantas, durante todo el año o parte de él (18), la aplicación de riego es indispensable.

En Guatemala la zona oriental y nor-oriental, en las cuales se dan estas condiciones, el cultivo del tomate ha cobrado mucho auge en los últimos años, ya que cada vez es mayor el área dedicada al cultivo, no obstante los estudios realizados son escasos, dificultando el manejo adecuado de agua en las diferentes regiones agrícolas del país. (17)

En un trabajo presentado por Soberanis (16), en la Unidad de Riego El Rancho, determinó consumos que variaban entre 232 a 627 milímetros en suelo arenoso, para los meses de octubre a febrero. Barillas (2) realizando estudios en suelos franco arcillosos arenosos y para suelos arcillosos en el Valle de La Fragua, Zacapa, encontró consumos de 506.3 milímetros y 409.6 milímetros respectivamente. Zea (19), por su parte en su investigación con suelos de la serie Chicaj con textura arcillosa en la misma zona, determinó láminas de consumo que variaban de 281 a 369 milímetros.

4.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN GUATEMALA SOBRE EL RIEGO EN EL CULTIVO DEL TOMATE

Soberanis (16), en su trabajo sobre el efecto de cinco frecuencias de riego en tomate realizado en la Unidad "El Rancho", obtuvo diversos rendimientos, los cuales oscilaban entre 23.77 y

23.64 toneladas métricas por hectárea. Estos resultados dentro del mismo experimento no presentaban diferencia estadísticamente significativa, si bien la lámina total de agua consumida o evapotranspiración en los valores que se obtuvieron osciló entre 62.7 cms. para el tratamiento en el cual se aplicó riego cada 8 días y 23.2 cms. para el tratamiento con intervalo de 20 días.

Zea (19), estudiando también 5 frecuencias de riego en las condiciones de La Fragua, Zacapa, logró rendimientos entre 43.7 y 30.2 toneladas métricas por hectárea, para las frecuencias de 8, 12, 16, 20 y 24 días. En los 4 primeros intervalos de riego no hubo una diferencia estadísticamente significativa en los rendimientos obtenidos; sin embargo, en la aplicación donde el espaciamiento entre riego fue mayor y en el cual se aplicaron 4 riegos durante todo el ciclo, el rendimiento disminuyó.

Andrino (), en su estudio en suelo franco-arcilloso-arenoso en La Fragua, Zacapa y evaluando cinco frecuencias de riego, determinaron que no existe diferencia significativa en el rendimiento, al regar cada 8, 12, 16 y 20 días. En la aplicación con intervalo de 24 días fue el único tratamiento en el cual sí existió esta diferencia, dado el bajo rendimiento obtenido.

Oliva (13) experimentando en seis frecuencias de riego en suelo franco-arcilloso en Guastatoya El Progreso, obtuvo bajos rendimientos en los distintos tratamientos que realizó, lo que probablemente haya sido el resultado de la presencia de sodio en el suelo.

En este estudio ya se agrega la frecuencia de 28 días entre riego y riego, lo que por el bajo rendimiento obtenido mostró una diferencia significativa respecto a los otros.

La lámina de agua consumida en este experimento varió entre cada tratamiento y en aquel donde los riegos fueron más frecuentes, se consumieron 34.1 cms. hasta bajar a 20.9 cms., que fue lo consumido en el tratamiento donde los riegos fueron hechos en un período más largo.

Orozco (14), en su investigación realizada en San Jerónimo Baja Verapaz, encontró que la aplicación de frecuencias de riego de 8, 12, 16, 20 y 28 días no tiene influencia estadísticamente significativa sobre los rendimientos de fruto en toneladas métricas por hectárea. De una manera similar a los resultados obtenidos en los estudios anteriores, la variación en los valores

de agua consumida fue apreciable, lo que sin embargo no influyó para lograr una diferencia significativa en el producto.

En general, de los trabajos citados, podemos concluir que a medida que el intervalo en el riego aumenta, la lámina consumida decrece, si en el suelo existe más disposición de agua, las plantas tenderán a consumir más.

En todos los experimentos mencionados anteriormente, la calidad industrial del fruto no se vió afectada por las diferentes frecuencias de riego usadas.

4.3 EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración resulta de la suma de evaporación del agua del suelo y de la transpiración de las plantas (12). La evaporación es un proceso por el cual el agua se evapora del terreno adyacente, ya sea por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de la planta; la transpiración resulta del desprendimiento del agua en forma de vapor de las hojas de las plantas, la cual ha sido absorbida desde el suelo y llevada a través de los tallos hasta la superficie foliar de donde pasa a la atmósfera. (12)

El volumen de agua que se ha transpirado dependerá de la radiación solar y terrestre, de la temperatura del aire, de la humedad relativa y del viento.

Grassi citado por Orozco (14), menciona dos tipos de evapotranspiración, evaporación potencial y evapotranspiración real, en el primero de los casos es la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta totalmente de vegetación de escasa altura en activo crecimiento y sin restricción de humedad, en el segundo caso, es igual a la evapotranspiración potencial modificada por un coeficiente " K_c ", el cual toma en cuenta el efecto de la relación de agua-suelo-planta.

La ecuación de evapotranspiración real puede expresarse en función de la evapotranspiración potencial como sigue:

$$ET_R = Etp \times Kc$$

donde:

ET_R = Evapotranspiración real

Etp = Evapotranspiración potencial

Kc = Coeficiente que toma el efecto de la relación agua-suelo-planta

Según la anterior ecuación, la evapotranspiración real por medio del coeficiente " K_c ", considera el efecto físico-fisiológico que se deriva de la planta y el suelo, mientras que la evapotranspiración potencial incluye aspectos de orden físico que dependen del clima. (17)

4.4 METODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración se puede determinar por los siguientes métodos:

Métodos Directos:

Estos proporcionan la evapotranspiración a través de medidas, pudiéndose obtener en el mismo lugar donde se localicen los aparatos con que se realice, para esto se pueden utilizar los siguientes métodos y aparatos: lísimetros, evapotranspirometros, atmómetros, parcelas experimentales, estudios sobre humedad del suelo y métodos de integración, métodos de entradas y salidas.

(11) También se mencionan otros como tensiometros y los instrumentos a base de resistencia eléctrica (19), además los bloques porosos de resistencia y el método de dispersión de neutrones. (4)

Métodos Indirectos:

Los métodos indirectos se basan en datos climáticos y formulas empíricas para calcular la evapotranspiración de cualquier cultivo, se valen así mismo de tablas con valores para constantes y coeficientes. Las formulas más conocidas son: Penman, Blaney-Criddle, Hargreaves, Jensen, Grassi-Christianean, Lowry-Jhonson y Tanque tipo "A". (6)

En el presente trabajo se utilizaron los métodos que a continuación se describen:

4.4.1 Método de Parcelas Experimentales:

Es un método directo para medir la evapotranspiración real. En este método se establecen parcelas en el terreno donde se realizará determinaciones de humedad, después de regar y antes de regar, controlándose mediante muestreos con barreno en distintos lugares, para lo cual se extraen muestras de terreno a diferentes profundidades y en diversos puntos de la parcela. Estas muestras se realizan antes y después de cada riego, debiendo pesar 100 a más gramos, posteriormente se secan en horno a 110 grados centígrados por 24 horas y se pesan nuevamente, la pérdida de peso dividido por el peso del suelo secado,

multuplicado por 100 dá el porcentaje de humedad referido al suelo seco. (14)

En general Israelsen y Hanseen (17), consideran que las medicas obtenidas de esta forma son más reales que las que se logran con tanques y lísimetros (17).

La necesidad de tomar muestras en varios lugares representativos de la zona se hace con el fin de tener más precisión (1).

4.4.2 Método de Blaney-Criddle:

Se basa en temperatura y horas luz mensuales, se desarrolló al relacionar los valores reales de uso consuntivo con la temperatura mensual (T) con el porcentaje mensual de las horas de brillo solar. La evapotranspiración real se puede calcular usando la formula:

$$ET_R = K.F.$$

Para un ciclo de "n" meses

$$ET_R = \sum_{i=1}^n (k_x f) = K \times F$$

Donde:

- ET_R = evapotranspiración durante todo el ciclo
 k = coeficiente mensual del cultivo
 f = factor de uso consuntivo mensual
 K = Coeficiente del cultivo para el ciclo vegetativo
 F = Suma de los factores mensuales de uso consuntivo

Para la temperatura en grados centígrados y evapotranspiración en mm/mes "f" se calcula así:

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

Donde:

- p = porcentaje mensual de horas luz respecto al total anual
 t = temperatura media anual mensual en grados centígrados

El método de Blaney-Criddle, fue modificado por J.T. Phelan.

Esta modificación propuesta consiste en determinar el coeficiente de desarrollo "Kc" del cultivo, por medio de tablas ya elaboradas. Estos coeficientes de desarrollo no se aplican directamente en los valores de "f" sino en

los productos de f_{kt} , en donde K_t es el coeficiente de temperatura, se calcula con la fórmula siguiente:

$$K_t = 0.03144T + 0.2396$$

4.4.3 Método de Hargreaves I, II y III:

Las investigaciones realizadas por George C. Hargreaves (8), han sido orientadas a la determinación de evapotranspiración de los cultivos por medio de las fórmulas empíricas y simples. La fórmula propuesta originalmente por Hargreaves (1956) permite calcular el uso del agua por la planta, en función de diversos factores climáticos; esta fórmula posteriormente fue corregida agregándole otros factores adicionales.

En 1977 y años subsiguientes Hargreaves ha formulado las ecuaciones para calcular la evapotranspiración potencial. En la actualidad son las recomendadas por dicho investigador y son las que se usaron en este experimento. Estas fórmulas se han utilizado en diversos trabajos de tesis de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (15)

4.4.3.1 Formula de Hargreaves I:

En 1977 Hargreaves publicó un artículo (8) en el cual presentó la formula para obtener la evapotranspiración potencial, ésta se presenta a continuación:

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

Donde:

ETp = Evapotranspiración potencial

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

Rmed= Temperatura media mensual (°C)

HRmed= Humedad relativa media mensual (%)

4.4.3.2 Formula de Hargreaves II:

En un estudio (9) sobre la estimación de la evapotranspiración y requerimientos de los cultivos (1983), Hargreaves presentó la formula siguiente:

$$ETp = 1.24 \times 10^{-3} Ra (Tmax - Tmin)^{0.5} \\ (1.8 Tmex + 32)$$

Donde:

ETp = Evapotranspiración potencial

Ra = Radiación extraterrestre expresada en
equivalente de evaporación (mm/día) de
acuerdo a la latitud del lugar y mes

Tmax = Temperatura máxima promedio mensual
(°C)

Tmin = Temperatura mínima promedio mensual
(°C)

Tmed = Temperatura media anual (°C)

4.4.3.3 Formula de Hargreaves III:

La formula más reciente de Hargreaves para estimar la evapotranspiración potencial fue publicada en 1986, (10) siendo de la forma siguiente:

$$ETp = 0.0023 Ra(Tmax - Tmin) [(Tmax + Tmin) + 17.8]$$

Donde:

ETp = Evapotranspiración potencial

Ra = Radiación extraterrestre en equivalente
de evaporación (mm/día) de acuerdo a la
latitud del lugar y mes

Tmax = Temperatura máxima promedio mensual (°C)

Tmin = Temperatura mínima promedio mensual (°C)

Para calcular la Evaporación Real (ET_R) a partir de la potencial (Etp) de Hargreaves se usan los coeficientes de cultivo Kc dados por la FAO en el documento de la serie de riego y drenaje No. 33 (5).

$$ET_R = Etp \times Kc$$

En el Cuadro 34 del Apéndice se encuentran estos coeficientes.

