

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

EVALUACION DE CUATRO INTERVALOS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE FRUTOS Y
EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE MILTOMATE (*Physalis philadelphica* Lam.) EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA.



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

POR
OVIDIO ANTONIO BRACAMONTE DE LA CRUZ

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

GUATEMALA, MARZO DE 1998

AGRADECIMIENTO

Sincero a mis asesores Ing. Agr. José Jesús Chonay e Ing. Agr. José Rolando Lara Alécio, por la orientación al presente trabajo de tesis.

Al laboratorio de suelos "SALVADOR CASTILLO ORELLANA" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, en especial al Ing. Agr. Ovidio Anibal Sacbaja Galindo, por proporcionar el equipo imprescindible para la realización de la investigación.

A la empresa REPAME, por haber proporcionado la maquinaria agrícola para la preparación mecanizada del terreno donde se realizó el trabajo de investigación.

Al personal del Centro Experimental Docente de Agronomía, por su colaboración desinteresada en actividades de campo, en especial a los Señores Oswaldo Orellana y Edgar Hernández.

ACTO QUE DEDICO

A:

JESUCRISTO

Fuente de vida, bondad y misericordia

MIS PADRES

Ovidio Bracamonte Aldana

Haydee De la Cruz Rosales de Bracamonte

MI ESPOSA

Silvia Patricia Peralta Henández de Bracamonte

MI HIA

María Gabriela Bracamonte Peralta

MIS ABUELOS

Carmen De La Cruz, Enriqueta Aldana

Virgilio Bracamonte

MIS HERMANOS

Regina Bracamonte De La Cruz

Zonia Bracamonte De La Cruz

Sandra Bracamonte De La Cruz

Pablo José Bracamonte De La Cruz

MIS TIOS, TIAS,

PRIMOS, SUEGROS Y CUÑADOS

Con cariño

MIS AMIGOS Y

COMPAÑEROS

Santiago Rubén López E., Julio Tzirin, Edgar Yol,

José Armando Ismalej, Marco Tulio Santos.

EL CAMPESINADO

INDIGENA DE GUATEMALA

Con admiración y respeto.

LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Guatemala, Marzo de 1998

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
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 CUATRO INTERVALOS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE FRUTOS Y
EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE MILTOMATE (*Physalis philadelphica* Lam.) EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA.**

Al presentarlo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,



Ovidio Antonio Bracamonte de la Cruz

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO	Br. ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA
VOCAL QUINTO	P. Agr. EDGAR DANILO JUAREZ QUIM
SECRETARIO	Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	01
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	02
3. MARCO TEORICO	03
3.1 MARCO CONCEPTUAL	03
3.1.2 El riego agrícola	03
3.1.3 El agua del suelo	03
3.1.3.1 Agua gravitatoria	03
3.1.3.2 Agua capilar	03
3.1.3.3 Agua higroscópica	04
3.1.4 Métodos para determinar las características físicas del suelo con fines de riego	04
3.1.4 Capacidad de campo	04
3.1.4.1.1 Olla de presión	04
3.1.4.1.2 Parcela de campo	05
3.1.4.2 Punto de marchitez permanente	05
3.1.4.3 Densidad aparente	05
3.1.4.3.1 Método del agujero	05
3.1.5 Evapotranspiración	06
3.1.5.1 Métodos para estimar la evapotranspiración	06
3.1.5.1.1 Método de las parcelas experimentales	07
3.1.5.1.2 Método basado en la evaporación de tanque tipo "A"	07
3.1.6 Relaciones entre suelo, agua, tiempo y planta	08
3.1.6.1 Absorción del agua por las plantas	08
3.1.6.2 Aprovechabilidad del agua del suelo por las plantas	09
3.1.6.3 Relación de transpiración	09
3.1.6.4 Influencia de las condiciones del tiempo sobre la evapotranspiración	09

3.1.6.5 Efecto del suministro de humedad al suelo sobre el desarrollo de la planta	11
3.1.7 Conclusiones sobre trabajos realizados en evapotranspiración	11
3.1.8 Rendimientos de miltomate obtenidos en época lluviosa	12
3.1.9 Características generales del genero Physalis	13
3.1.10 Usos del miltomate	14
3.2 MARCO REFERENCIAL	15
3.2.1 Localización	15
3.2.2 Clima y zona de vida	15
3.2.3 Geomorfología	15
3.2.4 Fisiografía	15
3.2.5 Hidrología	16
3.2.6 Suelos	16
3.2.7 Características del material experimental	16
4. OBJETIVOS	17
4.1 GENERAL	17
4.2 ESPECIFICOS	17
5. HIPOTESIS	18
6. METODOLOGIA	19
6.1 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO	19
6.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO	20
6.2.1 Control de la humedad del suelo y aplicación de los riegos	20
6.2.2 Volumen de agua a aplicar en cada riego	21
6.2.3 Tiempo de riego	22
6.2.4 Coeficiente "C"	22
6.2.5 Agotamiento de la humedad disponible del suelo	22
6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	23
6.4 PARCELA EXPERIMENTAL	23
6.5 VARIABLES DE RESPUESTA	24
6.5.1 Rendimiento	24

6.5.2 Evapotranspiración	24
6.6 ANALISIS DE LOS DATOS	24
6.7 MANEJO DEL CULTIVO	25
6.7.1 Preparación del terreno	25
6.7.2 Trasplante	25
6.7.3 Control de plagas y enfermedades	25
6.7.4 Control de malezas y fertilización	26
6.7.5 Cosecha	26
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7.1 RENDIMIENTO	27
7.2 EVAPOTRANSPIRACION	29
7.2.1 Etapas de desarrollo del cultivo respecto a la evapotranspiración	35
7.2.2 Relación de transpiración	35
7.2.3 Estimación del coeficiente "C"	36
7.2.4 Agotamiento de la humedad disponible del suelo	37
8. CONCLUSIONES	39
9. RECOMENDACIONES	40
10. BIBLIOGRAFIA	41
11. ANEXOS	44

INDICE DE CUADROS

CUADRO

	Página
1. Propiedades físicas del suelo	19
2. Resultados del análisis químico del suelo	19
3. F calculada y probabilidad de significancia para el rendimiento de frutos frescos	27
4. Comparación de medias para el rendimiento de frutos frescos	28
5. Número de riegos, fecha de aplicación y lamina total consumida por el cultivo	30
6. F calculada y probabilidad de significancia para las láminas de agua consumidas	31
7. Comparación de medias para las láminas de agua consumidas	31
8. Condiciones del tiempo en el intervalo de 8 días	33
9. Condiciones del tiempo en el intervalo de 12 días	33
10. Condiciones del tiempo en el intervalo de 16 días	34
11. Condiciones del tiempo en el intervalo de 20 días	34
12. Coeficientes "C"	37
13. Registros de desarrollo para los intervalos de riego	52
14. Rendimiento de frutos frescos en kilogramos por hectárea	52
15. Peso de frutos por planta en kilogramos	52
16. Láminas de agua aplicadas en el intervalo de 8 días	53
17. Láminas de agua aplicadas en el intervalo de 12 días	54
18. Láminas de agua aplicadas en el intervalo de 16 días	55
19. Láminas de agua aplicadas en el intervalo de 20 días	56
20. Registros climáticos diarios para el mes de febrero	57
21. Registros climáticos diarios para el mes de marzo	58
22. Registros climáticos diarios para el mes de abril	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Necesidades básicas de agua para diferentes cosechas	10
2. Forma como se aplico el agua de riego al cultivo	21
3. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo para el intervalo de riego de 8 días	46
4. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo para el intervalo de riego de 12 días	47
5. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo para el intervalo de riego de 16 días	48
6. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo para el intervalo de riego de 20 días	49
7. Consumo de agua en kilogramos y rendimiento en kilogramos por hectárea	50
8. Fases de desarrollo con respecto a la evapotranspiración promedio para los intervalos de riego de 8 y 12 días	51

“ EVALUACION DE CUATRO INTERVALOS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE FRUTOS Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE MILTOMATE (*Physalis philadelphica* Lam.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA.”

“ FOUR IRRIGATION INTERVALS EVALUATION ON THE FRUIT GAIN AND EVAPOTRANSPIRATION OF MILTOMATE CULTIVATED (*Physalis philadelphica* Lam.) AT THE EXPERIMENTAL AND TRAINING CENTER OF AGRONOMY “

RESUMEN

La selección de los intervalos de riego en un cultivo es determinante para optimizar el rendimiento y el uso racional del agua, ya que es un aspecto indispensable para llevar a cabo el manejo sostenido del agua, que es un recurso poco disponible y con un alto costo de conducción y/o extracción; se hace necesario evaluar la frecuencia de riego que produzca los mayores rendimientos para el cultivo de miltomate.

Uno de los problemas ligados al cultivo es que para la época seca se desconoce la lámina de agua y el número de riegos por cada ciclo que se debe aplicar al cultivo. Por lo anterior se investigó la cantidad de agua consumida por el cultivo desde el trasplante hasta la cosecha, durante el periodo de aplicación de agua de riego, así como el intervalo con que habrá de regarse el mismo para que produzca los mayores rendimientos, el ensayo se condujo en los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

El principal objetivo de la investigación fue determinar el efecto del intervalo de riego y la lámina de riego para el cultivo del miltomate (*Physalis philadelphica* Lam.), sobre los rendimientos y evapotranspiración del cultivo en la época seca y para las condiciones del área donde se realizó el ensayo.

Las prácticas utilizadas para determinar el intervalo de riego y láminas de agua para el miltomate, fueron la siembra, trasplante, nivelación del terreno, caracterización del suelo en cuanto a propiedades químicas y físicas, aplicación de láminas de agua variables a intervalos de riego constantes de 8, 12, 16 y 20 días, utilizando riego por surcos y uso de sifones.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar, se evaluó cuatro intervalos de riego de 8, 12, 16 y 20 días, las variables utilizadas para cuantificar fueron: El rendimiento de frutos en kg/ha y la evapotranspiración del cultivo de miltomate en milímetros, la evapotranspiración del cultivo se cuantificó en las parcelas experimentales y se midió en láminas.

Dentro de los principales resultados obtenidos se tiene que en el intervalo de riego de 8 días se logró un rendimiento de 18324 kg/ha, en el intervalo de riego de 12 días un rendimiento de 13777 kg/ha, lo cual decrece a medida que se incrementa el intervalo. El intervalo de riego de 8 días presentó el mayor consumo de agua (173.95 mm.), así como el mayor número de riegos (7 riegos) y los valores mas altos del coeficiente "C" (0.97), seguido del intervalo de riego de 12 días que presentó un consumo de 123.18 mm. , 4 riegos y un coeficiente "C" de 0.78, para los demás tratamientos el rendimiento y evapotranspiración decreció (16 y 20 días). El agotamiento de la humedad disponible del suelo en los intervalos de riego de 8 y 12 días agotó un 36 por ciento y en los intervalos de riego de 16 y 20 días agotó un 49 por ciento, en ninguno de los tratamientos se consumió el 100 por ciento del agua aplicada al suelo, lo cual correspondería al punto de marchitez permanente. Con base a los resultados se concluyó que con la aplicación de agua de riego cada 8 días se obtienen los mayores rendimientos, así como el mayor consumo de agua, obteniéndose una cosecha de 18324 kg/ha y un consumo de agua de 173.95 mm. Para los demás intervalos el rendimiento y consumo decreció (16 y 20 días).

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala se encuentra dentro de la región mesoamericana y es centro de origen de diversas especies vegetales, dentro de ellas se encuentra el miltomate (Physalis philadelphica Lam.) que es una hortaliza que forma parte de la dieta alimenticia de los guatemaltecos debido a su sabor característico y por su calidad nutricional; además, posee propiedades medicinales tales como diurético, calmante y en muchos casos es útil en complicaciones gastrointestinales y hepáticas. (3)

Actualmente el miltomate es una planta tolerada en el cultivo de maíz y frijol, y se cultiva en el altiplano occidental de Guatemala como monocultivo. Dada su importancia como cultivo alimenticio, el Instituto de Investigaciones Agronómicas y la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran ejecutando el proyecto de investigación que generará tecnología para hortalizas nativas de Guatemala: bledo, hierba mora, miltomate. Dentro de la información generada a la fecha se cuenta con la acumulación de nutrientes en distintas fases de desarrollo de la planta, distancias de siembra, respuesta a niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica como complemento; ahora se cuenta con lo que son los requerimientos de agua del cultivo, expresado en láminas y el intervalo de riego, para luego llevar a realizar la evaluación del cultivo en el ámbito de finca, lo cual concluirá con la formulación del manual técnico del cultivo de miltomate.