5. METODOLOGIA

5.1 UBICACION DEL AREA EXPERIMENTAL

El estudio se realizó en la Unidad de Riego "El Rancho", ubicada en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y El Júcaro del departamento de El Progreso. Esta Unidad está a la altura del kilómetro 85 de la capital de Guatemala, sobre la ruta al Atlántico (16). Geográficamente se encuentra limitada al norte por el río Motagua, al sur por una red montañosa, al poniente por la Aldea El Rancho y al oriente por el río Tambor; sus coordenadas son:

14 56' latitud norte

89 05' longitud oeste

La Unidad forma parte del Valle de La Fragua (17).

5.2 DESCRIPCION DEL AREA

5.2.1 Factores Climáticos:

La altitud a la que se localiza el área es a 260 metros sobre el nivel del mar, predominando un clima cálido seco, la precipitación es escasa y mal distribuída, debido

al efecto que ejercen las condiciones orográficas en que se ubica, la lluvia se distribuye principalmente en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, alcanzando los 700 mm como promedio anual. En lo que se refiere a la temperatura, la mínima es de 24 C° y la máxima de 29.7 C°. La humedad relativa alcanza un promedio de 63% (16, 17).

5.2.2 Factores Edáficos:

Los suelos son de origen aluvial, formados por depósitos del río Motagua, cuenta con buen drenaje y una textura arenosa, la reacción ligeramente alcalina y el contenido de materia orgánica es de 1.37%.

En este suelo el horizonte "A" es de textura media, con una moderada capacidad de retención de humedad y el horizonte "B" de textura gruesa. La topografía es ligeramente ondulada y el desnivel con que cuenta es de 1 a 3% hacia el río Motagua (17).

5.3 DETERMINACIONES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO

Para hacer el análisis físico, se tomaron muestras del área experimental en los estratos de 0-30 cms. y 30- 60 cms. el análisis fue realizado por el Laboratorio de Suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento -DIRYA-, determinando textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos.

CUADRO 1: PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

Estrato Cms.	Textura	Densidad Aparente	Capacidad de Campo	P.M.P.
0-30	Franco arenoso	1.30	26.15 %	14.32%
30-60	Franco arenoso	1.28	24.15 %	17.25%

Para el análisis químico del suelo se tomaron varias submuestras de la totalidad del área, luego se homogenizaron en una muestra compuesta y fueron enviados al Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA- obteniendo las recomendaciones en cuanto a los requerimientos de fertilización.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

CUADRO 2: RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

pH	MICROGRAMOS/ML		MEQ/100 ml DE SUELO	
	P	K	Ca	Mg
630	750	150	9.73	1.85

5.4 MANEJO DEL CULTIVO

Las prácticas agrícolas en el cultivo fueron de acuerdo a las recomendaciones del Programa de Hortalizas del ICITA.

La variedad con que se trabajó es la UC-82, por ser una de las más usadas en la zona y en la mayor parte del país.

5.4.1 Almacigo o Semillero:

El establecimiento del semillero fue en un tablón de 17 metros de largo por 1 metro de ancho y 0.20 metros de altura, la tierra fue bien mullida y desinfectada con

Bromuro de metilo o PCNB, a fin de evitar el ataque de hongos. para el control de insectos del suelo se utilizó Volatón al 5%.

La siembra en el almácigo se realizó en surcos separados a 10 centímetros, en forma de chorrillo ralo y a una profundidad de 1 centímetro.

5.4.2 Trasplante:

El trasplante fue entre 20 y 25 días después de la germinación. para lo cual se aplicó un riego previo a la colocación de cada planta; la siembra fue a surco sencillo y a una distancia de 0.25 metros entre cada una.

El control de plagas y enfermedades se realizó semanalmente con mezcla de insecticidas y fungicidas de una manera preventiva; también se hicieron limpiezas manuales y la fertilización fue siguiendo las recomendaciones según el análisis químico. Se cosechó semanalmente y cuantificó el tomate en toneladas métricas.

5.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

5.5.1 Período de Manejo:

Estuvo comprendido entre el tiempo que tardó el ciclo del cultivo o sea aproximadamente cuatro meses y medio, comprendiendo este período desde la siembra del cultivo (semillero) hasta el final de la cosecha.

5.5.2 Trazo del Experimento:

El tamaño de las parcelas fue de 9 x 6 metros, delimitando cada una y posterior al surqueado se contaron 10 surcos necesarios en cada una. También se dejaron 3 metros de separación entre cada bloque y 4 metros entre parcelas, la distancia entre parcelas y las tomas secundarias fue de 1.50 metros. El área del lote experimental en su totalidad fue de 2,114 metros, en la Figura 7 del Apéndice, se presenta el Plan General del Experimento y la Asignación Aleatoria de los Tratamientos.

5.5.3 Riegos:

Los riegos se realizaron por el método de surcos, tomando el agua de una toma principal a tomas secundarias esta-

blocidas entre cada bloque, para lo cual se utilizaron silones plásticos calibrados de 1 pulgada de diámetro, para la entrega de riego a cada parcela.

5.5.4 Lámina de Agua a Reponer en Cada Riego:

Para satisfacer este requerimiento se necesitarán los siguientes datos:

- Porcentaje de humedad del suelo antes del riego (% HAR)
- Porcentaje de humedad a capacidad de campo (% HCC)
- Densidad aparente del suelo (D_a gr/cc)
- Profundidad del estrato (P_e)

Los anteriores datos ya obtenidos se usaron en la siguiente formula:

$$L_r = \left[\frac{\% \text{ HCC} - \% \text{ HAR}}{100} \right] (D_a) (P_e)$$

5.5.5 Lámina de Agua Consumida:

Esta se calculó para un período determinado, usando valores de porcentaje de humedad después del riego y antes del siguiente, según la formula:

$$Lc = \left[\frac{\% \text{ de HDR} - \% \text{ HAR}}{100} \right] (Da) (Pe)$$

Donde:

Lc = Lámina de agua consumida en centímetros

% HDR = Porcentaje de humedad después del riego

% HAR = Porcentaje de humedad antes de riego

Para el establecimiento de la plantación se hicieron 3 riegos en un período de 15 días con intervalo de 7 y 8 días posterior al trasplante. También en este período se registraron datos del contenido de humedad para calcular la lámina de agua a aplicar en cada riego y la lámina de agua consumida.

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

5.5.6 Muestreo de Humedad:

Para el muestreo se empleó un barreno helicoidal, sacando 3 muestras por parcela a la profundidad de 0-30 cms. y otras 3 muestras a la profundidad de 30-60 cms., los puntos de muestreo se tomaron al azar antes y después del riego. Antes del riego se muestrearon con anticipación de 24 horas y después del riego 48 horas; teóricamente a este tiempo se alcanza el porcentaje de humedad de capacidad de campo.

5.5.7 Diseño Estadístico:

Se usó el diseño de bloque al azar, siendo su modelo estadístico 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

Los tratamientos evaluados fueron 6 con 4 repeticiones, las frecuencias fueron de 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días, a las cuales se les designa en este documento con F-8, F-12, F-16, F-20, F-24 y F-28 respectivamente.

5.5.8 Variables Respuesta:

Las variables respuesta medidas fueron:

- Rendimiento de fruto (comercial y no comercial)
- Número de plantas vivas al final del ciclo
- Análisis de calidad del fruto

5.5.9 Método de Análisis de Resultados:

Los resultados obtenidos fueron analizados por medio del método de análisis de varianza y la Prueba de Tuk y al 5% de significancia. Esta prueba se aplicó en aquellos casos en que el ANDEVA resultó significativo.

Los valores de tasa de evapotranspiración semanal calculados con la formula Blaney-Criddle y Hargreaves I, II y III, se verificaron por medio de un análisis de correlación con los valores de la evapotranspiración medida en el campo a fin de determinar que porcentaje de valores de evapotranspiración calculados (variable independiente) es explicado por el modelo de regresión lineal simple ($Y = b_0 + b_1x$), para este análisis se consideró un nivel de significancia del 1%.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presenta la discusión de los resultados dividida en cuatro partes: La primera se refiere a los resultados y análisis de las variables respuesta que se utilizaron para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos. La segunda parte comprende el análisis del uso del agua por las plantas, la tercera comprende una comparación en los resultados de evapotranspiración medida en cada tratamiento, con los calculados por las formulas de Blaney-Cridlle y Hargreaves y en la última parte se efectúa un cálculo de los valores del coeficiente "C" obtenidos en la relación evapotranspiración medida en el campo, con la evaporación de agua en el tanque evaporimetro tipo "A".

6.1 VARIABLES RESPUESTA

En este subcapítulo se discutirán los resultados obtenidos para las variables rendimiento en toneladas métricas por hectárea de fruto comercial y no comercial, número de plantas vivas al final del ciclo de cultivo por parcela útil y la calidad industrial del fruto.

6.1.1 Rendimiento de Frutos Comerciales y no Comerciales:

En el Cuadro 3 se observa el rendimiento de frutos, tanto comercial como no comercial, siendo este último aquel en el que se encontró algún daño, por mínimo que fuera.

**CUADRO 3: RESULTADO PROMEDIO DE RENDIMIENTO EN TM/HA.
DE FRUTO COMERCIAL Y NO COMERCIAL**

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO EN TM/HA.	
	COMERCIAL	NO COMERCIAL
F-8	27.99	3.16
F-12	27.43	2.33
F-16	30.16	2.60
F-20	23.71	2.29
F-24	19.47	1.76
F-28	14.48	1.22

El rendimiento de frutos comerciales más alto, se encuentra en el tratamiento regado cada 16 días, habiéndose obtenido más de 30 toneladas métricas por hectárea; este resultado excede escazamente a los rendimientos de los tratamientos F-8 y F-12, lo que puede deberse a la etapa de desarrollo en el que se aplicaron los riegos a cada tratamiento.

En los tratamientos F-20, F-24 y F-28, el rendimiento decrece invariablemente a medida que se alarga el intervalo de riego. El promedio más bajo en producción de tomate comercial y no comercial es en la frecuencia de 28 días con 14.48 TM/Ha. y 1.22 TM/Ha. respectivamente.

Los resultados organizados por tratamiento y repetición, así como el análisis de varianza y la prueba de Tukey se presentan en los Cuadros 6 al 10 del Apéndice. En este análisis para el rendimiento de frutos comerciales, se encontró diferencia significativa, por lo que se procedió a efectuar una prueba de Tukey al 5% de significancia, obteniéndose que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos F-8, F-12, F-16 y F-20, en los cuales se obtienen mayores rendimientos. Por otro lado, se tiene que estadísticamente los tratamientos F-24 y F-28 no presentan diferencia entre sí y a la vez son los que ofrecieron menores rendimientos.

En el análisis de varianza del rendimiento de frutos no comerciales en TM/Ha. no hay diferencia estadísticamente significativa, entre todos los tratamientos.

6.1.2 Número de Plantas Vivas al Final del Ciclo de Cultivo:

En el Cuadro 11 del Apéndice se presenta el número de plantas vivas al finalizar el ensayo; según el análisis de varianza presentado en el Cuadro 12, se obtuvo que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, por lo que se concluye que no existió mortalidad de plantas como efecto del riego.

6.1.3 Calidad Industrial del Fruto:

En el Cuadro 4 se presentan los resultados promedio obtenidos en los factores utilizados para determinar la calidad del fruto, los cuales son: grados brix, pH, porcentaje de acidez y porcentaje de pulpa.

Para la determinación de estos valores se contó con la colaboración del Laboratorio de Análisis de Calidad de la Compañía de Alimentos Kerns de Guatemala, usando una muestra de 1 kilogramo de producto por parcela de estudio.

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

TRATAMIENTOS	FACTORES ANALIZADOS			
	GRADOS BRIX	pH	% ACIDEZ	% PULPA
F-8	5.27	3.94	0.5725	41.50
F-12	4.97	3.86	0.5050	37.00
F-16	5.48	3.88	0.5825	40.00
F-20	5.25	3.88	0.5225	39.50
F-24	5.15	3.92	0.5405	41.00
F-28	5.02	3.88	0.5400	38.50

6.1.3.1 Grados Brix:

Los resultados de grados brix obtenidos en el producto analizado se comportan en el rango exigido para procesarlo, oscilando este entre 4.5 y 5.5; ésto minimiza la cantidad de agua que se pierde al tener que llevar la pas a elaborada a 30 grados, considerando su preservación en el enlatado.