En la investigación se evaluó la aplicación de agua de riego en el cultivo de miltomate cada 8, 12, 16 y 20 días, para tal efecto se utilizó un diseño experimental en bloques al azar. Este se llevó a cabo en los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA).

Las variables de respuesta evaluadas fueron el rendimiento de frutos frescos en kilogramos por hectárea y peso de frutos por planta en kilogramos, la evapotranspiración del cultivo se cuantificó en las parcelas experimentales. Basándose en los resultados obtenidos se concluyó que aplicando agua de riego cada ocho días se obtuvieron los mayores rendimientos, así como el mayor consumo de agua, obteniéndose una cosecha de 18324 kg./ha y un consumo de agua en láminas de 173.95 mm. Para los demás intervalos el rendimiento y consumo decreció.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de La Universidad de San Carlos de Guatemala y la Dirección General de Investigación (DIGI) de la Universidad de San Carlos de Guatemala ejecutaron el proyecto de investigación “ Desarrollo de Prácticas Agronómicas para Hortalizas Nativas o Tradicionales de Guatemala ” con el objeto de generar tecnología para hortalizas nativas de Guatemala, dentro de estas se encuentra el miltomate, se han realizado investigaciones sobre acumulación de nutrientes en diferentes edades fenológicas, distancias de siembra entre surcos y plantas, interferencia de malezas, fertilización y momento óptimo de trasplante, quedando pendiente el consumo de agua e intervalos de riego que deberán aplicarse al cultivo en la época seca, que es cuando presenta la mayor demanda y mayores precios en el mercado nacional.

Uno de los problemas ligados al cultivo es que para la siembra en época seca se desconoce la lámina de agua y el número de riegos por cada ciclo que se debe aplicar al cultivo. Por lo anterior se investigó la cantidad de agua consumida por el cultivo desde el trasplante hasta la cosecha, durante el periodo de aplicación de agua de riego, así como el intervalo con que habrá de regarse el mismo para que produzca los mayores rendimientos de manera eficiente, el ensayo se condujo en los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.2 EL RIEGO AGRÍCOLA

En la mayor parte de las regiones agrícolas el factor que sigue siendo el más imprevisible e incontrolable es el tiempo, con la irrigación es posible hacer algo para mejorarlo, cuando la humedad se mantiene cerca de la óptima, se puede obtener el máximo provecho de la producción. (28)

El riego agrícola se ha desarrollado más intensamente en las regiones áridas, donde la precipitación natural es inadecuada para el desarrollo de muchos cultivos. Muchas regiones que tienen una precipitación anual relativamente elevada tienen periodos de sequía en los que no hay ninguna producción agrícola o en los que los rendimientos se reducen mucho por falta de humedad. (Algunas regiones de Guatemala) Grandes superficies en los trópicos y las que los rodean tienen inviernos secos. En el hemisferio occidental, estas regiones tropicales con veranos secos e inviernos húmedos se extienden hacia el Norte en el Sur de México, por lo que la irrigación se extiende rápidamente. (28)

3.1.3 EL AGUA DEL SUELO

3.1.3.1 AGUA GRAVITATORIA

Se presenta cuando los poros del suelo están llenos de agua y se dice que el suelo está saturado, la película de agua alrededor de las partículas de suelo es tan gruesa que las fuerzas de adhesión entre el agua y el suelo son menores que la fuerza de la gravedad, lo cual ocasiona que el agua se mueva o drene. Al agua que se mueve libremente hacia abajo en los poros debido a la acción de la fuerza gravitatoria se le conoce como agua gravitatoria. (24)

3.1.3.2 AGUA CAPILAR

Cuando el agua gravitatoria drene, entonces los poros grandes son ocupados por aire y el agua contenida en los poros pequeños que sigue moviéndose lentamente por capilaridad, este movimiento capilar se observa cuando el agua está retenida en el suelo a una tensión entre 1/3 y 15 atmósferas. A esta clase de agua se le denomina capilar, siendo el agua aprovechable por las plantas. (24)

3.1.3.3 AGUA HIGROSCÓPICA

Es el agua que se encuentra retenida a más de 15 atmósferas de tensión, puede ser absorbida por algunas plantas, pero a una velocidad que no llena los requerimientos de transpiración provocando disminución en la producción. La evaporación en la superficie y la absorción de humedad por las plantas, reducen la cantidad de agua en el suelo hasta que cesa el movimiento capilar, entonces el agua queda adherida herméticamente en forma de capas muy delgadas alrededor de las partículas de suelo, la fuerza de adhesión es tan grande que está película de agua no puede moverse en el suelo y ser aprovechada por la planta, por lo que esta comienza a marchitarse. A esta clase de agua se le denomina higroscópica. (24)

3.1.4 CAPACIDAD DE CAMPO

Representa la cantidad de agua retenida, después que el exceso de agua por riego o precipitación ha sido drenado completamente por acción de la gravedad. Este atributo ha sido aceptado como un comportamiento dinámico del perfil del suelo y que la distribución del agua es una característica intrínseca siendo variable en el tiempo y en el espacio. (33)

Actualmente es usual asociar la capacidad de campo a una cantidad de agua retenida por un potencial máximo de retención de un suelo preestablecido (tensiones), en general varía de 0.098 a 0.32 atmósferas para suelos de textura gruesa y fina respectivamente, según la Asociación Brasileña de Irrigación y Drenaje 1978 (2) y Bernardo 1984 (4). No obstante, conforme Van Wanbeke (2), la capacidad de campo varía con tensiones de 0.049 a 0.32 atmósferas, siendo frecuente asociarla hasta valores de 0.09 atmósferas. (2, 4)

3.1.4.1 MÉTODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO

3.1.4.1.1 MÉTODO DE LA OLLA DE PRESIÓN

Se basa en la aplicación de aire a 1/3 de atmósfera de presión a muestras de suelo saturadas de agua, es decir, condiciones similares a la capacidad de campo. Al someter un suelo previamente saturado a una presión de succión equivalente a 1/3 de atmósfera durante 16 ó 24 horas, el agua gravitacional es expulsada y el contenido de humedad que queda en la muestra de suelo es lo que corresponde a la capacidad de campo. (24)

3.1.4.1.2 MÉTODO DE LA PARCELA DE CAMPO

Consiste en limpiar y nivelar una parcela de un metro cuadrado con dos bordes alrededor. Se aplica una lámina de agua hasta saturar el suelo, se cubre la parcela con plástico para evitar la evaporación y se espera que filtre. Después de que el agua se infiltró se toman muestras de suelo a intervalos de 4 a 6 horas en suelos de textura arenosa y de 12 a 24 horas en suelos de textura arcillosa, esto puede durar varios días.

El contenido de humedad de las muestras deberá disminuir a medida que el agua gravitatoria va drenando, al terminar este drenado entonces el contenido de humedad tenderá a ser constante debido a que no hay salida del agua ni por drenaje ni por evaporación, el valor del porcentaje de humedad cuando ya se vuelve constante corresponde a la capacidad de campo de suelo analizado. (15)

3.1.4.2 PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

Se define como el contenido de humedad de un suelo en el que una planta indicadora (GIRASOL) se marchita permanentemente y no recobra su turgencia en una cámara oscura y húmeda a menos que se le aplique agua.

Uno de los métodos más confiables para su determinación es el método fisiológico empleado por Briggs & Shantz (5), para determinar el punto de marchitez permanente, siendo laborioso y exigente en cuanto a tiempo, este método consiste en tomar muestras de suelo, tamizarlas y luego colocarlas en macetas o vasos plásticos. Enseguida se colocan o siembran semillas de GIRASOL y se mantienen buenas condiciones de humedad hasta que la planta tenga dos o tres pares de hojas verdaderas, luego se cubre la superficie con cartulina parafinada y se deja solo un pequeño orificio para el tallo, luego la planta se coloca en un ambiente oscuro por 12 horas, y consecutivamente se mide el contenido de humedad y se aplica agua, cuando la planta llega al punto en que no se recupera de la marchitez; es el punto considerado como de marchitez permanente.

Otro método es el de las ollas de presión, este consiste en someter muestras de suelo saturadas de agua a tensiones de 15 atmósferas y luego determinar el porcentaje de humedad de las mismas. (15)

3.1.4.3 DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente del suelo se define como la relación entre la masa secada al horno de las partículas del suelo (105 grados centígrados) y el volumen de suelo incluyendo aire y agua. (24)

3.1.4.3.1 MÉTODO DEL AGUJERO

Se determina utilizando el método del agujero que es aconsejable cuando se requiere información confiable. Se hace un hoyo de 12 x 12 x 10 cm de capacidad en el tercio medio del estrato a muestrear, luego se cubre con plástico procurando que adquiera las irregularidades de la cavidad y para conocer el volumen se agrega agua

hasta llenar, midiendo la cantidad aplicada con una probeta graduada o con un recipiente de volumen conocido. El suelo del agujero se lleva al laboratorio para ser pesado, luego con una submuestra de 125 gr. se determina el contenido de humedad al secarlo a 110 grados centígrados, posteriormente se calcula la densidad aparente utilizando la siguiente relación: (24)

$$Da = \frac{100 \times Psh}{Vt (100 + Ps)}$$

Donde:

Da = Densidad aparente

Psh = Peso del suelo húmedo en kilogramos

Vt = Volumen total en litros,

Ps = Porcentaje de humedad

3.1.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

" La evapotranspiración (ET), es el proceso de cambio de estado de agua líquida a vapor, mediante el cual el agua almacenada en la capa del suelo, pasa a la atmósfera al ser usada por el complejo agua-suelo-planta ". (10)

Las condiciones que afectan la evapotranspiración del agua son la temperatura, las prácticas de riego, duración del periodo de crecimiento, precipitaciones y otros factores. El volumen de agua transpirado por las plantas depende en gran parte del agua que tiene a disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta, de su follaje y naturaleza de las hojas. (15)

3.1.5.1 MÉTODOS PARA ESTIMAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Dentro de los métodos directos para calcular la evapotranspiración se encuentran: Tanques y lisímetros, evapotransporímetro de thornthwaite, método de integración y método de las parcelas experimentales. Los métodos indirectos, son todos aquellos que calculan la evapotranspiración a través de fórmulas empíricas, las cuales han sido desarrolladas tomando en consideración diferentes variables climáticas, tales como temperatura, velocidad del viento, radiación solar y época del año. (20)

Se estima que los valores típicos de Evapotranspiración para climas templados son de 1 a 3 mm./día, en el trópico húmedo de 5 a 8 mm./día y en las regiones áridas de 10 a 12 mm./día. (35)

3.1.5.1.1 MÉTODO DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES

Este método proporciona datos reales en comparación a los estimados por lisímetros y que para la obtención de la humedad del suelo se recurre al método gravimétrico, que aunque laborioso y costoso es de gran utilidad, la metodología consiste en barrenar diferentes profundidades, extraer las muestras de suelo húmedo, colocarlas en cajas de aluminio y llevarlas al laboratorio para su posterior pesado y desecación. El porcentaje de humedad de la muestra se calcula utilizando la siguiente relación: (24)

$$Ps = \frac{psh - pss}{pss} \times 100$$

Donde: Ps = Porcentaje de humedad de la muestra basándose en peso seco

pss = Peso del suelo seco en gramos

psh = Peso del suelo húmedo en gramos

3.1.5.1.2 MÉTODO BASADO EN LA EVAPORACIÓN DE TANQUE

Frecuentemente se encuentra una proporcionalidad entre la evaporación medida, en un tanque evaporímetro estándar y la evapotranspiración de un cultivo bien abastecido de agua. La correlación encontrada en diferentes cultivos y el ciclo vegetativo permiten estimar coeficientes de evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua, estos coeficientes han servido para ajustar la fórmula que se usa en la estimación de la evapotranspiración potencial siendo esta: (19)

$$Etp = Ev * C$$

Donde:

Etp = Evapotranspiración potencial

Ev = Evaporación de tanque

C = Coeficiente de ajuste adimensional

3.1.6 RELACIONES ENTRE EL SUELO, EL AGUA, EL TIEMPO Y LA PLANTA

3.1.6.1 ABSORCIÓN DEL AGUA POR LAS PLANTAS

Existen cuatro categorías que se usan para clasificar las fuerzas involucradas en la entrada del agua a la planta: (1) osmóticas, (2) de imbibición, (3) metabólicas y (4) por succión de la transpiración. Estas pueden considerarse como factores de la intensidad en la entrada del agua. La cantidad total de agua que entra en la planta durante un tiempo dado, depende de las fuerzas netas del agua y del área efectiva total de la superficie de las raíces. (28)

" La fuerza principal en la absorción del agua por las plantas es la elevada presión osmótica de las células de la raíz, en comparación con los esfuerzos totales externos ejercidos sobre el agua para evitar que se absorba. Una raíz pequeña de la planta, en contacto íntimo con el suelo, forma un sistema coordinado con un movimiento continuo de agua hacia dentro o hacia fuera de la planta hacia el punto de mayor esfuerzo. Si la afinidad de las raíces por el agua excede los esfuerzos de la que esta en el suelo, el agua entra. Bajo algunas condiciones poco frecuentes, los esfuerzos del agua que contiene el suelo pueden llegar a ser suficientemente grandes para extraer agua de las raíces de la planta. Se sabe que los coloides hidrófilos de las plantas juegan un papel importante en la absorción del agua debido a sus cualidades de imbibición. Existen algunas evidencias que indican que el movimiento del agua en las plantas puede tener lugar como resultado de la actividad metabólica, pero que es de poca importancia en comparación con los efectos osmóticos, en general la velocidad de entrada del agua a las raíces sigue los cambios en la intensidad de la transpiración ". (28)

" La fuerza total de succión que pueden ejercer las raíces de las plantas por el agua del suelo, varía con las diferentes plantas, los diferentes suelos y las condiciones climáticas. Generalmente se supone que las plantas se marchitan permanentemente en una atmósfera casi saturada, cuando la raíz ya no puede extraer cantidades apreciables de agua del suelo. Existe variación en la cantidad de succión que las plantas pueden ejercer en el agua. La cifra de 15 atmósferas es la que generalmente se acepta como la fuerza límite, que la mayor parte de las plantas pueden ejercer para obtener suficiente agua para el desarrollo. Se han registrado fuerzas hasta de 60 atmósferas para algunas plantas, aunque éstas eran antes de que murieran. " (28)

3.1.6.2 APROVECHABILIDAD DEL AGUA DEL SUELO POR LAS PLANTAS

La tensión física del suelo es importante para determinar la facilidad de la absorción del agua por las plantas. La representación completa de la aprovechabilidad del agua en los suelos, no obstante, se debe reconocer que el agua del suelo no es pura, disuelve varios materiales del suelo y así, la savia de las células de la planta, posee una presión osmótica definida debida a los iones disueltos. En muchos casos, la presión osmótica de estas soluciones de suelo pueden ser iguales o mayor en esfuerzo que las tensiones físicas. (28)

Las presiones osmóticas del agua de los suelos productivos normales en las condiciones del campo están comprendidas, generalmente, entre 1 y 2 atmósferas, pero que en los suelos salinos estériles, pueden encontrarse valores tan elevados como de 200 atmósferas. (28)

3.1.6.3 RELACIÓN DE TRANSPIRACIÓN

A la relación entre las cantidades de agua requeridas por los diferentes cultivos se le llamó relación de transpiración. Que puede definirse como el número de kilogramos de agua necesaria para producir cada kilogramo de cosecha sin incluir raíces, los valores fluctúan mucho con los cambios en los factores como: la intensidad de la luz, la humedad del aire, la velocidad del viento, la temperatura, la humedad aprovechable y de la cantidad de materias nutritivas aprovechables. (28)

3.1.6.4 INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL TIEMPO SOBRE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

"Las necesidades de agua de los cultivos son profundamente afectadas por las condiciones atmosféricas, y que la necesidad de agua de una misma cosecha varía notablemente, según la época del año en que crezca. La necesidad de agua es mayor en aire seco que en aire húmedo, se comprobó que en general, las necesidades de agua de una cosecha en el campo eran menores que las determinadas en experimentos en macetas". (20)

" Una revisión general de literatura, revela que la mayor parte de las investigaciones llevadas a cabo desde el principio del siglo actual, han ido tendiendo cada día mas a correlacionar la transpiración, la evaporación, la radiación y la depresión en el bulbo húmedo. Puede notarse que la depresión integrada del bulbo húmedo y la evaporación en un tanque de poca profundidad, muestran el mismo grado de asociación con la transpiración. Los coeficientes de correlación entre la radiación y la transpiración, y entre la depresión del bulbo húmedo y la transpiración, son notablemente uniformes para las diferentes cosechas y periodo, variando de 0.75 a 0.88, estos definen la relación entre la evaporación y la transpiración como de tipo principalmente asociado y no

como una relación de causa efecto, por responder ambas a los mismos factores del medio, pero no necesariamente del mismo modo precisamente o en el mismo grado. Tomando la radiación como principal factor causante, sus coeficientes de correlación muestran que del 0.67 a 0.77 de la transpiración en los días claros esta determinada por la intensidad de la radiación. Se comprobó que la componente vertical del déficit de la radiación y saturación, estaba asociada en el mismo grado con la transpiración en la alfalfa y el amaranto. En el caso del centeno, se comprobó que la intensidad de la transpiración entre las nueve de la mañana y las tres de la tarde, mostraba una notable desviación de la gráfica determinada por la transpiración durante las primeras horas de la mañana. No se ha podido determinar si esto es debido al espaciamiento de las plantas, que puede haber determinado la admisión de mayor radiación que la que podría existir bajo condiciones de campo. Un punto que se deduce de las investigaciones agrícolas y que fue señalado, es el hecho de que el coeficiente de transpiración o eficiencia de la planta sufre cambios durante el día y durante el periodo de crecimiento, especialmente hacia el final del ciclo vegetativo, cuando se acerca el momento de recolección. Por tanto, sería mucho esperar que cualquier fórmula simple pudiera dar resultados absolutamente exactos, al llevar a cabo comprobaciones. Se deduce también que cualquier fórmula que se establezca, debe comprobarse sobre una base tan amplia como sea posible, para eliminar efectos puramente locales". (20)

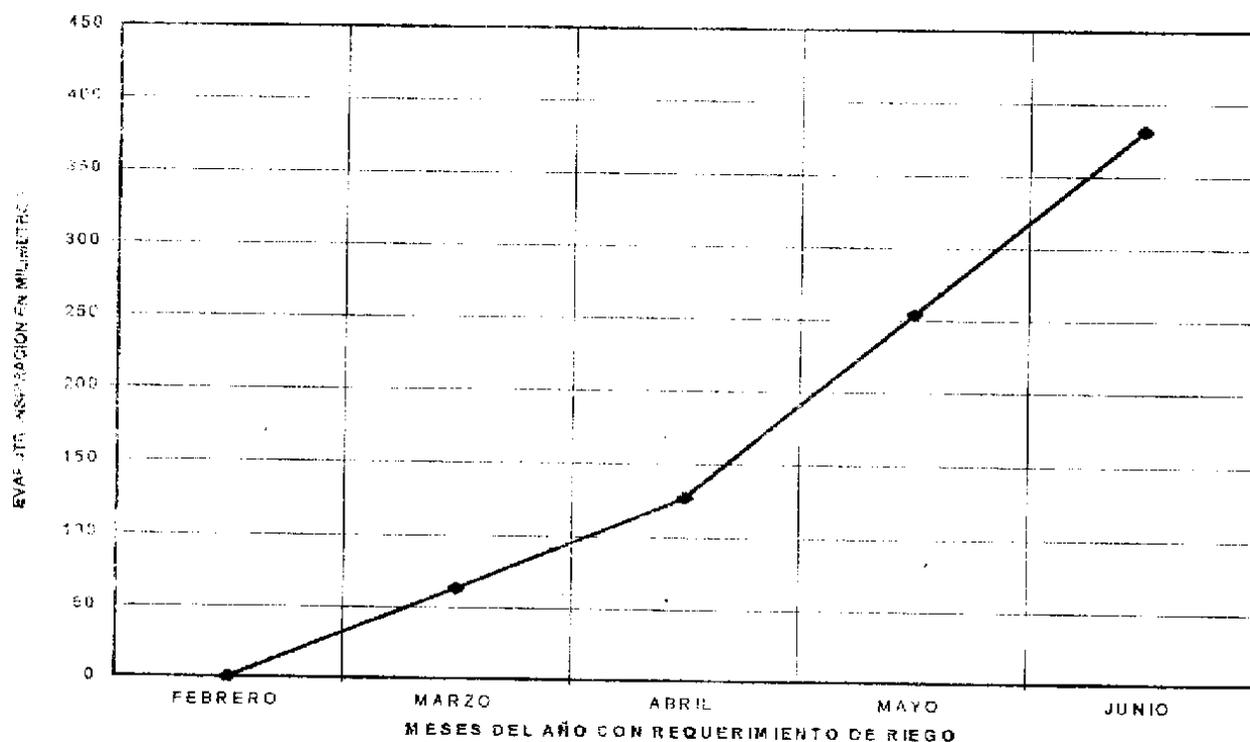


Figura 1. Necesidades básicas características de agua durante el ciclo anual para diferentes cosechas.

Fuente: Olivier, H. 1979 (20)

Tan importante es el poder de desecación de la atmósfera para modificar el consumo de agua del suelo por las plantas, que la necesidad y cantidad del riego se determinaran de los datos del tiempo y especialmente de la cantidad de radiación solar incidente. Estos y otros resultados indican que las pérdidas de transpiración son muy semejantes para una variedad muy grande de plantas, siempre que cubran completamente el suelo y estén turgentes. (28)

3.1.6.5 EFECTO DEL SUMINISTRO DE HUMEDAD AL SUELO SOBRE EL DESARROLLO DE LA PLANTA

El desarrollo de la mayoría de las plantas en el terreno es proporcional a la cantidad de agua presente, puesto que el crecimiento esta restringido entre un nivel muy bajo y un nivel muy alto de humedad del suelo. El agua es requerida por las plantas para la producción de hidratos de carbono, para mantener la hidratación del protoplasma, y como vehiculo para el traslado de alimentos y elementos minerales. La tensión de la humedad interna causa reducción en la división y en la extensión de las células, y de aquí en el desarrollo. (29)

Por otra parte el nivel de humedad del suelo tiene también un pronunciado efecto sobre la toma de nutrientes de la planta. Como regla general, hay un incremento en la absorción de cationes y aniones en tanto que la tendencia de humedad del suelo disminuye a causa del permanente agotamiento, en porcentaje de la capacidad de campo, cuando los poros son inundados por el agua, sin embargo, la respiración de la raíz es afectada y la toma de iones decrece. La humedad del terreno influye también indirectamente en el desarrollo de la planta, por su efecto sobre el comportamiento de los organismos del suelo. A niveles de humedad extremadamente altos o extremadamente bajos, la actividad de los organismos nitrificantes se inhibe, con el resultado de que las plantas pueden tener a su disposición un reducido suministro de nitrógeno aprovechable. (29)

3.1.7 CONCLUSIONES SOBRE ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS EN EVAPOTRANSPIRACIÓN

Mazariegos Robledo en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), en hierba mora (17) concluye que los mejores rendimientos del cultivo basándose en peso seco fueron de 4398.04 kg./ha regando el cultivo cada 10 días, con lo cual se obtuvo un valor de evapotranspiración de 16.47 centímetros para el ciclo del cultivo y mayor consumo a intervalo más corto.