Los resultados organizados por tratamiento con sus repeticiones se aprecian en el Cuadro 13 del Apéndice.

6.1.3.2 Porcentaje de Acidez:

En el Cuadro 15 se presentan los promedios de porcentaje de acidez obtenidos, encontrándose poca diferencia entre los distintos tratamientos. Al hacer el respectivo análisis de varianza, según el Cuadro 16 del Apéndice, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ningún tratamiento, lo que indica que no existe relación entre períodos de aplicación de agua y contenido de ácido en el tomate.

6.1.3.3 Porcentaje de Pulpa:

Según se observa en el Cuadro 17 del Apéndice, el promedio más alto de pulpa se obtuvo en el tratamiento F-8 con 41.5 de porcentaje de pulpa y el más bajo en la F-12 con 37 por ciento de contenido de pulpa. Ambos valores están en el rango deseado para su industrialización.

En el Cuadro 18 se presenta el análisis de varianza para este factor, mostrándose que no existe diferencia significativa entre los

diversos tratamientos, o sea que la cantidad de pulpa por fruto se mantiene indistintamente que varíe el período de riego.

Al realizar el análisis de varianza, según se aprecia en el Cuadro 12 del Apéndice, se concluyó que no existe diferencia significativa para grados brix en ninguna frecuencia de riego.

6.1.3.4 Potencial Hidrogénico (pH):

Casi todas las variedades que se cultivan en la actualidad con el fin de industrializarlas conservan un pH ideal para su proceso. En el caso de la variedad UC 82B utilizada en este trabajo, el potencial hidrogénico que brinda se considera bueno.

En el Cuadro 19 del Apéndice, se observa que el valor más bajo es 3.86, obtenido en el tratamiento F-12 y el mayor se da en el tratamiento F-8 con 3.94. Ambos resultados se encuentran entre el rango establecido por la enlatadora que es de 3.5 a 4.5.

En el análisis de varianza, según se observa en el Cuadro 20 del Apéndice, no se obtuvo una diferencia significativa entre los distintos tratamientos, por lo que se concluye que el agua aplicada en distintos períodos no influye en el pH de la fruta.

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 del suelo 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 en cada tratamiento; según los valores que se presentan, la lámina total aumenta cuando el intervalo de riego es más corto, esto verifica los resultados obtenidos en experimentos realizados por Orozco (14) y Zea (19).

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

TRATAMIENTOS	LAMINA TOTAL CONSUMIDA (CM.)	NUMERO DE RIEGOS APLICADOS
F-8	43.15	13
F-12	29.15	9
F-16	26.64	8
F-20	24.84	7
F-24	22.17	6
F-28	21.44	5

Incluye los 3 riegos generales.

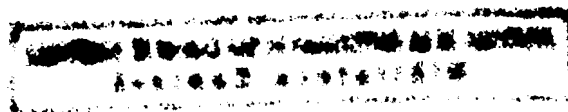
En los Cuadros del 21 al 27 del Apéndice, se presenta el control en la aplicación de agua para los riegos generales y para cada tratamiento; a cada lámina consumida se le agregaron 4.15 cm., los cuales corresponden a la cantidad de agua utilizada durante los 3 riegos generales aplicados en la etapa de establecimiento del cultivo; estos riegos se aplicaron así: Al momento de la siembra, a los siguientes 7 días y cuando se inició la diferenciación de los tratamientos, que fue a los 15 días.

6.2.2 Agotamiento de la Humedad Aprovechable del Suelo:

El control de la humedad del suelo en todo el ciclo del cultivo para cada tratamiento, se muestra en las figuras de la 1 a la 6 del Apéndice. En la etapa del establecimiento se consumió un 28% de la humedad aprovechable para el estrato 0.30 cms. y 22% en el estrato 30-60 cms., esta etapa comprendió los primeros 15 días, que fue cuando se comenzó a llevar el control para cada tratamiento específico.

De manera general, el mayor consumo de agua ocurrió en las etapas fenológicas de finales de fructificación y durante la cosecha, sin que la humedad del suelo llegara en ningún momento al punto de marchitez permanente.

La humedad aprovechable para el tratamiento F-8 se muestra en la Figura 1, observándose que el promedio del agotamiento fue mayor en la etapa de fructificación, alcanzando un máximo de 65% a los 87 días. En el estrato de 0-30 cm. el consumo fue mayor que en el estrato de 30-60 cm. con un promedio de 38% y de 32% respectivamente; se puede observar que aún los valores máximos obtenidos,



nunca se aproximaron a punto crítico cercano al punto de marchitez permanente.

La Figura 2 del Apéndice, presenta el comportamiento del tratamiento F-12, donde se puede observar un mayor consumo en la etapa de finales de la floración y fructificación; en la etapa de desarrollo vegetativo se llegó a utilizar hasta un 40% de la humedad aprovechable en el estrato 0-30 cm y de 32% en el estrato de 30-60 cm. En la etapa de floración la utilización de agua se incrementó en ambos estratos, alcanzando un máximo de 65% en los dos; este consumo bajó durante la época de cosecha.

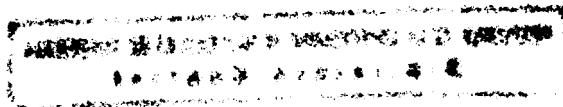
En este tratamiento, la disponibilidad de agua nunca bajó de 30% en el estrato analizado.

La frecuencia de riego de 16 días, según se muestra en la Figura 3, tuvo un incremento uniforme, tanto en el estrato de 0-30 cm como en el estrato de 30 a 60 cm. En las etapas de desarrollo vegetativo y floración, la utilización para el primer estrato fue de 34% y de 25% para el segundo. El uso máximo de agua para el estrato de 30 a 60 cm fue en la etapa de cosecha, pues alcanzó hasta 71%.

Para el estrato de 30-60 cm, el valor alcanzado en la etapa de fructificación se mantuvo para la etapa de cosecha.

La Figura 4 del Apéndice muestra el comportamiento para la frecuencia F-20, donde se observa un sesgo en la curva, debido a que se tomaron muestras intermedias entre el período de riego; esto demuestra un mayor uso de agua en los primeros días posteriores al riego, debido a que existió mayor disponibilidad de agua. En la etapa de desarrollo vegetativo, la etapa de floración y los primeros días de la etapa de fructificación, el promedio de humedad aprovechable para el estrato 0-30 cm, fue de 45% y para el estrato 30-60 cm de 42%. La utilización se incrementó en el período final de la fructificación y en la cosecha, alcanzando hasta un máximo de 72% para el estrato 0-30 cm y de 70% para 30-60 cm. En ningún caso se llegó hasta el punto de marchitez permanente.

El comportamiento del tratamiento F-24 se observa en la Figura 5, en la que el comportamiento de las etapas de desarrollo vegetativo, floración y fructificación fue similar al tratamiento anterior, el agotamiento alcanzó



un promedio de 39% para el estrato 0-30 cm y 35% para 30-60 cm. En el período final de la etapa de fructificación y la etapa de cosecha, el uso ascendió hasta 65% y 60% para los estratos respectivos; en ninguno de los casos, la humedad se aproximó al punto de marchitez permanente.

En la Figura 6 del Apéndice, se aprecia el comportamiento del tratamiento regado cada 28 días, la humedad utilizada alcanzó su valor máximo en la etapa de cosecha con 72% y 60% respectivamente. Durante todo el ciclo de cultivo, el promedio fue de 61% para el estrato 0-30 cm y de 51% para el estrato 30-60 cm.

6.3 COMPARACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION MEDIDA CON LA CALCULADA POR LA FORMULA DE BLANEY CRIDDLE, MODIFICADA POR PHELAN Y HARGREAVES I, II Y III

En el Cuadro 28 del Apéndice se presenta el calculo de la evapotranspiración semanal por la formula de Blaney Criddle modificada por Phelan y en el Cuadro 29 se presenta el cálculo obtenido mediante las formulas de Hargreaves I, II y III.

La tasa de evapotranspiración semanal y total para los seis tratamientos, Blaney Criddle modificada por Phelan y Hargreaves I, II y III, se presentan en el Cuadro 30 del Apéndice.

En el análisis de correlación que se efectuó para determinar que porcentaje de la variable independiente es explicado por el modelo de regresión lineal simple, se consideró un nivel de significancia de 0.01% y 13 grados de libertad, encontrándose que todos los coeficientes de determinación " r^2 " son menores del tabulado, lo que indica que las formulas analizadas no se adaptan a la zona donde se realizó el estudio, lo anterior se presenta en el Cuadro 31 del Apéndice.

Es de hacer notar que las tres formulas de Hargreaves usadas en este documento dan resultados de evapotranspiración potencial iguales (se hizo análisis de correlación y regresión para probar lo anterior).

6.4 CALCULO DEL COEFICIENTE "C" DE LA RELACION EVAPOTRANSPIRACION/ EVAPORACION

El Cuadro 32 del Apéndice presenta los coeficientes "C" semanales para cada tratamiento durante el ciclo del cultivo obtenido

de la relación evapotranspiración medida entre la evapotranspiración del tanque éste fue del tipo Rossbach modelo FV-122-R de Fibra de Vidrio. Se observa que en las dos primeras semanas el coeficiente obtenido por cada una, es el mismo en todos los tratamientos, debido a que este período corresponde a la etapa de establecimiento del cultivo.

El coeficiente "C" promedio de los tratamientos obtenido de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque para las diferentes etapas fenológicas fue de 0.54 para el desarrollo vegetativo, 0.51 para la etapa de floración, 0.66 para la etapa de fructificación y 0.80 para la etapa de cosecha.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 Las diferentes frecuencias de riego sí influyen sobre el rendimiento de tomate, siendo las frecuencias de riego de 16, 8 y 12 días respectivamente, las que produjeron mayor rendimiento, no existiendo diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento obtenido con estas tres frecuencias. En todos los casos, la producción disminuyó a medida que el intervalo de riego fue mayor.
- 7.2 Las diferentes frecuencias de riego utilizadas no tienen efecto sobre la calidad del fruto.
- 7.3 El número de plantas vivas al final de experimento no se vió afectado por las frecuencias de riego utilizadas.
- 7.4 La lámina de agua consumida disminuye conforme se alarga el intervalo de riego, siendo de 43.16, 29.15, 26.64, 24.84, 22.17, 21.4; para los tratamientos regados cada 8, 12, 16, 20 y 28 días.

- 7.5 El agotamiento de la humedad aprovechable para cada tratamiento se ve incrementado conforme avanza la edad del cultivo del tomate, siendo las etapas fenológicas de mediados y finales del ciclo, los que presentan el mayor agotamiento de la humedad aprovechable. En ningún tratamiento se alcanzarán valores de punto de marchitez permanente del suelo.
- 7.6 Los valores de evapotranspiración medida en el campo son diferentes a los calculados por las formulas de Blaney Criddle modificada por Phelan y Hargreaves I, II y III, 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 los tratamientos obtenidos de la relación evapotranspiración medida entre la evaporación del tanque para las diferentes etapas fenológicas fue de 0.44 para el desarrollo vegetativo, 0.51 para la etapa de floración, 0.66 para la etapa de fructificación y 0.8 para la etapa de cosecha.

8. RECOMENDACIONES


- 8.1 Se recomienda continuar con este tipo de estudios en la misma región y época, a manera de confirmar los resultados presentados.
- 8.2 Se recomienda regar con cualquiera de las frecuencias 8, 12 ó 16, pues fueron las frecuencias que rindieron mayor cantidad de frutos en comparación con las otras.
- 8.3 Ya que ninguna de las formulas evaluadas, calcula correctamente la evapotranspiración en la zona y en el cultivo del tomate, no se recomienda utilizarla en la determinación del uso del agua, mientras no se realicen otros trabajos que analicen la aplicabilidad de las mismas.