Morales Cayax en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), en zanahoria (19) concluye que los mayores rendimientos para el cultivo se obtienen regando cada 8 y 12 días con un rendimiento de 24.35 y 21.31 toneladas por hectárea, una evapotranspiración de 335.7 y 178.9 milímetros respectivamente y un agotamiento de la humedad aprovechable del suelo mayor para las etapas medias y finales de desarrollo y que la evapotranspiración es mayor a medida que el intervalo de riego se acorta.

Orózco Godínez en la unidad de riego " San Jerónimo Baja Verapaz " en tomate (21), concluye que la aplicación de diferentes frecuencias de riego no tiene influencia sobre los rendimientos y que la evapotranspiración del cultivo aumenta a medida que el intervalo de riego es más corto.

Marroquín García en la unidad de riego " El Rancho, El Progreso " en tomate (16) concluye que existen diferencias con la aplicación de diferentes frecuencias de riego, sobre el rendimiento y que este último disminuyó a medida que el intervalo de riego se incrementó, también indica que la lámina consumida disminuye conforme se alarga el intervalo de riego. El agotamiento de la humedad aprovechable del suelo también fue mayor en las etapas de mediados y finales del ciclo del cultivo.

3.1.8 RENDIMIENTOS OBTENIDOS DEL MILTOMATE EN ÉPOCA LLUVIOSA

El Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos en el proyecto de " Desarrollo de prácticas agronómicas para el cultivo de hortalizas nativas ", en abril de 1993 en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA) obtuvo un rendimiento de 18813 kg./ha de frutos frescos de miltomate, como respuesta a niveles de fertilización. (31)

Chiquín, en su experimento sobre distanciamiento de siembra en el cultivo de miltomate, en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), concluye que sembrando a 0.40 metros entre plantas y de 0.60 a 1 metro entre surcos se obtiene un rendimiento máximo de 7067 kg./ha de frutos de miltomate. (7)

Velázquez Juárez, en su evaluación de nitrógeno, fósforo y gallinaza sobre el rendimiento de frutos de miltomate concluyó que aplicando 50 kg de N/ha y 1000 kg de P₂O₅/ha de gallinaza se obtiene un rendimiento máximo de 20466.60 kg./ha. (34)

Saray (25) reporta que en el periodo comprendido de 1972 a 1975 en el estado de Morelos, Zacatepec, México se obtuvieron los siguientes rendimientos: 16460, 8140, 18490, 22240 y 16160 kg./ha de frutos frescos, para cada año respectivamente.

3.1.9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GÉNERO PHYSALIS

Dentro del género "Physalis se clasifican dos grupos diferentes en sus características agrícolas y botánicas. Las especies sudamericanas poseen frutos dulces y aromáticos y se podrían considerar como frutas; son plantas perennes con fuerte sistema radicular, representadas por Physalis peruviana y Physalis alkekengi; mientras que las especies mexicanas no poseen fruto dulce y se clasifican como hortalizas; son plantas anuales, bajas y con sistema radicular débil, caracterizadas por el color púrpura de las anteras y corresponden a Physalis acquata Jac. la cual tiene corola acampanulada, amarilla y manchas púrpura en la base de los pétalos y Physalis angulata (miltomate de Rechi y Nuttal, "pack-nill" entre los mayas)". (6)

Botánicamente el miltomate es una hierba que tiene una altura de un metro o menos, tallos pubescentes y la mayor parte con pelos cortos o sin pelos; hojas dentadas, sinuada dentadas, algunas veces enteras, ovadas a ovadas lanceoladas. El largo de la hoja es de 3.5 a 12.5 centímetros y de 1.5 a 6 cm de ancho. El ápice es acuminado, la base acotada u obtusa, sin pelos algunas veces con pelos en las venas, en el haz y en el envés, los peciolo de 2 a 5 cm de largo; flores solitarias, los pedicelos de 3 a 7.5 mm. de largo; corola amarillenta de 8 a 12 mm. de largo, el limbo de 10 a 18 mm. de ancho; filamento a cerca de 2 mm. de largo; anteras azules o amarillentas con márgenes azulados, usualmente de una constitución fuerte después de la dehiscencia y de 2.5 a 3 mm. de longitud; fruto con 10 compartimientos, de 2 a 3 cm de longitud y de 2 a 2.5 cm. de ancho, sin pelos o raras veces con ellos, reticulado; Pedicelos de 3.5 a 8 mm. de longitud; fruto en baya de 15 a 20 mm. de diámetro, la mayoría de las veces cubierto por el cáliz del fruto. (23) En la actualidad, del género Physalis se ha estimado que existen alrededor de 80 especies, confinadas a zonas tropicales y templadas de América y muy pocas especies al Este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical. De éstas muy pocas son cultivadas por su fruto, por ejemplo Physalis peruviana en Perú, Haití, Costa Rica, Australia y sur de África. El miltomate contiene un ciclo de 85 a 90 días desde el semillero hasta la senectud. Después de la germinación inicia con un crecimiento lento, aproximadamente un centímetro diario, a los 24 días el crecimiento se acelera enormemente y se estabiliza a los 65 días, cuando alcanza una altura de 90 centímetros; la planta sigue creciendo lentamente y puede llegar a alcanzar un metro de altura o más, en su ambiente natural, esto sucede a los 70 días. Después la planta empieza a envejecer rápidamente y decae. La diferenciación de las yemas florales se inicia entre los 17 y 20 días después de la siembra; la aparición de las primeras flores ocurre a los 28 ó 30 días y continua floreciendo hasta la muerte de la planta. El cuajado de los frutos se inicia a los 35 días,

los cuales a los siguientes 7 días inicia una etapa llamada comúnmente de formación de cascabel que es la iniciación de la fructificación. Del cuajado de los frutos a la maduración de los mismos, transcurre de 20 a 22 días; la producción comercial de una planta se logra entre los 4 a 7 primeros entrenudos, aunque plantas con buen desarrollo presentan frutos comerciales hasta el entrenudo. (27)

3.1.10 USOS DEL MILTOMATE

El miltomate es una especie que forma parte de la dieta de la población guatemalteca, el miltomate mas consumido es el que se produce como maleza intercalada dentro del cultivo de maíz y frijol, luego se prefiere el de tamaño intermedio y por último el de tamaño grande. (9)

Las especies de uso medicinal empleadas son Physalis peruviana y Physalis alkekengi, a las cuales se les atribuyen propiedades curativas contra enfermedades tales como: nube de los ojos, complicaciones de pecho y garganta, irregularidades menstruales, cálculos renales, ictericia, fiebres intermitentes, gota, reumatismo y complicaciones del bazo e hígado. Además, es excelente diurético y depurativo, calmante y emoliente. (3)

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 LOCALIZACIÓN

El Centro Experimental Docente de Agronomía está situado al Sur de la ciudad capital y de la ciudad universitaria, dentro de las siguientes coordenadas 14°35'11" Latitud Norte y 90°35'58" Longitud Oeste, con una altitud media de 1502 metros sobre el nivel del mar.

3.2.2 CLIMA Y ZONA DE VIDA

" Según el mapa de zonas de vida de la república de Guatemala el área experimental se encuentra dentro de la zona de vida Bosque húmedo subtropical templado Bh-st, se caracteriza por ser muy extensa y tener muchas asociaciones edáficas diferentes. Su clima se caracteriza por presentar los meses de lluvia de mayo a noviembre, la precipitación oscila entre 1100 y 1349 mm como promedio total anual. La biotemperatura media anual, varía entre los 20 grados y los 26 grados centígrados, la evapotranspiración potencial es alrededor de 1.0, su relieve es ondulado a escarpado y accidentado, la elevación varía entre los 650 y 1700 msnm, la vegetación natural está constituida especialmente por Pinus oocarpa, Curatella americana, Quercus spp. , Byrsonina crassifolia, que son las más indicadoras de esta zona. (20) El clima del área experimental se clasifica como B2'b'Bi, que significa templado con invierno benigno, húmedo con invierno seco. Perteneciente al valle intercolineal de las tierras altas del cinturón volcánico ". (13, 14)

3.2.3 GEOMORFOLOGÍA

El valle de Guatemala se define como "un recipiente de forma alargada constituido por dos cuencas hidrográficas drenadas hacia el Norte y el Sur, cuyo limite constituye localmente la divisoria continental de las aguas superficiales, de orientación NW-SE. Constituye una parte del altiplano de Guatemala, formando al Norte una cadena de conos volcánicos cuaternarios, un terreno de relieve moderado". (12)

3.2.3 FISIOGRAFÍA

Esta región es testimonio geológico de la actividad volcánica en Guatemala, data del paleozoico y se intensificó en el periodo terciario, este comprendió aproximadamente, entre 2 y 60 millones de años. Las erupciones arrojaron grandes cantidades de materiales principalmente basalto y andesitas, que cubrieron las formaciones de la tierra preexistentes, desarrolladas sobre el basamento cristalino y sedimentario de las regiones situadas al Norte, la principal característica de la región es su gran diversidad de volcanes. (15)

3.2.4 HIDROLOGÍA

El área experimental se encuentra localizada en la cuenca del río Michatoya con un área de 149 km², y en la subcuenca del río Villalobos. En las cuencas que integran el valle de Guatemala, el régimen de las aguas superficiales por la naturaleza geomorfológica de los cauces y en particular por las grandes pendientes desarrolladas es típicamente torrencial. La distribución pluvial predominante es de tipo convectivo y orográfico, se da en seis meses. Se indica, además, que a pesar de que la cuenca del río Michatoya es considerada relativamente grande el escurrimiento superficial es pequeño. (15)

3.2.6 SUELOS

Según el mapa mundial de suelos editado por la FAO/UNESCO, citado en el perfil ambiental de Guatemala (32) los suelos del área experimental se clasifican como cambisoles. Simmons, Tarano y Pinto (26) los clasifican en la serie Guatemala y los caracterizan por ser originados de ceniza volcánica pomácea de color claro, presentando un relieve casi plano y un buen drenaje interno; su suelo superficial es café rojizo, franco arcilloso, friable, de 0.5 a 0.6 metros de profundidad. El declive dominante es de 0 a 2 %, el drenaje a través del suelo es lento, la capacidad de fertilidad natural es alta y el problema especial que presentan en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica.

3.2.7 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

El material genético de miltomate utilizado proviene del municipio de Sumpango, Sacatepéquez, en donde el Instituto de Investigaciones Agronómicas (31) identificó la colecta No. 666, y Pinto (23) la describe como de buenas características agromorfológicas y bromatológicas; de crecimiento erecto, tallo herbáceo que alcanza una altura de 60 centímetros, con hojas de forma ovalada lanceolada, de ápice acuminado y base oblicua, flores solitarias con lóbulos triangulares presentes en el cáliz, corola pubescente, lobulada, masculada de color amarillo pálido, con filamentos color violeta y anteras amarillo verdosas. El fruto maduro es de color verde púrpura, presente un cáliz pubescente y deprimido.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Determinar el efecto de cuatro intervalos de riego en el cultivo de miltomate, para las condiciones del Centro Experimental Docente de Agronomía en la época seca.

4.2 ESPECIFICOS

- 4.2.1 Determinar el intervalo de riego que produzca el mayor rendimiento de frutos para el cultivo de miltomate.
- 4.2.2 Determinar la evapotranspiración, el coeficiente "C" y el grado de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo para el cultivo de miltomate.

5. HIPÓTESIS

Los rendimientos de frutos frescos en kilogramos por hectárea de miltomate serán distintos con la aplicación de agua de riego a intervalos de 8, 12, 16 y 20 días.

La evapotranspiración del cultivo de miltomate será distinta con la aplicación de agua de riego a intervalos de 8, 12, 16 y 20 días.

6. METODOLOGÍA

6.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

Para el análisis físico-químico se tomaron 20 sub-muestras del área experimental en cada uno de los estratos estudiados (0 - 20 y 20 - 40 cm.), se homogeneizó y luego se formó una muestra compuesta, la cual fue enviada al laboratorio de suelos "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se determinó la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y clase textural por el método de las ollas de presión y el método de Bouyucos respectivamente. La densidad aparente se determinó en campo por el método del cilindro de volumen conocido. Los resultados de los análisis se presentan en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Propiedades físicas del suelo en la parcela experimental.