9. BIBLIOGRAFIA

1. ANDRINO ALVAREZ, F.J. 1985. Efecto de los rendimientos de tomate (Lycopersicum esculentum L.) de cinco frecuencias de riego y verificación de la adaptabilidad de formulas 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.
2. BARILLAS KLEE, E. 1983. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en el valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
3. CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. 3 e. San José, Costa Rica, IICA. 387 p.
4. DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO Riego y Drenajes no. 33. 212 p.
5. GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimiento de riego con fines de formulación y diseño de proyecto. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras Texto no. RD-8. 88 p.
6. GUATEMALA, DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. s.f. Cultivo del tomate. Guatemala. 18 p.
7. HARGREAVES, H.G. 1977. Requirement manual for irrigated crops and rained agriculture. EE.UU., Agency for International Development/Utah State University. 42 p.
8. -----• 1983. Estimating crop evapotranspiration requirements. Utah, Utah State University/International Irrigation Center. 10 p.
9. -----; SAMANI, Z.A. 1986. World water for agriculture-precipitation management. Utah, International Irrigation Center/Utah State University. 22 p.
10. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1980. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García. Barcelona, España, Reverté. 366 p.

11. LEON GALLEGOS, H.; AROSAMENA, M. 1980. El cultivo del tomate para consumo en fresco en el valle de Culiacan, México. México, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 184 p.
12. MEXICO. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE RIEGO Y UNIDADES DE RIEGO. 1970. Formulación de calendarios de riego, usando datos climatológicos de cultivos y riegos. México. Memorandum Técnico no. 182. 105 p.
13. OLIVA CERMEÑO, E. 1986. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del tomate (Lycopersicon esculentum L.) en la unidad de riego El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.
14. OROZCO GODINES, M.E. 1987. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento del tomate (Lycopersicon esculentum L.) en la unidad de riego San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
15. SANDOVAL I., J. 1989. Resumen de la investigación realizada en frecuencias de riego y evapotranspiración de 1982 a 1987. Mikalia (Gua.) 7(1):82-85
16. SOBEMANIS, J.L. 1983. Efecto de la frecuencia y medición de la evapotranspiración en tomate (Lycopersicon 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 S., C.A. 1983. Efecto de cinco frecuencias de riego en los rendimientos y medición de la evapotranspiración del chile pimiento (Capsicum annum L.) en la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
18. WITHER, D.W.; VIPOND, D. 1979. El riego; diseño y práctica. Trad. por Agustín Contin. México, Diana. 210 p.
19. ZEA M., J.L. 1984. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y la evapotranspiración en el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum L.) en un suelo de la serie Chicaj del valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78 p.

Vo. Bo.
P. Atualle



CENTRO DE DOCUMENTACION E INFORMACION AGRICOLA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE AGRONOMIA

10. APENDICE

CUADRO 6: RENDIMIENTO ORGANIZADO 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	8.382	25.382	32.22	26.188	111.96	27.992
F-12	7.374	23.382	27.692	31.268	109.72	27.429
F-16	9.526	30.168	28.086	32.856	120.636	30.159
F-20	6.120	18.532	27.012	23.170	94.834	23.708
F-24	3.172	20.874	23.456	20.832	77.884	19.583
F-28	3.536	12.302	11.456	20.622	57.910	14.479
TOTAL:	118.110	130.434	149.92	154.486	572.954	23.873

CUADRO : 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	703.17380	140.635	12.703	2.90
Bloques	3	61.95215	20.651	1.865	
Error	15	166.06640	11.071		
TOTAL:	23	931.19240			

Coefficiente de variación 13.96%

CUADRO 8: PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	MEDIA EN TONELADAS/HA.
F-16	30.159
F-8	27.991
F-12	27.429
F-20	23.708
F-24	19.583
F-28	14.479

CUADRO 9: 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	3.508	2.908	3.560	2.652	12.628	3.157
F-12	1.308	1.230	3.560	3.229	9.326	2.332
F-16	2.920	1.028	1.948	4.520	10.416	2.604
F-20	2.422	1.612	3.034	2.096	9.164	2.291
F-24	1.166	1.936	2.302	1.652	7.056	1.764
F-28	1.178	1.180	0.994	1.548	4.900	1.225
TOTAL:	12.502	9.894	15.398	15.696	53.490	2.228

CUADRO 10: ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS NO COMERCIALES EN TONELADAS METRICAS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	8.96	1.792	2.67	2.90
Bloques	3	3.732	1.244	1.853	
Error	15	10.055	0.6703		
TOTAL:	23	22.747			

Coefficiente de variación 36.74%

CUADRO 11: RESULTADOS ORGANIZADOS DEL 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	116	111	135	127	489	122.25
F-12	110	119	132	115	476	119.00
F-16	132	110	115	136	493	123.25
F-20	115	122	132	118	487	121.75
F-24	104	97	134	135	470	117.50
F-28	109	98	110	104	421	105.25
TOTAL:	686	657	728	709	2780	

CUADRO 12: 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	1.147725	0.22945	0.6829	2.90
Bloque	3	1.3205	0.44016	1.3101	
Error	15	5.03925	0.33595		
TOTAL:	23	7.5070			

CUADRO 13: RESULTADOS ORGANIZADOS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA GRADOS BRIX

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F-8	5.5	5.6	5.0	5.0	21.1	5.2
F-12	5.1	4.5	4.8	5.5	19.9	4.9
F-16	5.1	6.0	5.8	5.0	21.9	5.4
F-20	4.5	6.0	4.6	5.9	21.0	5.2
F-24	5.5	5.4	5.0	4.7	20.6	5.2
F-28	5.6	5.5	5.0	4.0	20.1	5.0
TOTAL:	31.7	33.6	29.9	29.4	124.6	

CUADRO 14: ANALISIS DE VARIANZA PARA GRADOS BRUX

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	0.67	0.134	0.5335	2.90
Bloques	3	1.823	0.6076	2.4195	
Error	15	3.767	0.25113		
TOTAL:	23	6.26			

Coefficiente de variación 8.55%

CUADRO 15: 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	0.62	0.62	0.49	0.56	2.29	0.5725
F-12	0.58	0.48	0.48	0.48	2.02	0.505
F-16	0.55	0.66	0.57	0.55	2.33	0.5825
F-20	0.44	0.53	0.48	0.64	2.09	0.5225
F-24	0.57	0.61	0.48	0.52	2.18	0.545
F-28	0.64	0.61	0.52	0.39	2.16	0.540
TOTAL:	3.40	3.51	3.02	3.14	13.07	

CUADRO 16: ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	0.017875	0.003575	0.7566	2.90
Bloques	3	0.026350	0.008783	1.8588	
Error	15	0.070875	0.004725		
TOTAL:	23	0.1151			

Coefficiente de variación 12.62%

CUADRO 17: 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	42	42	40	42	166	41.5
F-12	38	40	34	36	148	37.0
F-16	36	44	42	38	160	40.0
F-20	40	40	38	40	158	39.5
F-24	40	36	52	36	164	41.0
F-28	42	38	40	34	154	38.5
TOTAL:	238	240	246	226	950	

CUADRO 18: ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE PULPA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	54.84	10.968	0.50185	2.90
Bloques	3	33.17	11.723		
Error	15	327.83	21.855		
TOTAL:	23	417.84			

Coefficiente de variación 11.81%

CUADRO 19: RESULTADOS ORGANIZADOS DEL ANALISIS DE CALIDAD INDUSTRIAL PARA POTENCIAL HIDROGENICO pH

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
F-8	4	3.8	4.2	3.75	15.75	3.94
F-12	3.8	3.9	3.9	3.85	15.45	3.86
F-16	3.8	3.8	4.0	3.90	15.50	3.87
F-20	3.9	3.9	4.0	3.85	15.70	3.92
F-24	4.0	3.9	3.7	3.85	15.50	3.87
F-28	3.7	3.9	3.9	4.0	15.50	3.87
TOTAL:	23.2	23.5	23.75	23.2	93.40	

CUADRO 20: ANALISIS DE VARIANZA PARA POTENCIAL HIDROGENICO pH

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 5%
Tratamientos	5	0.02	0.004	0.275	2.90
Bloques	3	0.0375	0.0125	0.862	
Error	15	0.2175	0.0145		
TOTAL:	23	0.475			

Coefficiente de variación 3.09%

CUADRO 21: 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				DIFERENCIA	CONSUMO CMS	AJUSTE	LAMINA PARCIAL
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	5-11-89	20.15	9-11-89	18.03	2.12	0.81	0.486	1.296
30-60		19.87		17.83	2.04	0.79	0.474	1.264
0-30	12-11-89	21.33	17-11-89	19.49	1.84	0.71	1.136	1.136
30-60		20.07		19.34	0.73	0.285	0.456	0.456

LAMINA TOTAL 4.15
(Cms.)

CUADRO 22: CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-8

ESTRATO CMS	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFEREN- CIA	CONSUMO CMS	AJUSTE	LAMINA PARCIAL
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	20-11-89	22.74	25-11-89	18.01	4.78	1.83	1.098	2.928
30-60		21.41		18.95	2.46	0.96	0.57	1.53
0-30	28-11-89	20.47	3-12-89	18.89	1.58	0.61	0.37	0.97
30-60		21.54		20.25	1.29	0.50	0.30	0.80
0-30	6-12-89	19.00	11-12-89	17.46	1.54	0.60	0.36	0.96
30-60		20.52		19.76	0.80	0.31	0.18	0.49
0-30	14-12-89	19.22	19-12-89	18.79	0.43	0.17	0.10	0.27
30-60		19.07		18.29	0.78	0.30	0.18	0.48
0-30	22-12-89	19.60	27-12-89	17.41	2.19	0.85	0.51	1.36
30-60		17.67		17.49	0.18	0.07	0.04	0.111
0-30	30-12-89	21.63	4-1-90	16.79	4.84	1.88	1.13	3.00
30-60		21.68		17.93	3.75	1.44	0.86	2.304
0-30	7-1-90	18.89	12-1-90	16.44	2.45	0.95	0.57	1.52
30-60		21.75		15.02	6.73	2.58	1.55	4.13
0-30	15-1-90	19.85	20-1-90	15.79		4.06	1.58	0.94
30-60		22.37		20.66	1.71	0.656	0.394	1.049
0-30	23-1-90	19.52	28-1-90	13.95	5.57	2.17	1.30	3.47
30-60				14.26	5.30	2.035	1.22	3.26
0-30	31-1-90	19.01	5-2-90	14.62	4.30	1.71	1.02	2.73
30-60		18.52		14.26	4.26	1.63	0.98	2.61
0-30	8-2-90	19.25	13-2-90	17.19	2.06	0.8	0.47	1.27
30-60		20.28		16.57	3.71	1.42	0.85	2.27

Lámina Parcial (Cms.) 39.00
 Riegos Generales (Cms.) 4.15
 Lámina total consumida(Cms)43.15

CUADRO 23: CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-12

ESTRATO CMS.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				Diferen- cia	Consumo	Ajuste	Lámina Parcial
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	20-11-89	22.79	29-11-89	15.50	7.69	2.80	0.93	3.73
30-60		21.41		17.85	3.56	1.39	0.43	1.85
0-30	2-12-89	19.85	11-12-89	16.92	3.03	1.16	0.39	1.55
30-60		19.00		16.44	2.56	1.00	0.33	1.33
0-30	14-12-89	20.28	23-12-89	16.80	4.18	1.60	0.53	2.13
30-60		19.25		16.68	2.57	1.00	0.33	1.33
0-30	26.12-89	17.95	4-1-90	15.47	2.48	0.95	0.32	1.27
30-60		17.23		15.25	1.98	0.77	0.26	1.03
0-30	7-1-90	18.09	16-1-90	14.15	3.94	1.51	0.10	1.61
30-60		19.44		15.07	4.37	1.70	0.57	2.69
0-30	19-1-90	18.56	28-1-90	13.32	5.24	2.04	0.68	2.72
30-60		17.19		12.67	4.52	1.76	0.58	2.34
0-30	31-1-90	18.35	9-2-90	15.86	2.49	0.96	0.32	1.28
30-60		19.35		16.43	2.92	1.14	0.38	1.52
0-30	13-2-90	17.33						
30-60		19.55						