Estrato	Clase Textural	Densidad aparente.	C. C.	P. M. P.
0 - 20 cm	Franco arcilloso	1.3 gr./cc	26.00 %	16.44 %
20 - 40 cm	Franco arcilloso	1.3 gr./cc	26.02 %	19.01 %

C.C. = Capacidad de campo

P.M.P. = Punto de marchitez permanente

En el cuadro 2 se observa que el fósforo se encuentra adecuado, el potasio esta alto, el calcio alto, el magnesio alto, las relaciones se presentan de la siguiente manera: Ca/Mg : balance, (Ca + Mg)/K: desbalance, Mg/K: 0.01; desbalance, Ca/K; 0.04 desbalance.

Cuadro 2. Resultados del análisis químico del suelo.

PH	Microgramos/ml		meq/ 100 ml		Relaciones			
	P	K	Ca	Mg	Ca/Mg	(Ca + Mg)/K	Mg/K	Ca/K
6.5	10.3	300	13.41	5.29	2.53	0.06	0.01	0.04

6.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.2.1 CONTROL DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y APLICACIÓN DE LOS RIEGOS

Un día antes de realizar el trasplante (17), se regó uniformemente toda el área experimental por aspersión, con el objeto de que las plántulas tuvieran condiciones adecuadas para su establecimiento. Después de realizado el trasplante el cultivo se regó a intervalos de 5 días durante un periodo de quince días, después de estos riegos de establecimiento se comenzó a aplicar los tratamientos. Los riegos definidos se aplicaron por el método de riego por surcos (ver figura 2), colocando un sifón en la cabecera de cada surco dentro de un canal semicircular que se fabricó cortando por la mitad un tonel de 54 galones el cual se mantuvo con un tirante de agua con altura constante, con el propósito de proporcionar una carga hidráulica constante a los sifones, el control de la humedad del suelo se llevó acabo realizando muestreos antes y después de cada riego, con los cuales se determinó el porcentaje de humedad por medio del método gravimétrico; calculándose la lámina de riego a aplicar basándose en la cantidad de agua evapotranspirada por el cultivo antes de cada riego y realizando un ajuste con el porcentaje de humedad obtenido después de cada riego, este ajuste (regla de 3) fue necesario debido a que en el periodo de muestreo de humedad existe consumo de agua y esta no es medida de forma directa.

Se utilizó la siguiente relación: (24)

$$Lr = \frac{(CC - Psa) \times Da \times Pr}{100} + \text{Ajuste}$$

Donde:

Lr = Lámina de agua a reponer (cm)

CC = Capacidad de campo del estrato en porcentaje

Psa = Pociendo de humedad del suelo antes del riego en porcentaje

Da = Densidad aparente del estrato (gr./cc)

Pr = Profundidad radicular del cultivo (cm)

Ajuste = Consumo de agua en el periodo de muestreo (cm)

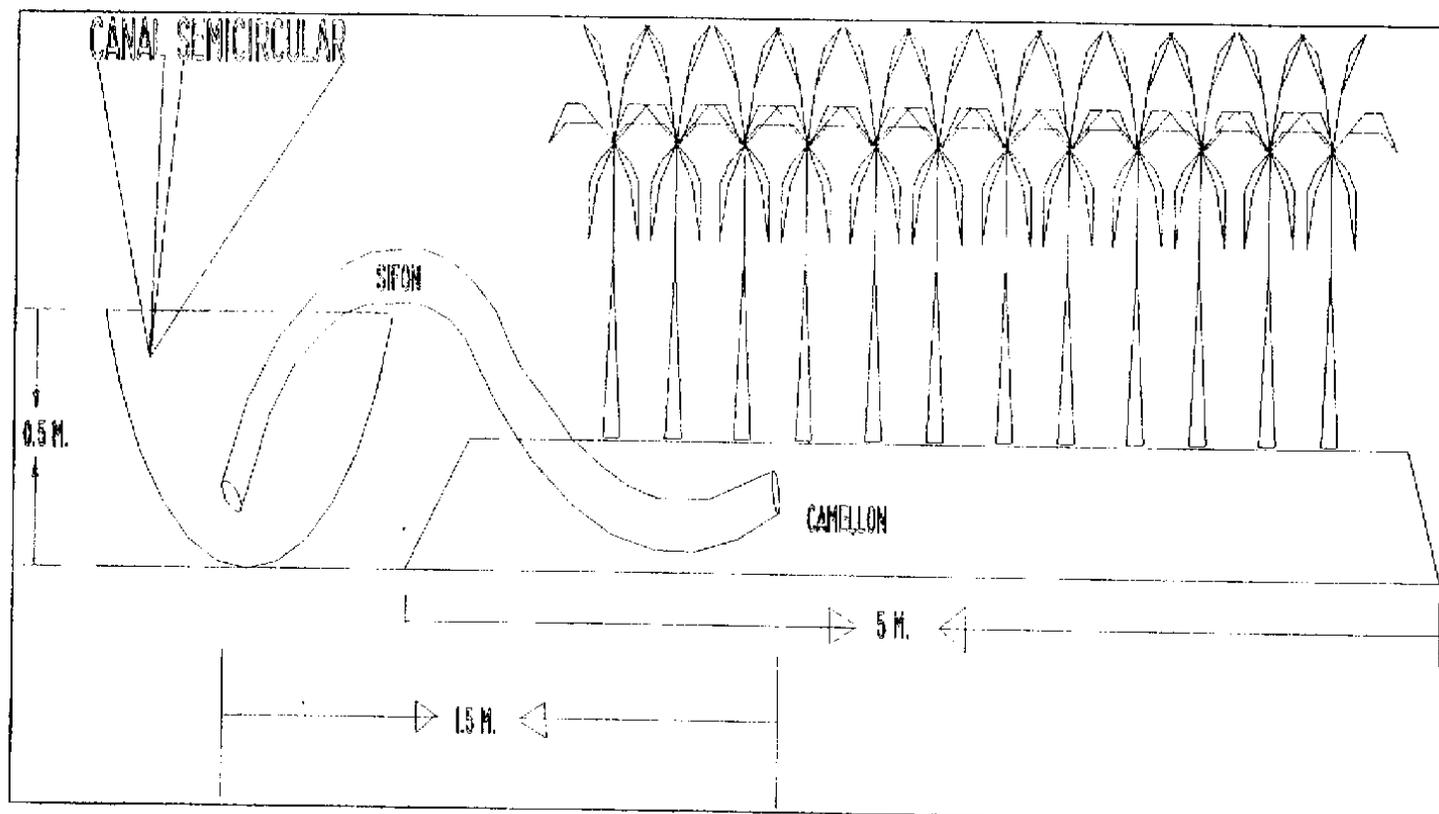


Figura 2. Forma como se aplico el agua de riego al cultivo de miltomate.

6.2.2 VOLUMEN DE AGUA A APLICAR EN CADA RIEGO

El volumen de agua aplicado en cada riego, tratamiento y respectiva unidad experimental, se calculó a través de la siguiente fórmula: (24)

$$\text{Vol.} = A \times L_r \times 1000$$

Donde:

Vol. = Volumen de agua requerido en litros

A = Area de cada unidad experimental en metros cuadrados

L_r = Lámina de agua a reponer en cada riego en metros

6.2.3 TIEMPO DE RIEGO

Conociendo el caudal (Q) de entrada en la cabecera de cada surco, se calculó el tiempo de riego (Tr), para cada una de las unidades experimentales, mediante la siguiente relación: (24)

$$Tr = \frac{Vol.}{Q \times 60}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego en minutos

Vol. = Volumen de agua requerido en litros

Q = Caudal de entrada en litros/seg.

60 = Constante que transforma segundos a minutos

6.2.4 COEFICIENTE "C"

Con los datos obtenidos de evapotranspiración promedio para cada tratamiento y los datos de evaporación de un tanque evaporímetro tipo "A" se calculó el coeficiente "C" para los 4 tratamientos, utilizando la siguiente relación: (11)

$$Etp = Ev * C$$

Donde:

Etp = Evapotranspiración potencial

Ev = Evaporación de tanque tipo "A"

C = Coeficiente de ajuste adimensional

6.2.5 AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD DISPONIBLE DEL SUELO

Se calculó para cada unidad experimental, para tal efecto se consideró como el 100 por ciento de la humedad disponible del suelo cuando el valor de humedad fue del 26 por ciento que es lo que corresponde a la capacidad de campo y el cero por ciento de la humedad disponible del suelo cuando el valor de la humedad fue de 14 por ciento lo que corresponde al punto de marchitez permanente. Entonces con los datos de humedad obtenidos en los muestreos de cada riego y tratamiento se calculó el porcentaje agotado de la humedad disponible en cada riego mediante una simple relación estequiométrica, para luego ser analizada de forma gráfica.

6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de bloques al azar y se evaluaron 4 tratamientos con 5 repeticiones. Los tratamientos se codificaron de la siguiente manera:

- I - 08: Riego cada 8 días
- I - 12: Riego cada 12 días
- I - 16: Riego cada 16 días
- I - 20: Riego cada 20 días

6.4 PARCELA EXPERIMENTAL

Area total del experimento	792 m ²
Area neta del experimento	400 m ²
Area por unidad experimental ¹	20 m ²
Area útil por unidad experimental	14 m ²
Dimensiones de la unidad experimental	5 x 4 m.
Número de unidades experimentales	20
Distancia entre unidades experimentales	1 m.
Distancia entre bloques	2 m.
Número de surcos por unidad experimental	5
Número de plantas por parcela bruta	60
Número de plantas por parcela neta	36

¹ **Unidad experimental** se define como la porción de material experimental a la cual se le asigna un tratamiento en cada repetición de un experimento y **unidad de muestreo** es un conjunto de mediciones sobre la unidad experimental que constituye parte de una población, Tomado de las notas de clase "Diseño y análisis de Experimentos"

6.5 VARIABLES RESPUESTA

6.5.1 RENDIMIENTO

Las variables respuesta estudiadas para evaluar el efecto de los tratamientos fueron el rendimiento frutos frescos en kilogramos por hectárea y peso de frutos frescos en kilogramos por planta, para cuantificar estas variables se tomó como parcela neta los tres surcos centrales de cada unidad experimental, exceptuando los bordes y ahí se midió el rendimiento obtenido para luego referirlo a kg./ha.

6.5.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN

En lo que respecta a evapotranspiración se estudió el consumo de agua por el cultivo en láminas para cada tratamiento; esto se llevó a cabo realizando muestreos de humedad al azar en cada unidad experimental, para luego cuantificar el consumo de forma gravimétrica.

6.6 ANALISIS DE LOS DATOS

A los resultados obtenidos de las variables respuesta descritas se les realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 por ciento, seguido de esto se efectuó la prueba de medias con el comparador de Duncan. Todo lo mencionado se realizó en el Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contando con la ayuda del Sistema de Análisis Estadístico (SAS). El modelo estadístico utilizado para realizar los análisis de varianza fue:

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

Donde:

Y = Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general

T = Efecto del i -ésimo tratamiento

B = Efecto del j -ésimo bloque,

E = Error experimental en la ij -ésima unidad experimental

6.7 MANEJO DEL CULTIVO

El cultivo se manejó de acuerdo a las recomendaciones del informe del proyecto “Desarrollo de Prácticas Agronómicas Para el Cultivo de Hortalizas Nativas o tradicionales” (30), el material experimental provino del municipio de Sumpango, en el departamento de Sacatepéquez en donde el Instituto de Investigaciones Agronómicas lo identifica como la colecta No. 666. El cultivo se inició con el establecimiento del semillero, el cual se desarrolló en la empresa “Pegón Piloncito” localizada en el municipio de Amatitlán, en donde las plantas estuvieron hasta que presentaron de tres a cinco hojas verdaderas.

6.7.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

El terreno se preparó en forma mecanizada, efectuando la aradura a una profundidad de 20 centímetros y luego se dieron dos pasos de rastra, finalmente se niveló y se trazaron los surcos con pendiente no mayor al 0.3 por ciento.

6.7.2 TRASPLANTE

Esta actividad se realizó en las primeras horas del día, aplicándose un riego uniforme antes de realizar dicha actividad, El trasplante se llevó a cabo sobre camellones trazados de forma mecanizada, cuando las plantas presentaban 5 hojas verdaderas, a distancias de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas, colocando una planta por postura (1, 7).