Lámina parcial (cms.) 25.00
 Riegos Generales (cms.) 4.15
 Lámina Total Consumida (Cms.) 29.15

CUADRO 24: CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-16

ESTRATO CMS.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFEREN- CIA	CONSUMO	AJUSTE	LAMINA PARCIAL
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	20-11-89	22.79	3-12-89	18.20	4.59	1.76	0.40	2.16
30-60		21.41		17.40	4.01	1.56	0.36	1.92
0-30	6-12-89	19.13	19-12-89	16.51	2.62	1.00	0.231	2.85
30-60		19.07		15.45	3.62	1.4	0.32	1.72
0-30	22-12-89	19.07	4-1-90	15.88	3.19	1.22	0.28	1.50
30-60		18.59		16.19	2.40	0.936	0.215	1.15
0-30	7-1-90	18.44	20-1-90	13.47	4.97	1.91	0.44	2.35
30-60		17.72		13.41	4.31	1.68	0.39	2.07
0-30	23-1-90	18.98	5-2-90	11.76	7.26	2.78	0.64	3.42
30-60		18.12		15.57	2.55	0.99	0.23	1.22
0-30	8-2-90	16.81	21-2-90	14.27	2.54	0.97	0.22	1.20
30-60		17.33		15.40	1.93	0.75	0.18	0.93

Lámina Parcial (Cms.) 22.49
 Riegos Generales (Cms.) 4.15
 Lámina Total Consumida (Cms.) 26.64

CUADRO 25: CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-20

ESTRATO CMS.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFEREN- CIA	CONSUMO CMS.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	20-11-89	22.79	28-11-89	18.13	4.66	1.79	0.45	2.24
30-60		21.41		19.12	2.29	0.893	0.42	1.11
0-30	28-11-89	18.13	7-12-89	15.07	3.06	1.17	0.13	1.30
30-60		19.12		15.89	3.23	1.24	0.14	1.38
0-30	10-12-89	17.63	18-12-89	16.29	1.34	0.514	0.13	0.644
30-60		17.31		15.56	1.75	0.682	0.17	0.852
0-30	18-12-89	16.29	27-12-89	15.98	0.31	0.119	0.13	0.132
30-60		15.56		15.33	0.33	0.127	0.14	0.141
0-30	30-12-89	17.64	7-1-90	14.95	2.69	1.03	0.25	1.29
30-60		21.21		14.32	6.89	2.65	0.72	3.36
0-30	7-1-90	14.95	16-1-90	11.89	3.06	1.17	0.130	1.30
30-60		14.32		13.64	0.68	0.26	0.65	0.32
0-30	19-1-90	18.73	27-1-90	13.99	4.74	1.82	0.55	2.275
30-60		18.84		18.16	0.68	0.26	0.6	0.32
0-30	27-1-90	13.99	5-2-90	11.69	2.30	0.88	0.97	0.98
30-60		18.16		12.73	5.43	2.12	0.23	2.35
0-30	8-2-90	17.25	13-2-90	16.05	1.2	0.43	0.1	0.54
30-60		18.35		17.52	0.83	0.32	0.08	0.4

Lámina Parcial (Cms.)	20.69
Riegos Generales (Cms.)	4.15
Lámina Total Consumida (Cms.)	24.84

CUADRO 26: CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-24

ESTRATO CMS.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFEREN- CIA	CONSUMO	AJUSTE	LAMINA PARCIAL
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	20-11-89	22.79	30-11-89	19.20	3.59	1.38	0.276	1.67
30-60		21.41		18.25	3.16	1.23	0.246	1.48
0-30	30-11-89	19.2	11-12-89	18.71	0.49	0.19	0.02	0.21
30-60		18.25		15.87	2.38	0.93	0.08	1.01
0-30	14-12-89	21.09	24-12-89	18.27	2.86	1.10	0.22	1.32
30-60		18.56		17.56	1.00	0.39	0.08	0.47
0-30	24-12-89	18.27	4-1-90	17.63	0.64	0.25	0.023	0.28
30-60		17.56		17.05	0.51	0.20	0.02	0.22
0-30	7-1-90	19.02	17-1-90	16.79	2.23	0.86	0.17	1.03
30-60		20.26		15.09	5.17	2.02	0.40	2.42
0-30	17-1-90	16.79	28-1-90	15.97	0.82	0.31	0.03	0.31
30-60		15.09		13.05	2.04	0.80	0.07	0.87
0-30	31-1-90	21.16	10-2-90	14.12	7.04	2.70	0.54	3.24
30-60		19.34		13.21	6.13	2.39	0.48	2.87
0-30	10-2-90	14.12		13.04	1.08	0.41	0.04	0.45
30-60		13.21		12.81	0.40	0.16	0.01	0.17

Lámina parcial (Cms.)	18.02
Riegos Generales (Cms.)	4.15
Lámina Total Consumida (Cms.)	22.17

CUADRO 27: CONTROL DE HUMEDAD ANTES Y DESPUES DE RIEGO Y CALCULO DE LA LAMINA CONSUMIDA PARA EL TRATAMIENTO F-28

ESTRATO CMS.	PORCENTAJE DE HUMEDAD				DIFEREN- CIA	CONSUMO CMS.	AJUSTE	LAMINA PARCIAL
	D D R		A D R					
	Fecha	%	Fecha	%				
0-30	20-11-89	22.79	2-12-89	18.63	4.16	1.60	0.27	1.87
30-60		21.41		18.06	3.35	1.30	0.22	1.52
0-30	2-12-89	18.63	15-12-89	14.58	4.05	1.56	0.12	1.68
30-60		17.06		15.11	1.95	0.76	0.06	0.82
0-30	18-12-89	20.46	30-12-89	15.68	4.78	1.84	0.31	2.13
30-60		19.43		15.71	3.72	1.45	0.24	1.69
0-30	30-12-89	15.68	12-1-90	13.44	1.84	0.71	0.05	0.76
30-60		15.71		15.15	0.56	0.22	0.02	0.24
0-30	15-1-90	19.16	27-1-90	13.28	5.88	2.26	0.377	2.64
30-60		19.9		13.66	6.24	2.43	0.405	2.84
0-30	27-1-90	13.28	9-2-90	11.68	1.60	0.61	0.05	0.66
30-60		13.66		12.62	1.04	0.41	0.03	0.44
0-30	12-2-90	14.19	---	---	---	---	---	---
30-60		17.38						

Lámina Parcial (Cms.) 17.29
 Riegos Generales (Cms.) 4.15
 Lámina Total Consumida (Cms.) 21.44

CUADRO 28: CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL POR LA FORMULA DE BLANEY CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN

SEMANA		1 FRACCION SEMANTAL	TEMP C	2 P %	3 T: 17.8 21.8	1x2x3 f	K ₁	K ₂	FxK ₁ x Et	Et Cms.
3-11-89	9-11-89	1	26.84	1.82	2.05	3.731	1.07	0.43	1.72	1.55
10-11-89	16-11-89	1	27.00	1.82	2.06	3.749	1.08	0.43	1.74	1.57
17-11-89	23-11-89	1	26.97	1.82	2.05	3.731	1.08	0.45	1.81	1.64
24-11-89	30-11-89	1	27.60	1.82	2.08	3.786	1.10	0.49	2.04	1.84
1-12-89	7-12-89	1	25.37	1.80	1.98	3.564	1.03	0.57	2.09	1.90
8-12-89	14-12-89	1	26.25	1.80	2.02	3.636	1.06	0.69	2.66	2.40
15-12-89	21-12-89	1	26.21	1.80	2.02	3.636	1.05	0.83	3.17	2.87
22-12-89	28-12-89	1	21.84	1.80	1.82	3.276	0.920	0.96	2.89	2.61
29-12-89	4-1-90	1	26.58	1.74	2.04	3.549	1.067	1.02	3.86	3.49
5-1-90	11-1-90	1	26.07	1.69	2.01	3.397	1.051	1.02	3.64	3.29
12-1-90	18-1-90	1	25.88	1.69	2.00	3.380	1.045	0.97	3.43	3.10
19-1-90	25-1-90	1	26.50	1.69	2.03	3.431	1.065	0.93	3.39	3.06
20-1-90	1-2-90	1	26.38	1.71	2.03	3.471	1.061	0.85	3.13	2.83
2-2-90	8-2-90	1	27.31	1.84	2.07	3.808	1.090	0.78	3.24	2.93
9-2-90	13-2-90	0.71	26.75	1.31	2.04	3.67	1.072	0.73	2.09	1.89
						52.815			40.90	36.97

$$F. \text{ ajuste} = K = \frac{Et}{F} \frac{40.9}{52.815} = 0.774$$

$$F.A. = \frac{K_y}{K''} ; \frac{0.7}{0.774} = 0.904$$

CUADRO 29: CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POR LAS FORMULAS DE HARGREAVES I, II Y III

SEMANA	FRACCION SEMANAL	PROMEDIO DE TEMPERATURA SEMANAL °C			HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO %	Ra* mm/Sem	E T P mm/sem			Kc	EVAPORACION REAL mm/sem		
		MINIMA	MEDJA	MAXIMA			Hargreaves I	Hargreaves II	Hargreaves III		Hargreaves I	Hargreaves II	Hargreaves III
3-11-89	1	20.8	26.84	32.07	70.71	88.30	32.99	29.48	30.16	0.40	13.20	11.80	12.06
9-11-89													
10-11-89	1	20.53	27.00	33.18	71.71	88.30	32.82	31.35	32.26	0.50	16.41	15.68	16.13
10-11-89													
17-11-89	1	19.76	26.97	34.28	70.14	88.30	33.65	33.53	34.68	0.70	23.28	23.47	24.27
23-11-89													
24-11-89	1	19.93	27.60	33.98	64.43	88.30	35.23	33.38	34.10	0.72	25.40	24.03	24.25
30-11-89													
1-12-89	1	17.98	25.37	31.60	67.86	82.70	30.58	29.33	29.90	0.75	22.90	22.00	26.42
7-12-89													
8-12-89	1	18.58	26.25	32.90	65.33	82.70	31.81	30.60	31.34	0.70	25.40	24.53	25.07
14-12-89													
15-10-89	1	19.47	26.21	33.94	64.86	82.70	31.88	30.79	32.20	1.05	33.50	32.33	33.81
21-12-89													
22-12-89	1	13.50	21.84	27.76	68.86	82.70	27.86	27.58	27.60	1.15	32.0	31.72	31.74
28-12-89													
29-12-89	1	16.70	26.58	33.85	62.68	84.30	33.36	34.48	34.58	1.20	40.0	41.38	41.29
4- 1-90													
5- 1-90	1	16.78	26.07	32.78	61.71	85.50	33.57	33.40	33.50	1.15	42.0	41.75	41.87
11- 1-90													
12- 1-90	1	17.51	25.88	32.00	65.57	85.50	36.55	31.67	31.85	0.80	26.0	25.34	25.48
18- 1-90													
19- 1-90	1	17.36	26.50	33.34	62.00	85.50	33.84	31.73	33.92	0.95	31.20	32.04	32.22
25- 1-90													
26- 1-90	1	18.16	26.38	33.67	63.43	86.74	33.91	33.75	34.34	0.75	25.40	25.31	25.75
1- 2-90													
2- 2-90	1	17.46	27.31	34.65	61.57	94.22	38.08	39.27	39.40	0.60	22.80	23.56	23.64
8- 2-90													
9- 2-90	0.71	16.88	26.75	33.06	56.80	66.90	27.49	28.26	28.72	0.65	17.90	18.37	18.60
13- 2-90													

* Tomado de Cuadro 33 para una latitud norte de 14 56'

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

Hargreaves II = ETP = $1.24 \times 10^{-3} Ra (T_{max} - T_{min}) 0.5 (1.8 T_{med} + 32)$

Hargreaves III = ETP = $0.0023 Ra (T_{max} - T_{min}) 0.5 [(T_{max} + T_{min}) + 17.8]$

CUADRO 30: VALOR DE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL Y TOTAL EN CENTIMETROS DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS; BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN Y HARGREAVES I, II Y III

FRACCION SEMANAL	TRATAMIENTOS						BLANEY CRIDDLE	HARGREAVES		
	F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28		I	II	III
1	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	15.5	12.1	13.2	11.8
1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	15.7	16.1	16.4	15.7
1	35.4	30.0	17.3	22.1	17.7	16.4	16.4	24.3	23.3	23.5
1	22.2	30.3	17.8	21.4	16.8	16.8	18.9	24.2	25.4	24.0
1	13.9	16.8	19.1	18.8	7.1	13.2	19.0	22.4	22.9	22.0
1	10.2	17.8	20.0	10.5	8.6	12.6	24.0	25.1	25.4	24.5
1	8.4	20.3	17.6	5.6	10.5	13.5	28.7	33.8	33.5	36.3
1	17.6	16.4	11.6	6.3	5.1	18.9	26.1	31.7	32.0	31.7
1	46.4	13.4	11.6	3.3	3.0	17.0	34.9	41.5	40.0	41.4
1	49.4	23.5	19.3	21.8	20.3	5.0	32.9	41.9	42.0	41.8
1	21.9	26.0	19.3	17.7	16.4	8.2	31.0	25.5	26.0	25.3
1	47.0	29.6	20.0	10.2	6.9	27.3	30.6	33.2	36.2	32.0
1	51.9	23.9	20.3	22.4	23.3	24.2	28.3	25.8	25.4	25.3
1	40.0	16.0	19.6	13.2	35.7	5.6	29.3	23.6	22.8	23.6
0.71	22.2	4.7	13.3	6.0	11.3	4.8	18.9	18.7	17.9	18.4
TOTAL:	431.5	291.5	266.4	248.4	221.7	214.4	370.2	393.3	398.9	397.4

CUADRO 31: COEFICIENTE DE DETERMINACION r^2 DE LA EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS VERSUS FORMULAS DE BLANEY-CRIDDLE MODIFICADA POR PHELAN, HARGREAVES I, II Y III

TRATAMIENTOS	FORMULA	r_c^2
F-8	Blaney-Criddle	0.261
	Hargreaves I	0.202
	Hargreaves II	0.187
	Hargreaves III	0.157
F-12	Blaney-Criddle	0.002
	Hargreaves I	0.011
	Hargreaves II	0.012
	Hargreaves III	0.010
F-16	Blaney-Criddle	0.010
	Hargreaves I	0.109
	Hargreaves II	0.106
	Hargreaves III	0.090
F-20	Blaney-Criddle	0.091
	Hargreaves I	0.101
	Hargreaves II	0.105
	Hargreaves III	0.087
F-24	Blaney-Criddle	0.008
	Hargreaves I	0.126
	Hargreaves II	0.131
	Hargreaves III	0.132
F-28	Blaney-Criddle	0.014
	Hargreaves I	0.008
	Hargreaves II	0.008
	Hargreaves III	0.007

$$r_t^2 (13.6.2, 0.001) = 0.58$$

CUADRO 32: RELACION ENTRE EVAPOTRANSPIRACION SEMANAL DE LOS TRATAMIENTOS Y LA EVAPORACION SEMANAL DEL TANQUE TIPO "A"

FECHA (SEMANAS)	EVAPORA- CION CMS.	TRATAMIENTOS					
		F-8	F-12	F-16	F-20	F-24	F-28
		ET/EV	ET/EV	ET/EV	ET/EV	ET/FV	ET/FV
3-11-89 9-11-89	3.01	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
10-11-89 10-11-89	3.08	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
17-11-89 23-11-89	3.80	0.93	0.79	0.45	0.58	0.46	0.43
24-11-89 30-11-89	3.85	0.57	0.78	0.46	0.56	0.44	0.44
1-12-89 7-12-89	3.20	0.43	0.52	0.60	0.59	0.22	0.41
8-12-89 14-12-89	3.18	0.32	0.56	0.63	0.33	0.27	0.40
15-12-89 21-12-89	2.70	0.31	0.75	0.65	0.21	0.39	0.50
22-12-89 28-12-89	3.72	0.47	0.44	0.31	0.17	0.14	0.51
29-12-89 4-1-90	3.08	1.51	0.44	0.38	1.07	0.97	0.52
5-1-90 11-1-90	2.96	1.66	0.80	0.65	0.74	0.68	0.17
12-1-90 18-1-90	3.05	0.72	0.85	0.63	0.58	0.53	0.27
19-1-90 25-1-90	2.88	1.63	1.03	0.69	0.63	0.24	0.95
26-1-90 1-2-90	2.60	1.80	0.91	0.78	0.86	0.89	0.93
2-2-90 8-2-90	2.66	1.50	0.60	0.74	0.50	1.34	0.21
9-2-90 13-2-90	2.85	0.78	1.65	0.47	0.21	0.40	0.17

CUADRO 33: LA RADIACION EXTRATERRESTRE R_a EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE EVAPORACION, EN MM/DIA

HEMISFERIO NORTE												Lat	HEMISFERIO SUR											
En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.		En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
3.8	6.1	9.4	12.7	13.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.3	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
6.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.9	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.2	14.0	13.0	12.2	8	16.3	16.2	15.4	14.1	12.6	11.8	12.2	13.3	14.6	15.7	16.1	16.1
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.0	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.6	15.1	14.8	0	15.0	15.2	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

CUADRO 34: COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)

C U L T I V O	FASES DE DESARROLLO DEL CULTIVO					PERIODO VEGETATIVO TOTAL
	INICIAL	DESARROLLO DEL CULTIVO	MEDIADOS DEL PERIODO	FINALES DEL PERIODO	RECOLECCION	
Banana Tropical	0,4 -0,5	0,7 -0,85	1,0 -1,1	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,7 -0,8
Subtropical	0,5 -0,65	0,8 -0,9	1,0 -1,2	1,0 -1,15	1,0 -1,15	0,85-0,95
Frijol verde	0,3 -0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9 -0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Seco	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7 -0,8
Col	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,9 -1,0	0,8 -0,95	0,7 -0,8
Algodón	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,9	0,65-0,7	0,8 -0,9
Vid	0,35-0,55	0,6 -0,8	0,7 -0,9	0,6 -0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Cacahuete	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maíz Dulce	0,3 -0,5	0,7 -0,9	1,05-1,2	1,0 -1,2	0,95-1,1	0,8 -0,95
Grano	0,3 -0,5	0,7 -0,85	1,05-1,2	0,8 -0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Cebolla seca	0,4 -0,6	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8 -0,9
Verde	0,4 -0,6	0,6 -0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Guisante seco	0,4 -0,5	0,7 -0,85	1,05-1,2	1,0 -1,15	0,95-1,1	0,8 -0,95
Pimentero fresco	0,3 -0,4	0,6 -0,75	0,95-1,1	0,95-1,0	0,8 -0,9	0,7 -0,8
Patata	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7 -0,75	0,75-0,9
Arroz	1,1 -1,15	1,1 -1,5	1,1 -1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Cártamo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2 -0,25	0,65-0,7
Sorgo	0,3 -0,4	0,7 -0,75	1,0 -1,15	0,75-0,8	0,5 -0,55	0,75-0,85
Soya	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,15	0,7 -0,8	0,4 -0,5	0,75-0,9
Remolacha azucarera	0,4 -0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9 -1,0	0,6 -0,7	0,8 -0,9
Caña de azúcar	0,4 -0,5	0,7 -1,0	1,0 -1,3	0,75-0,8	0,5 -0,6	0,85-1,05
Girasol	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,7 -0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabaco	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,2	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,95	0,6 -0,65	0,75-0,9
Sandia	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,05	0,8 -0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Trigo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2 -0,25	0,8 -0,9
Alfalfa	6,3 -0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Cítricos desyerbe total						0,65-0,75
s/control de malezas						0,85-0,9
Olivo						0,4 -0,6

FIGURA 1: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-8

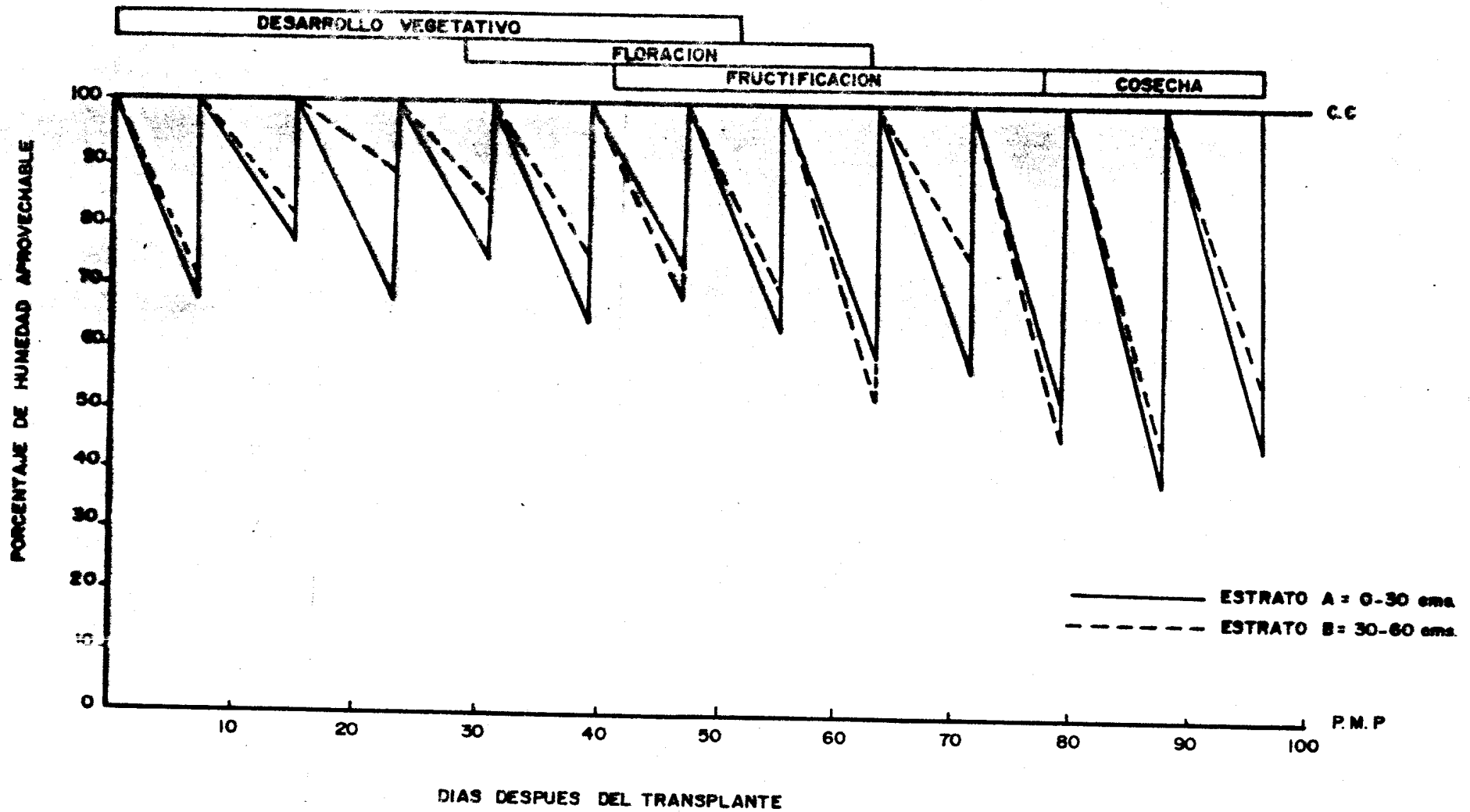


FIGURA 2: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE
 PARA EL TRATAMIENTO F - 12