6.7.3 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Se realizaron inspecciones diarias con el objeto de detectar cualquier ataque de plagas y/o incidencia de enfermedades, detectándose solamente el ataque de insectos de las familias crhysomelidae, los cuales se controlaron efectivamente realizando una sola aspersión con un insecticida comercial de acción por contacto e ingestión estomacal (Metasystox). Se encontró una incidencia de Cenicilla (Erysiphe spp) pero no llegó a tomar importancia como para realizar un control.

6.7.4 CONTROL DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN

El control de malezas se realizó manualmente a los treinta y cinco días después del trasplante (6). Los niveles de fertilización fueron los siguientes:

120 kg de P_2O_5 / hectárea, aplicándose el 100 por ciento a los 5 días después del trasplante. 100 kg de N/ hectárea, fraccionado se aplicó el 40 por ciento al momento del trasplante, 30 por ciento 25 días después del trasplante y el restante 45 días después del trasplante. Así como 1500 kg./ha de materia orgánica de origen bovino en base de peso seco, al momento del trasplante (30).

6.7.5 COSECHA

Esta actividad se realizó manualmente a los 85 días después de la siembra, sobre cada parcela neta. Se realizaron cortes cada 10 días y en cada uno se cuantificó el rendimiento por parcela en kilogramos por hectárea y el peso de frutos por planta en kilogramos.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 RENDIMIENTO

En los cuadros 14A y 15A se observa que en los intervalos de riego mas cortos los rendimientos fueron mayores comparados con los intervalos de riego mas prolongados, los rendimientos fueron menores. Para comprobar el efecto de los tratamientos sobre los resultados obtenidos se realizó el análisis de varianza y al encontrar diferencias se procedió a realizar la comparación de medias.

En el cuadro 3 se observa que la probabilidad de significancia es menor que el alfa (0.05), lo que nos indica que hay diferencias significativas en el rendimiento de frutos y el peso de frutos por plantas, debido al efecto de los tratamientos. Los coeficientes de variación para el rendimiento y peso de frutos por planta fueron de 13.07 y 19.33 porciento respectivamente.

CUADRO 3. F calculada y probabilidad de significancia para el rendimiento de frutos frescos en kg./ha y peso de frutos en kilogramos, para los intervalos de riego evaluados.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	kg/ha de frutos frescos		kg/planta de frutos	
		F CALCULADA	Pr > F	F CALCULADA	Pr > F
REPETICIONES	4				
TRATAMIENTOS	3	11.88	0.0002 *	3.35	0.0362 *
ERROR	11				
TOTAL	18				

C. V. = 13.07 porciento (Rendimiento) C.V. = 19.33 porciento (Peso de frutos/planta)

En el cuadro 4 se observa que existieron diferencias estadísticas, siendo distintos los tratamientos regados cada 8 y 12 días entre sí y también de los tratamientos regados cada 12 y 16 días. Para el peso de frutos por planta, el tratamiento regado cada 8 días es el único distinto con respecto a los demás, ya que Duncan nos indica que del intervalo de 8 días en adelante todas las medias son iguales estadísticamente.

En el cuadro 4 también se observa que el rendimiento del cultivo disminuye conforme el intervalo de riego es mas prolongado, lo cual según Thorne (28), se asocia a que "El desarrollo de la mayoría de las plantas en el terreno es proporcional a la cantidad de agua presente, puesto que el crecimiento esta restringido entre un

nivel muy alto y un nivel muy bajo de humedad del suelo”, de lo anterior deviene que el cultivo al tener menor disponibilidad de agua; disminuyó sus actividades metabólicas, principalmente en el ámbito celular, debido a que la tensión de la humedad interna de la planta causa reducción en la división y en la extensión de las células, lo cual obviamente tuvo un efecto directo en el desarrollo y rendimiento del cultivo.

CUADRO 4. Comparación de medias para el rendimiento de miltomate en kg/ha de frutos frescos y kg./planta de frutos frescos, utilizando el comparador DUNCAN'S.

INTERVALO DE RIEGO EN DIAS	RENDIMIENTO DE FRUTOS (kg/ha)	PESO DE FRUTOS (kg/Planta)
I - 8	18324 a	0.714 a
I - 12	13777 b	0.560 b
I - 16	9998 c	0.468 b
I - 20	9893 c	0.468 b

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 5 % de probabilidad

Por otra parte el cultivo fue sometido a fertilización con nitrógeno y fósforo, así como a la incorporación de materia orgánica, según Tisdale L. (28) La toma de nutrientes por las plantas esta influida por el contenido de humedad del suelo y que como regla general hay un incremento de la absorción de cationes y aniones a medida que la humedad del suelo aumenta, cuando se encuentra saturado, disminuye a valores cercanos a la capacidad de campo, lo cual pudo haber sido uno de los factores que coadyuvo a la disminución de la cantidad de nutrientes absorbidos y por ende el rendimiento disminuyo para cada tratamiento a medida que el intervalo de riego se prolongó. Otro aspecto importante que pudo haber tenido influencia sobre la disminución del rendimiento con respecto a la cantidad de agua aplicada al suelo es la actividad de los microorganismos presentes en el suelo, ya que Tisdale (28) también menciona que a niveles de humedad extremadamente altos o bajos en el suelo, la actividad de los microorganismos nitrificantes se inhibe, dando como resultado que las plantas pueden tener a su disposición un reducido suministro de nitrógeno aprovechable.

Lo mencionado en los párrafos anteriores viene a confirmar la tendencia de muchas de las conclusiones alcanzadas en trabajos anteriores sobre evapotranspiración en distintos cultivos. Así es importante mencionar a Morales Cayax (17) y Mazariegos Robledo (18), en sus trabajos sobre zanahoria (*Daucus carota*) y hierba

mora (*Solanum sp*) en el Centro Experimental Docente de Agronomía, en los cuales indican que a menor intervalo de riego mayor rendimiento y consumo de agua y que a mayor intervalo de riego menor rendimiento, menor consumo de agua y mayor agotamiento de la humedad aprovechable del suelo.

Los rendimientos obtenidos se consideran aceptables, ya que la mayoría de la literatura consultada reporta datos con bastante similitud a los obtenidos en este ensayo, tales como los que se citan a continuación:

Velázquez (34) en Sacatepequez, obtuvo 20466.60 kg/ha de frutos frescos de miltomate como respuesta a distintos niveles de fertilización y materia orgánica.

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (30) obtuvo 18813 kg./ha de frutos frescos como respuesta a niveles de fertilización, en el Centro Experimental Docente de Agronomía.

Por aparte, Chiquín (7) en el Centro Experimental Docente de Agronomía obtuvo 7067 kg/ha de frutos de miltomate como respuesta a la evaluación de distancias de siembra.

7.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN

En el cuadro 5, se observa la fecha de aplicación de riegos, la cantidad de riegos aplicados y las láminas de agua evapotranspiradas por el cultivo, en los distintos tratamientos y en el periodo de establecimiento. De manera general se observa que el consumo de agua por evapotranspiración es mayor en los intervalos de riego mas cortos y menor en los intervalos de riego más largos, lo cual se debió al efecto de los tratamientos sobre la evapotranspiración. También puede observarse que el incremento del consumo de agua, por tratamiento, es mayor a medida que transcurren los meses; lo cual se debe a la variación de las condiciones del tiempo a partir del primer riego. Para establecer si existió efecto de los intervalos de riego sobre la evapotranspiración se efectuó el análisis de varianza que se presenta en el cuadro 6. Él porque de este comportamiento en el consumo de agua por el cultivo se presenta de una manera conceptual y detallada en los párrafos y cuadros subsiguientes.

Cuadro 5. Lámina total consumida en cada tratamiento, fecha de aplicación de cada riego y número de riegos en el ciclo del cultivo de miltomate.

FECHA APLICACIÓN DE CADA RIEGO	LAMINA DE AGUA CONSUMIDA POR INTERVALO, EN MILIMETROS			
	8 DIAS	12 DIAS	16 DIAS	20 DIAS
FEBRERO 16	3.7			
FEBRERO 20		8.1		
FEBRERO 24	9.2		19.24	
FEBRERO 28				46.08
MARZO 04	11.42	24.49		
MARZO 12	28.55		37.52	
MARZO 16		36.73		
MARZO 20	33.54			63.03
MARZO 28	38.7	48.56	56.34	
ABRIL 05	43.54			
TOTAL POR INTERVALO	168.65	117,88	113.13	109.37
TOTAL EN EL ESTABLECIMIENTO	5,3	5,3	5,3	5,3
TOTAL EN EL CICLO DEL CULTIVO	173.95	123,18	118.43	114,67
NUMERO DE RIEGOS	10	7	6	5

En el cuadro 6 se observa que la probabilidad de significancia es menor que alfa (0.05), lo que indica que existió diferencia entre las láminas de agua aplicadas por efecto de los tratamientos evaluados. También se observa el coeficiente de variación es de 10.41 por ciento.

Cuadro 6. F calculada y probabilidad de significancia para las láminas de agua consumidas en centímetros.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	F CALCULADA	Pr > F
REPETICIONES	4		
TRATAMIENTOS	3	9.78	0.0001 *
ERROR	11		
TOTAL	18		

* Diferencias significativas.

C.V. = 10.41 %

En el cuadro 7 puede observarse que el estadístico de Duncan solo encontró diferencias entre el intervalo de riego de 8 días y el de 12, y que del intervalo de 12 días en adelante el consumo de agua por evapotranspiración es estadísticamente igual.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias para las laminas de agua consumidas para cada intervalo de riego en centímetros.

INTERVALO DE RIEGO EN DIAS	LÁMINA DE RIEGO
I - 8	A 16.866
I - 12	B 11.798
I - 16	B 11.300
I - 20	B 10.938

Medias con la misma letra son iguales al 0.05

En los cuadros 8, 9, 10 y 11 se observa la evapotranspiración del cultivo para cada tratamiento evaluado, así como las condiciones del tiempo que prevalecieron para el respectivo riego, ahí también se observa que la evapotranspiración es mayor a medida que la temperatura, la evaporación, la radiación, la velocidad del viento y el desarrollo del cultivo se incrementan; lo cual según Olivier (20) se da como respuesta a la variación del tiempo en las épocas del año en las que se llevó a cabo la investigación, lo cual es predecible, ya que como se mencionó en párrafos anteriores las necesidades de agua de los cultivos están altamente influenciadas por las condiciones atmosféricas de la época en la que se desarrolla el mismo.

En los cuadros 8, 9, 10 y 11 se observa que la evaporación, la temperatura y la radiación para todos los tratamientos se incrementan paralelamente a la evapotranspiración, lo cual probablemente obedeció a que; según Olivier (20) los factores que tienen mayor relación con la transpiración son la evaporación, la temperatura, y la radiación, teniendo estos un coeficiente de correlación con respecto a la transpiración, que oscila entre 0.75 y 0.88, lo que define que existe una relación de asociación y no de causa y efecto.

Por otra parte el consumo de agua en los intervalos de riego mas cortos (8 y 12 días) es mayor que para los demás (16 y 20 días); Según Olivier (20) esto podría deberse a la elevada presión osmótica de las células de la raíz y a la superficie radicular en contacto con el suelo, con respecto a la presión con la que esta retenida el agua capilar del suelo; cuando está retenida cerca de la capacidad de campo (Tensiones bajas) el consumo es mayor, lo cual se debe a que la presión osmótica a la que esta retenida el agua del suelo es menor que la presión osmótica de las células de la raíz que cuando el agotamiento de la humedad disponible ha llegado cerca del punto de marchitez permanente (Tensiones altas), esto último explica uno de los motivos por los cuales el consumo de agua fue mas bajo en los intervalos de riego de 16 y 20 días.