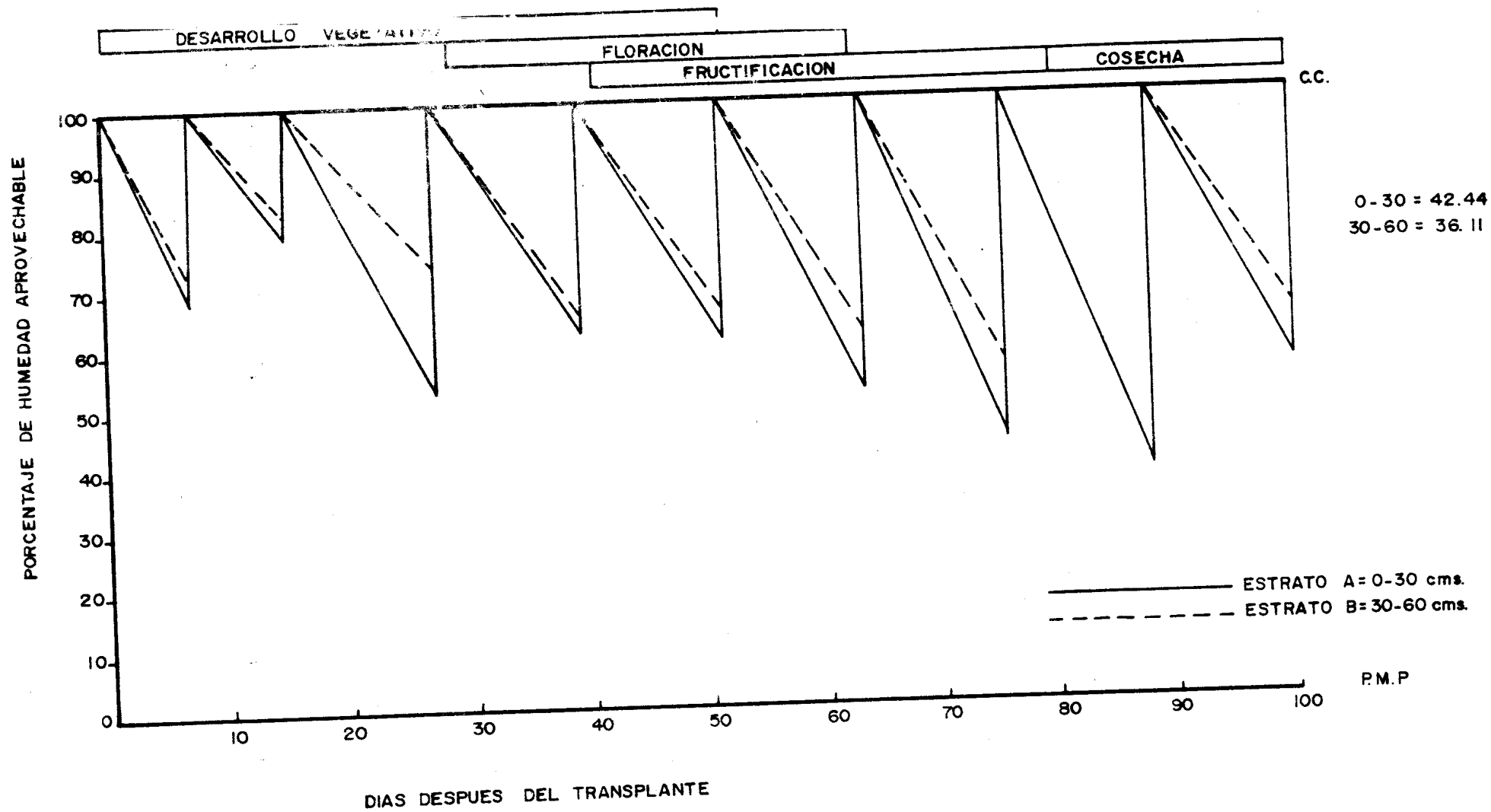


FIGURA 3: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE
 PARA EL TRATAMIENTO F-16

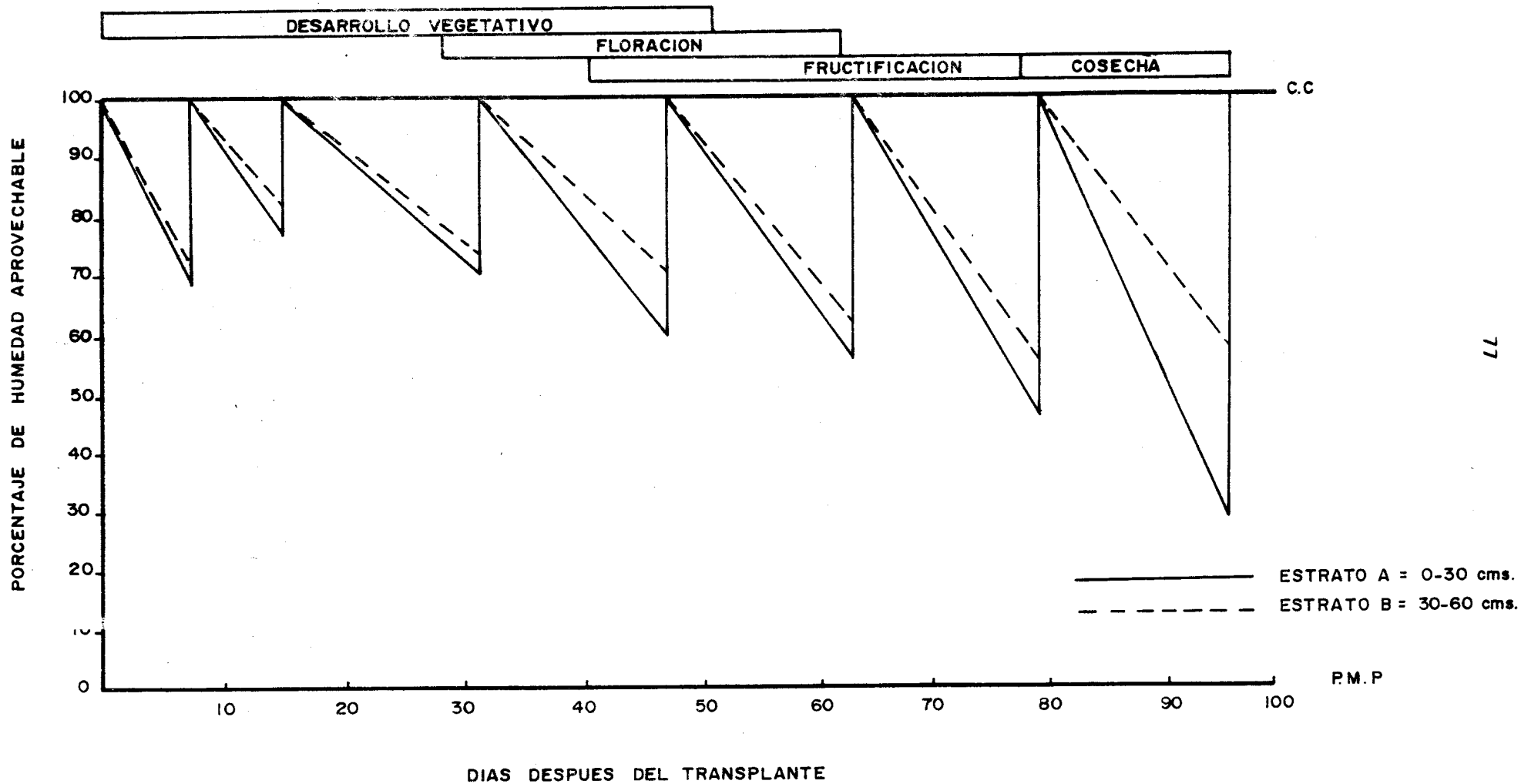


FIGURA 4: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE
 PARA EL TRATAMIENTO F-20

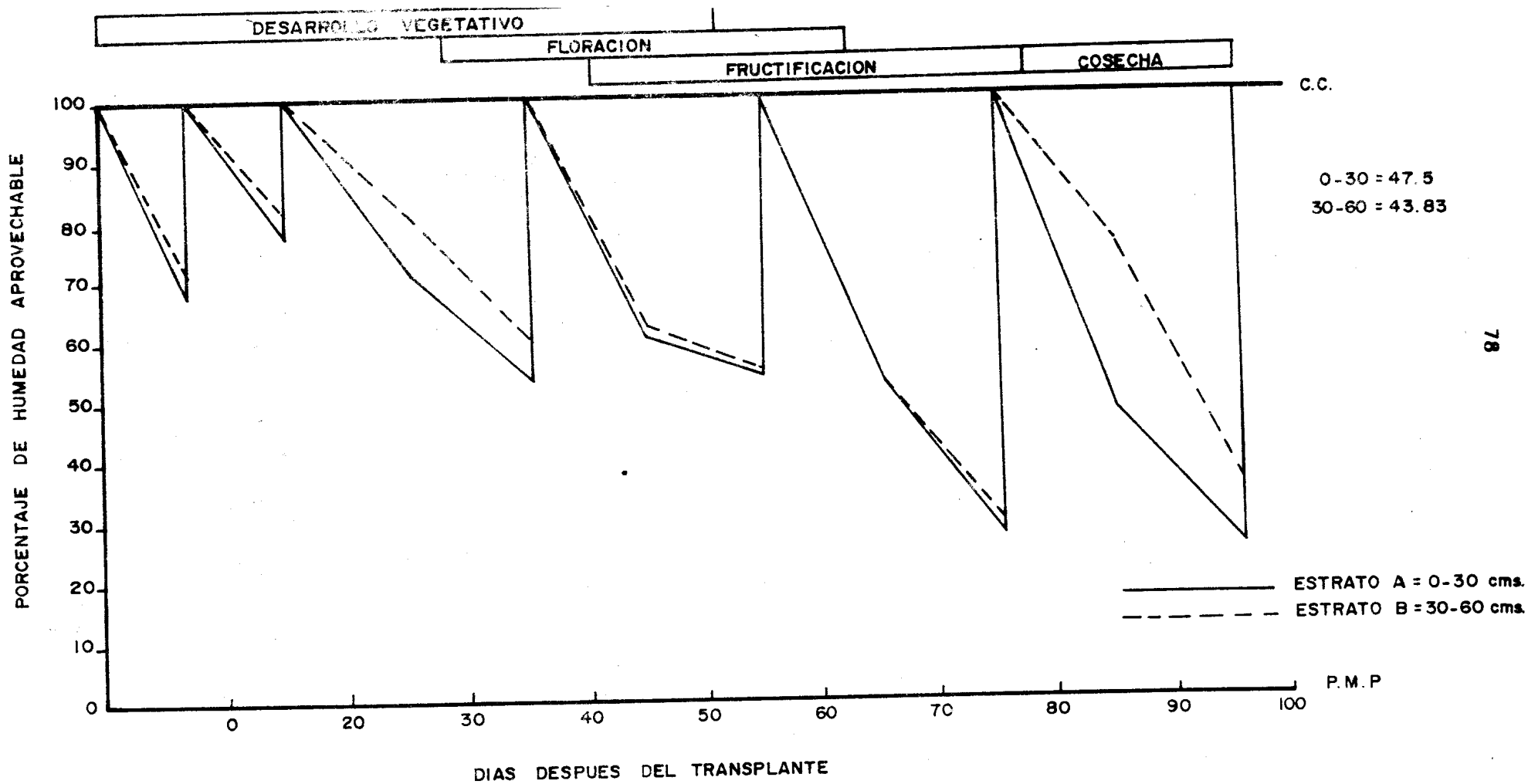
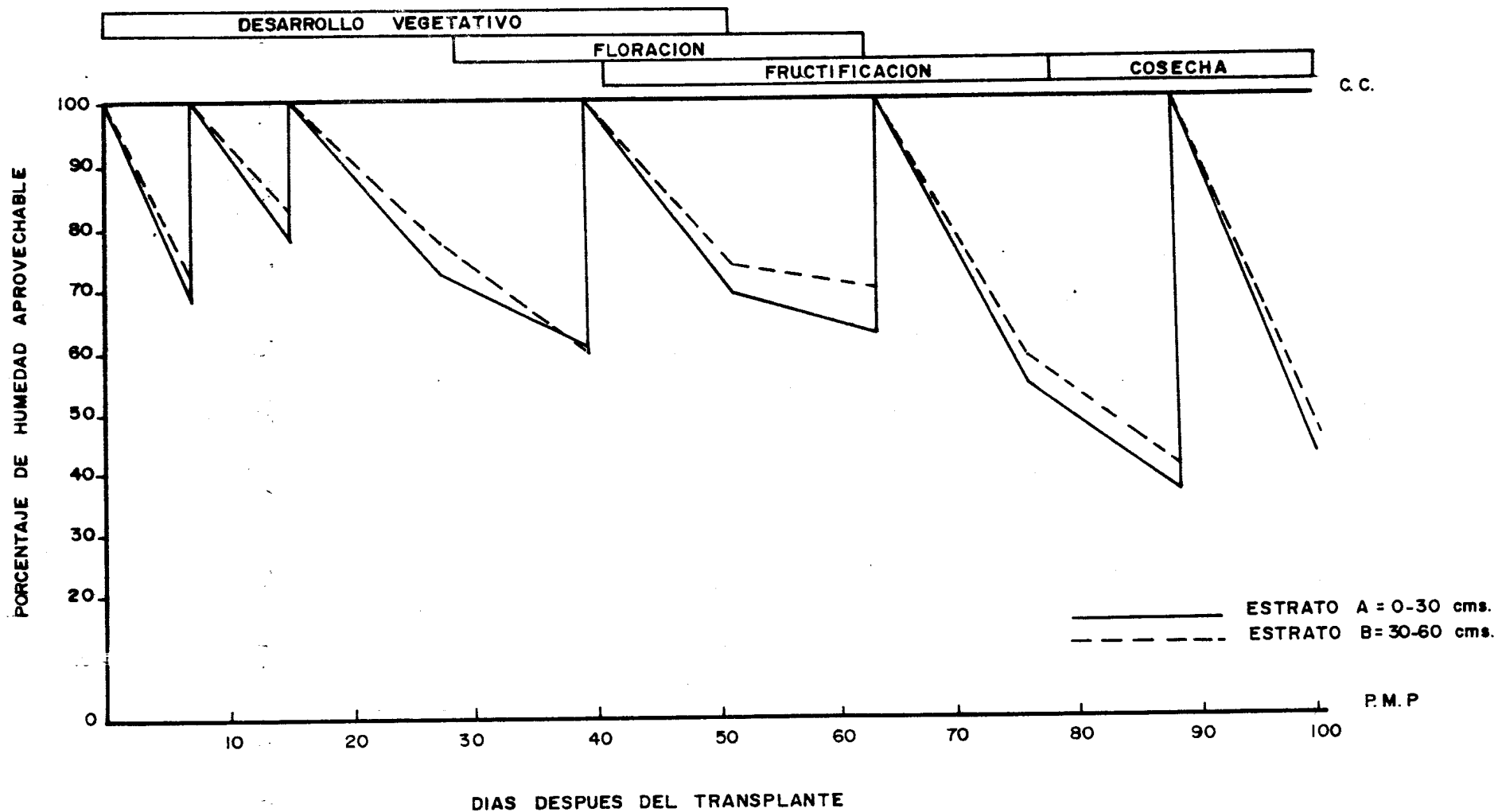