Cuando la superficie de contacto de las raíces del cultivo con los coloides del suelo es mayor, también existe una mayor Aprovechabilidad del agua capilar que en condiciones de un poco desarrollo radicular, esto fue de mayor trascendencia en el estrato de 0 – 20 cm. Ya que fue el que presentó la mayor cantidad de agotamiento de la humedad aprovechable del suelo; lo cual indica que en este estrato fue donde se desarrollo mayoritariamente el sistema radicular del cultivo. (16)

Lo mencionado anteriormente confirma que el consumo promedio para diversos cultivos se incrementa a medida que varían las condiciones del tiempo, según la época del año en que se desarrolle el mismo. (20)

Mazariegos Robledo (18), en su trabajo de evapotranspiración sobre hierba mora, también afirma que la evapotranspiración del cultivo estuvo influenciada por las condiciones atmosféricas prevaletientes en los riegos de cada corte comercial del cultivo.

Cuadro 8. Condiciones del tiempo promedio diario para los distintos riegos aplicados en el intervalo de 8 días y evapotranspiración.

FECHA	Et (mm.)	T °C	Hr por ciento	Ev (mm.)	BS (Horas)	Rad (cal/cm ² /d)	Etp (mm.)	V (Km./hora)
16/02/95	3.7	20.44	72.77	4.76	9.55	0.26	4.74	9.00
24/02/95	9.2	19.31	74.55	4.2	8.21	0.27	4.26	9.00
04/03/95	11.42	19.66	75	4.96	8.66	0.27	4.76	9.69
12/03/95	28.55	19.65	76.22	5.53	8.63	0.29	4.75	9.69
20/03/95	33.54	19.76	78.33	4.68	8.49	0.27	4.73	9.69
28/04/95	38.7	21.03	79	5.14	8.89	0.27	5.00	9.69
05/04/95	43.54	22.04	75	5.17	8.31	0.29	5.12	9.65

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala.

Et = Evapotranspiración medida para el intervalo de 8 días

T = Temperatura ambiente

Hr = Humedad Relativa

Ev = Evaporación de tanque

BS = Brillo solar

Rad = Radiación solar,

Etp = Evapotranspiración potencial (Hargreaves)

V = Velocidad del viento

Cuadro 9. Condiciones del tiempo promedio diario para los distintos riegos aplicados en el intervalo de 12 días y evapotranspiración.

FECHA	Et (mm.)	T °C	Hr por ciento	Ev (mm.)	BS (Horas)	Rad (cal/cm ² /d)	Etp (mm.)	V (Km./hora)
20/02/95	8.1	20.20	72.92	4.58	9.13	0.26	4.60	9.00
04/03/95	24.49	19.24	74.92	4.73	8.35	0.26	4.62	9.69
16/03/95	36.73	19.52	77.92	5.14	8.30	0.28	4.65	9.69
28/03/95	48.56	20.87	77.84	5.00	8.97	0.28	5.00	9.69

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala

T = Temperatura ambiente,

Et = Evapotranspiración medida para el intervalo de 12 días

Hr = Humedad Relativa

Ev = Evaporación de tanque

BS = Brillo solar Rad = Radiación solar,

Etp = Evapotranspiración potencial (Hargreaves)

V = Velocidad del viento

Cuadro 10. Condiciones del tiempo promedio diario para los distintos riegos aplicados en el intervalo de 16 días y evapotranspiración.

FECHA	Et (mm.)	T °C	Hr por ciento	Ev (mm.)	BS (Horas)	Rad (cal/cm ² /d)	Etp (mm.)	V Km./hora
24/02/95	19.24	19.80	73.35	4.54	8.84	0.26	4.48	9.00
12/03/95	37.52	19.64	76.05	5.15	8.72	0.28	4.77	9.69
28/03/95	56.34	20.56	78.70	4.98	8.63	0.27	4.87	9.69

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala.

Et = Evapotranspiración medida para el intervalo de 16 días

T = Temperatura ambiente

Hr = Humedad Relativa

Ev = Evaporación de tanque

BS = Brillo solar

Rad = Radiación solar,

Etp = Evapotranspiración potencial (Hargreaves)

V = Velocidad del viento

Cuadro 11. Condiciones del tiempo promedio diario para los distintos riegos aplicados en el intervalo de 20 días y evapotranspiración.

FECHA	Et (mm.)	T °C	Hr por ciento	Ev (mm.)	BS (Horas)	Rad (cal/cm ² /d)	Etp (mm.)	V Km./hora
28/02/95	46.08	19.65	73.95	4.62	8.89	0.26	4.47	9.00
20/03/95	63.03	19.79	77	5.11	4.46	0.28	4.73	9.69

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala.

Et = Evapotranspiración medida para el intervalo de 20 días

T = Temperatura ambiente

Hr = Humedad Relativa

Ev = Evaporación de tanque

BS = Brillo solar

Rad = Radiación solar,

Etp = Evapotranspiración potencial (Hargreaves),

V = Velocidad del viento

7.2.1 ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO RESPECTO A LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Según Saray (25), en condiciones naturales el miltomate posee un ciclo de 85 a 90 días, para el caso de la investigación realizada presento 85 y 93 días, lo cual confirma los datos mencionados. La explicación que se presenta se hará con respecto a los intervalos de riego 8 y 12 días, debido a que en los demás (16 y 20 días) solamente fueron realizados 3 riegos en los cuales es muy difícil relacionar la evapotranspiración con el desarrollo, a causa de que transcurrieron varios días en los que no se conoció el consumo de agua. En la figura 9A del anexo puede observarse que la evapotranspiración se incrementa a medida que el cultivo se desarrolla, en la etapa vegetativa se consumió una lamina de 22.74 mm, para la floración el consumo fue casi del doble 46.81 mm, y para la etapa reproductiva y de cosecha el consumo fue de 128.99 mm. Lo cual según Tisdale (29), pudo deberse a que al haber desarrollo hay crecimiento y este esta en función de la hidratación del protoplasma celular, este mantiene la división celular y el elongamiento de las células, a medida que la planta crece y se produce su madurez fisiológica, necesita mas agua para mantener el desarrollo normal del vegetal. Grassi e Israelsen y Hansen (10, 15) indican que este comportamiento en el consumo del agua por las plantas depende del estado de desarrollo de las mismas y que el coeficiente de transpiración sufre cambios durante el periodo de crecimiento, especialmente hacia el final del ciclo vegetativo y cuando se acerca el periodo de la cosecha.

7.2.2 RELACIÓN DE TRANSPIRACIÓN

La relación de transpiración se define como el número de kilogramos de agua necesarios para producir cada kilogramo de cosecha sin incluir las raíces, también se le conoce como costo hidráulico. (28) En la figura 8A se presenta la relación de kilogramos de agua consumida por kilogramo de frutos cosechados, en el intervalo de 8 días, aplicando una lámina de 173.95 mm, se logro un rendimiento de 18324 kg./ha de frutos frescos, con lo cual se obtuvo una relación de transpiración de 94.93 litros de agua consumidos/kilogramo de miltomate

cosechado. En el intervalo de riego de 12 días, aplicando una lámina de 123.18 mm, se logro un rendimiento de 13777 kg/ha de frutos frescos, con lo cual se obtuvo una relación de transpiración de 89.40 litros de agua consumidos/kilogramo de miltomate cosechado.

En el intervalo de riego de 16 días, aplicando una lámina de 116.43 mm, se logro un rendimiento de 9998 kg/ha de frutos frescos, con lo cual se obtuvo una relación de transpiración de 119.65 litros de agua consumidos/kilogramo de miltomate cosechado.

Para el intervalo de riego de 20 días, aplicando una lámina de 114.41 mm, se logro un rendimiento de 9893 kg/ha de frutos frescos, con lo cual se obtuvo una relación de transpiración de 115.91 litros de agua consumidos/kilogramo de miltomate cosechado.

Como se menciona en los párrafos anteriores los tratamientos de intervalo de riego mas corto utilizaron menos agua para producir un kilogramo de miltomate, lo cual según Thorne (28), probablemente se debió a que el agua que tuvieron a su disposición se mantuvo cerca de la capacidad de campo y esta agua es fácilmente aprovechable, Mientras que los tratamientos de intervalo más largos utilizaron mas agua para producir un kilogramo de miltomate, lo cual se asocia a que las plantas al encontrar agua retenida a valores cercanos al punto de marchitez permanente; tienden a consumir mas energía en la extracción del agua que se encuentra retenida a tensiones altas, que en producir biomasa.

7.2.3 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE "C"

En el cuadro 12 se observan los coeficientes "C" obtenidos para la totalidad de riegos y respectivo intervalo, lo cual es el resultado de relacionar la evapotranspiración del cultivo con los valores de evaporación medidos en un tanque evaporímetro tipo "A", como estos coeficientes son directamente proporcionales a la cantidad real de agua evapotranspirada por el cultivo, tenderán a incrementarse a medida que el tiempo transcurre; según Israelsen y Hansen (15), esto probablemente se debió a las condiciones de temperatura, radiación, evaporación y velocidad del viento que se incrementaron con las épocas del año en las que se llevó a cabo la investigación; así como por el grado de desarrollo y crecimiento que el cultivo presentó en cada fase de consumo de agua. Los intervalos de riego mas cortos (8 y 12 días) presentaron coeficientes "C" más elevados que los intervalos de riego mas largo, Según Olivier (20), puede obedecer a la fácil aprovechabilidad del agua del suelo por el cultivo, ya que en estos intervalos la humedad del suelo se mantuvo a tensiones bajas y por la misma disponibilidad de agua, comparadas con los intervalos de riego más largos (16 y 20 días), que según

Grassi y Thorne (10, 28), pudo deberse a que estos contaron con menor disponibilidad de agua y con tensiones mas elevadas, cerca del punto de marchitez permanente, lo cual produjo valores de "C" mucho mas bajos.

Cuadro 12. Coeficientes "C" para los distintos intervalos de riego.

Riego	INTERVALO DE 8 DIAS			INTERVALO DE 12 DIAS			INTERVALO DE 16 DIAS			INTERVALO DE 20 DIAS		
	Et.	Ev.	"C"	Et.	Ev.	"C"	Et.	Ev.	"C"	Et.	Ev.	"C"
1	3.7	37.2	0.09	8.1	53.4	0.15	19.24	68.2	0.28	46.08	88.1	0.52
2	9.2	34	0.27	24.49	54.8	0.44	37.52	79.9	0.46	63.03	102.2	0.62
3	11.42	37	0.30	36.73	55.7	0.66	56.34	77.7	0.72			
4	28.55	42.9	0.66	48.56	62	0.78						
5	33.54	39.2	0.85									
6	38.7	41.6	0.96									
7	43.54	44.9	0.97									
Inicial	5.3	55.7	0.09	5.3	55.7	0.09	5.3	55.7	0.09	5.3	55.7	0.09

7.2.4 AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE O DISPONIBLE DEL SUELO

El agotamiento de la humedad disponible para los estratos y tratamientos respectivos se presenta en las figuras 4A, 5A, 6A y 7A, allí se observa gráficamente el agotamiento de la humedad disponible para los estratos de 0 - 20 y de 20 - 40 centímetros y la evapotranspiración en porcentaje del total consumido por el cultivo y tratamiento, a medida que los días transcurren después del momento del trasplante.

En las figuras 4A, 5A, 6A y 7A se observa que el agotamiento de la humedad disponible para los intervalos de riego de 8, 12, 16 y 20 días presentan la misma tendencia, El mayor agotamiento se presentó en el estrato de 0 - 20 cm, lo cual según Thorne (28) probablemente se debió a que el desarrollo de las raíces fue mayoritariamente en este estrato; y no en el estrato de 20 - 40 cm, donde el agotamiento fue menor desde el inicio del cultivo hasta la cosecha, por la poca superficie de contacto de las raíces con los coloides del suelo.