FIGURA 5: PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE PARA EL TRATAMIENTO F-24



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

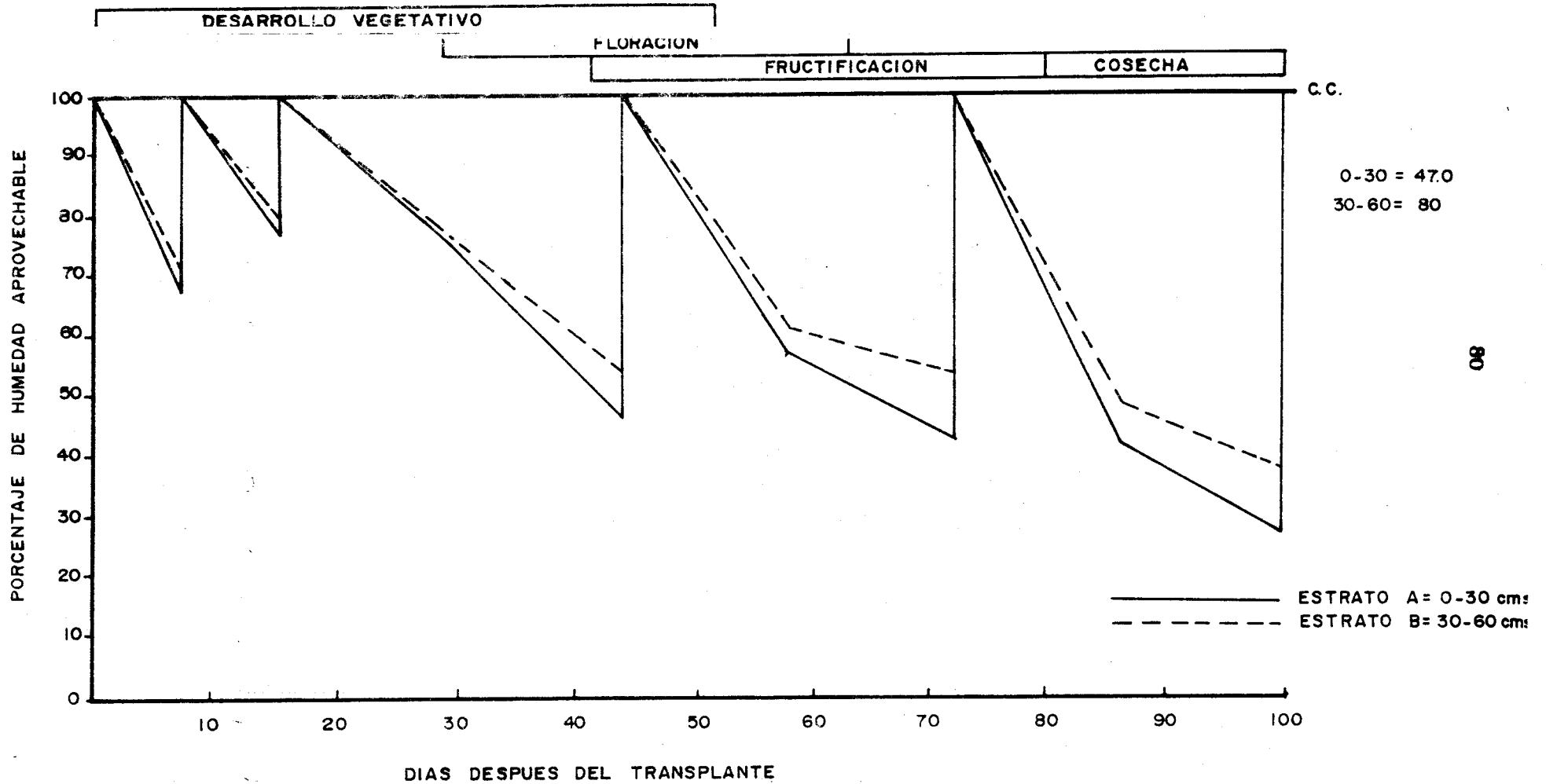
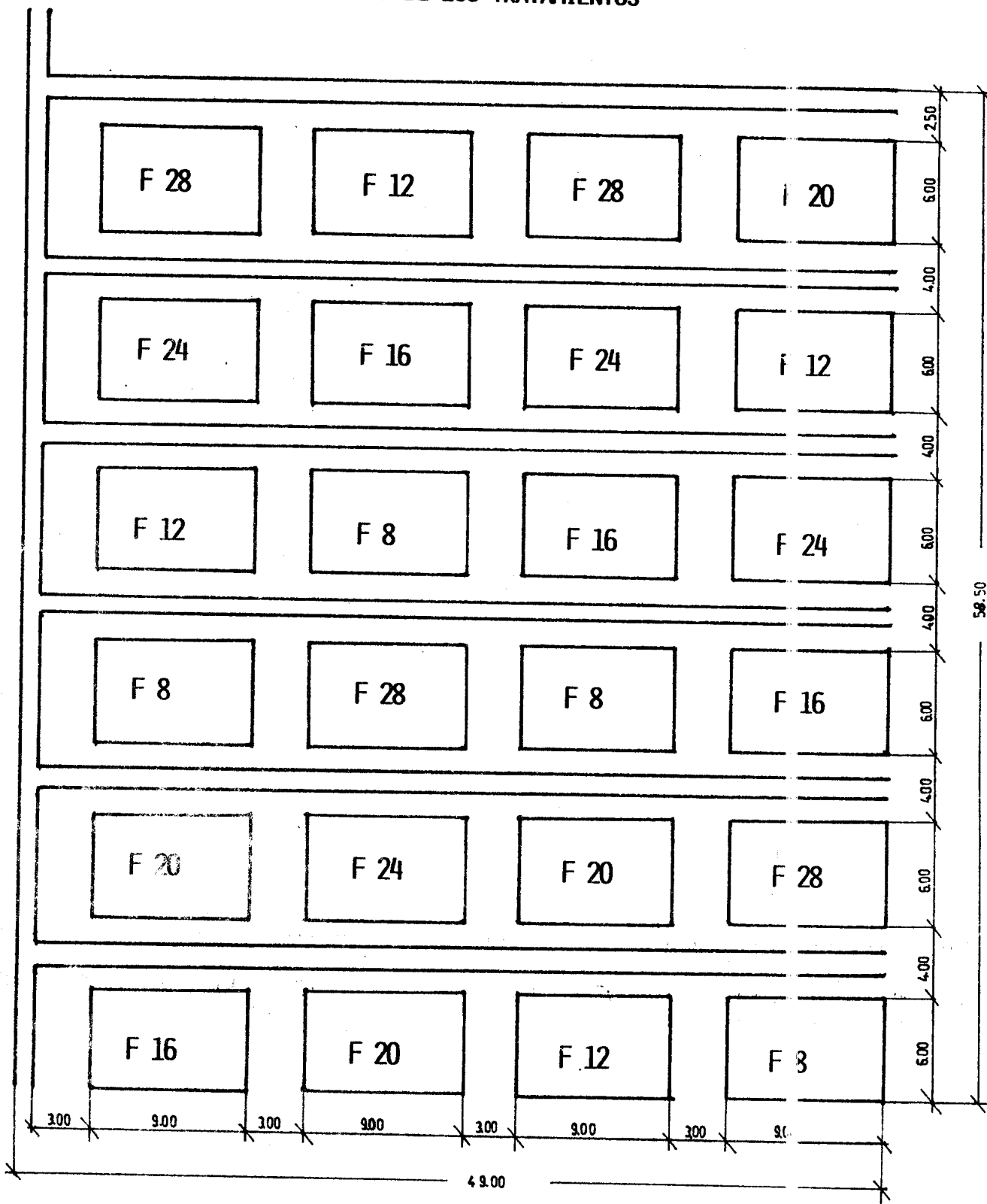


FIGURA 7: PLANO GENERAL DEL EXPERIMENTO Y ASIGNACION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS





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

REF No. 004/91

LA TESIS TITULADA: EFECTO DE SEIS FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIEN-
TO Y EVAPOTRANSPIRACION EN TOMATE (Lycopersicum esculentum L.) EN LA UNI-
DAD DE RIEGO EL RANCHO EL PROGRESO.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JUAN FRANCISCO MARROQUIN GARCIA.

CARNET No. 54446

Ha sido evaluada por los profesionales: Ingenieros Victor Cabrera y -
Gustavo A. Méndez.

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía hacen constar
que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Fa-
cultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Jorge E. Sandoval I.
ASESOR

Ing. Agr. Hugo A. Tobías
DIRECTOR IIA



IMPRIMASE


Ing. Agr. Anibal Martínez
DECANO

HT/sler.