De manera general también puede observarse que los mayores agotamientos de la humedad aprovechable del suelo para todos los intervalos de riego se presentaron a partir de la etapa de floración (40 días después de la siembra) hasta la fructificación y la cosecha, lo cual se explica por la relación directa entre el volumen de agua evapotranspirado y el porcentaje de humedad disponible agotado, pues obviamente el agua consumida fue extraída del suelo, como puede observarse, la evapotranspiración también fue mayor a partir del momento de la floración lo que nos indica que todos los factores mencionados por Israelsen y Hansen (15) en el capítulo de evapotranspiración (7.2) afectan indirectamente el agotamiento de la humedad disponible del suelo.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 Los rendimientos del cultivo del miltomate son diferentes por efecto de la aplicación de los diferentes intervalos de riego, por lo que se acepta la hipótesis planteada. En el intervalo de 8 días se obtiene un rendimiento de 18324 kg/ha. , decreciendo a medida que el intervalo de riego aumenta para los demás tratamientos.
- 8.2 Los niveles de evapotranspiración del cultivo de miltomate son diferentes por efecto de la aplicación de los intervalos de riego, por lo que se acepta la hipótesis planteada. El consumo total de agua durante el ciclo del cultivo de miltomate fue de 173.95, 123.18, 118.43 y 114.67 milímetros para los tratamientos regados cada 8, 12, 16 y 20 días respectivamente.
- 8.3 El coeficiente adimensional "C" en el cultivo de miltomate, para los intervalos de riego de 8 y 12 días y para las etapas de desarrollo inicial, vegetativa, floración y fructificación fue de: 0.09, 0.27, 0.30, 0.66, 0.85, 0.96, 0.97 y de 0.09, 0.15, 0.44, 0.66 y 0.78 respectivamente.
- 8.4 El agotamiento de la humedad disponible del suelo en el cultivo de miltomate para los intervalos de riego de 8, 12, 16, y 20 días fue mayor en el estrato de 0 – 20 centímetros, estableciéndose valores máximos de 36.01, 38.15, 45.55 y 48.54 por ciento en dicho estrato. Para el estrato de 20 – 40 centímetros se establecieron valores máximos de 18.15, 24.34, 28.5 y 38.89 por ciento.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Se recomienda aplicar el agua de riego cada ocho días para el cultivo de miltomate (Physalis philadelphica Lam), Para obtener un rendimiento promedio de 18324 kg de frutos por hectárea, bajo las condiciones del Centro Experimental Docente de Agronomía.

- 9.2 Para calcular la evapotranspiración del cultivo de miltomate mediante la relación $E_{tp} = E_v \times C$, siendo E_{tp} la evapotranspiración potencial, E_v la evaporación de tanque y "C" el coeficiente adimensional, regando cada 8 días, y a partir de datos de evaporación; se recomienda utilizar después del trasplante, los siguientes coeficientes: 0.09 (Etapa vegetativa), 0.27 (Etapa vegetativa), 0.30 (Floración), 0.66 (Floración), 0.85 (Fructificación), 0.96 (Cosecha) y 0.97(Cosecha).

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AJQUEJAY PANTEUL, W.O. 1992. Evaluación de tres etapas de desarrollo de la plantula para trasplante y tres números de plantas por postura en el cultivo de miltomate (*Physalis philadelphica* Lam.) bajo condiciones de San José Poaquil, Chimaltenango. Investigación inferencial EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40 p
2. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE IRRIGACAO E DRENAGEM. 1978. Dicionário de termos técnicos de irrigacao e drenagem. Brasília, Vicosa, UFV. 615 p.
3. BALBACHAS, A.; RODRIGUEZ, H. 1980. Las plantas curan. 6 ed. Estados Unidos de América, Asociación de Publicaciones Herald. 535 p
4. BERNARDO, S. 1984. Manual de irrigacao. Brasília, Vicosa, UFV. 463 p.
5. BRIGGS & SHANTZ. 1912. Estimating irrigation water requeriments. In: Advances in irrigation.
Citado por: GARCIA, A. 1996. Manejo de la irrigación tomando como base los conceptos estáticos del agua del suelo. Seminario de investigación básica para proyectos de riego. Brasil, Universidad de Sao Paulo. 21 p.
6. BUKASOV, S.M. 1981. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Trad. por Jaime León. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. p. 116-117
7. CHIQUIN, J. M. 1993. Evaluación de 16 distancias de siembra en el cultivo de miltomate (*Physalis philadelphica* Lam.) bajo condiciones del CEDA. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 56 p
8. GONZALEZ FIGUEROA, E. M. 1992. Determinación del periodo crítico de interferencia de malezas en el cultivo de miltomate (*Physalis philadelphica* Lam.) en la aldea Santa María Cauque, Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p
9. GONZALEZ SALAN, M. 1986. Informe final del proyecto de recolección de algunos cultivos nativos de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas Comité Internacional de Recursos Fitogenéticos. 256 p
10. 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.
11. _____, 1988. Fundamentos de riego. Venezuela, CIDIAT. Serie de Riego y Drenaje. Material Didáctico. 418 p
12. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Registros meteorológicos 1937 - 1995. Sin publicar.

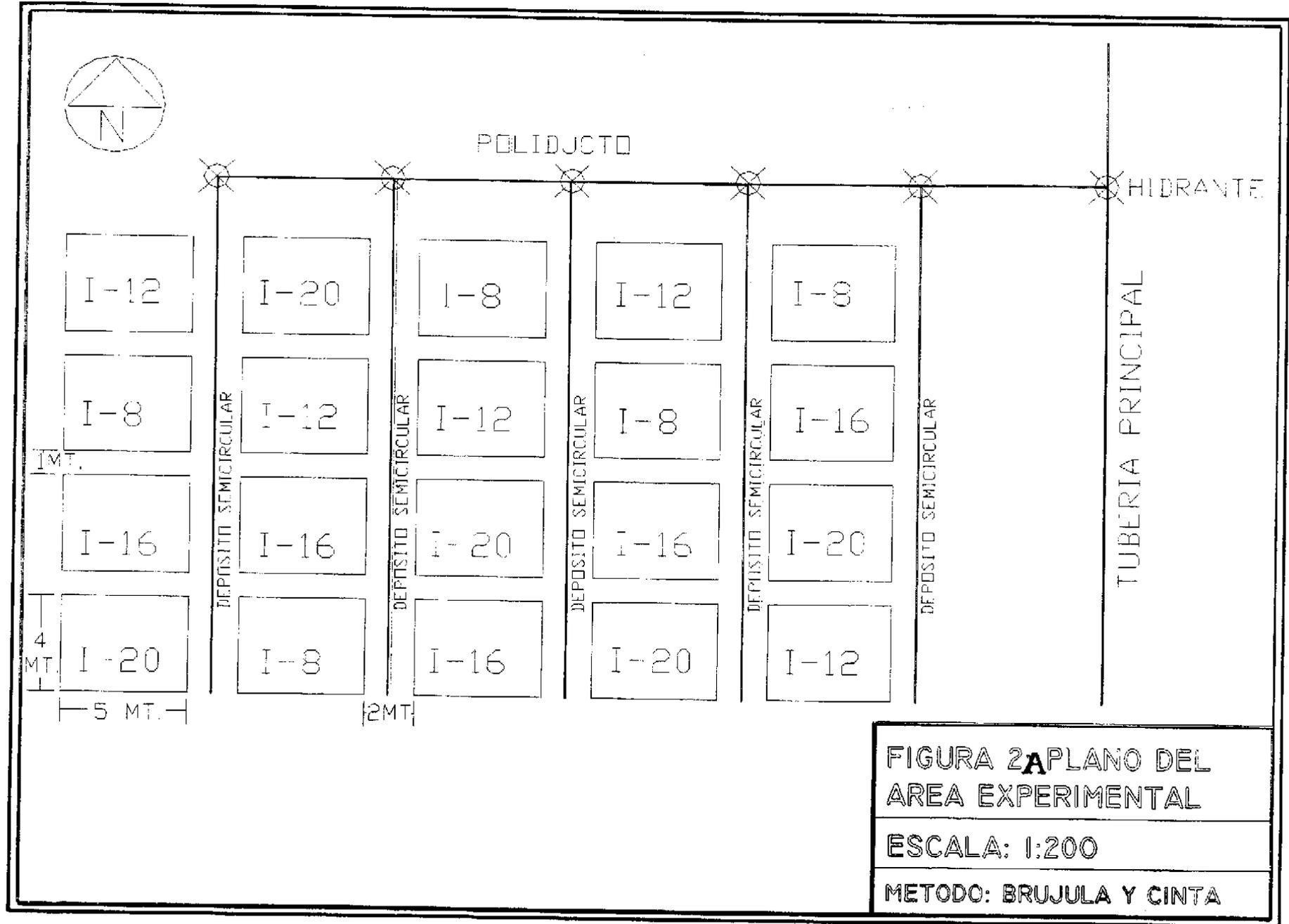
13. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de Zonas de vida de la república de Guatemala al nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Escala 1:600,000.
14. GUERRA BORGES, A. 1981. Compendio de geografía económica y humana de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Editorial Universitaria. tomo 1 y 2. 348 p.
15. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1979. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. España. Reverte. 369 p
16. MARROQUIN GARCIA, J. F. 1991. Evaluación de seis frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en tomate (Lycopersicum esculentum L.) en la unidad de riego El Rancho, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 81 p
17. MAZARIEGOS, A. 1997. Evaluación del efecto de tres frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración del cultivo de hierba mora (Solanum sp), bajo las condiciones del Centro Experimental Docente de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de agronomía. 49 p
18. OBIOLS DEL CID, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala según el sistema Thornthwaite. Guatemala. Esc. 1:1000,000. Color.
19. MORALES, M.A. 1992. Efecto de cinco frecuencias de riego y evapotranspiración del cultivo de zanahoria (Daucus carota L.) para el valle central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 68 p
20. OLIVIER, H. 1979. Riego y clima. Trad. por José Luis De La Loma. México D.F., México, Compañía Editorial Continental, S. A. 264 p
21. OROZCO GODINEZ, M.A. 1987. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del tomate (Lycopersiicum 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.
22. PEÑA IDELFONSO, M. R. DE LA. 1973. Elementos para el uso y manejo eficiente del agua de riego. México, Subsecretaría de Agricultura y Operación, Dirección General de Distritos de Riego. Memorándum Técnico no. 387, 351 p
23. PINTO MARTINEZ, G.L. 1988. Caracterización agromorfológica y bromatológica de 18 cultivares de miltomate (Physalis spp) nativos bajo las condiciones de la ciudad capital de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 88 p

24. SANDOVAL ILLESCAS, J. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p
25. SARAY MEZA, C.R. 1978. Tomate de cascara, algunos aspectos sobre su fisiología e investigación. México, Campo Experimental Zacatepec. Folleto no. 73, 26 p
26. SIMMONS, CH.; TARANO, J. M.; PINTO, J. H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p
27. STANLEY, P.C.; STEYEMARK, J. A. 1963. Flora of Guatemala. Chicago, Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany. V. 24, pt. 10, no. 1 - 2, p. 76 - 94.
28. THORNE, D.W.; PETERSON, H. B. 1981. Técnica del riego, fertilidad y explotación de los suelos. México, CECSA. 496 p
29. TISDALE, S.L. 1982. Fertilidad del suelo y fertilizantes. México, UTEHA. 760 p.
30. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION. 1994. Informe del proyecto de desarrollo de prácticas agronómicas para el cultivo de hortalizas nativas o tradicionales. Guatemala. 29 p.
31. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE AGRONOMIA, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS; INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS; CONSEJO INTERNACIONAL DE RECURSOS FITOGENETICOS. 1990. Informe del proyecto de caracterización y evaluación preliminar de algunos cultivos nativos de Guatemala. Guatemala. p. 296 - 317.
32. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR. 1982. Perfil ambiental de la república de Guatemala. Guatemala. tomo 2, p 43.
33. VEIHMEYER, F. J. HENDRICKSON, H. 1931. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soils Science, (USA) 32, (3): 181 - 193.
- Citado por: GARCIA, A. 1996. Manejo de la irrigación tomando como base los conceptos estáticos del agua del suelo. Seminario de investigación básica para proyectos de riego. Brasil, Universidad de Sao Paulo. 21 p.
34. VELASQUEZ, A. 1996. Evaluación de nitrógeno, fósforo y gallinaza sobre el rendimiento de frutos de miltomate (*Physalis philadelphica* Lam.) San Bartolomé Milpas Altas Sacatepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39 p.
35. WITHER, B.; VIPOND, S. 1979. El riego, diseño y práctica. 2 ed. Madrid, España, Diana. 351 p

Vo. Bo. Rolando Barrera



11. ANEXOS



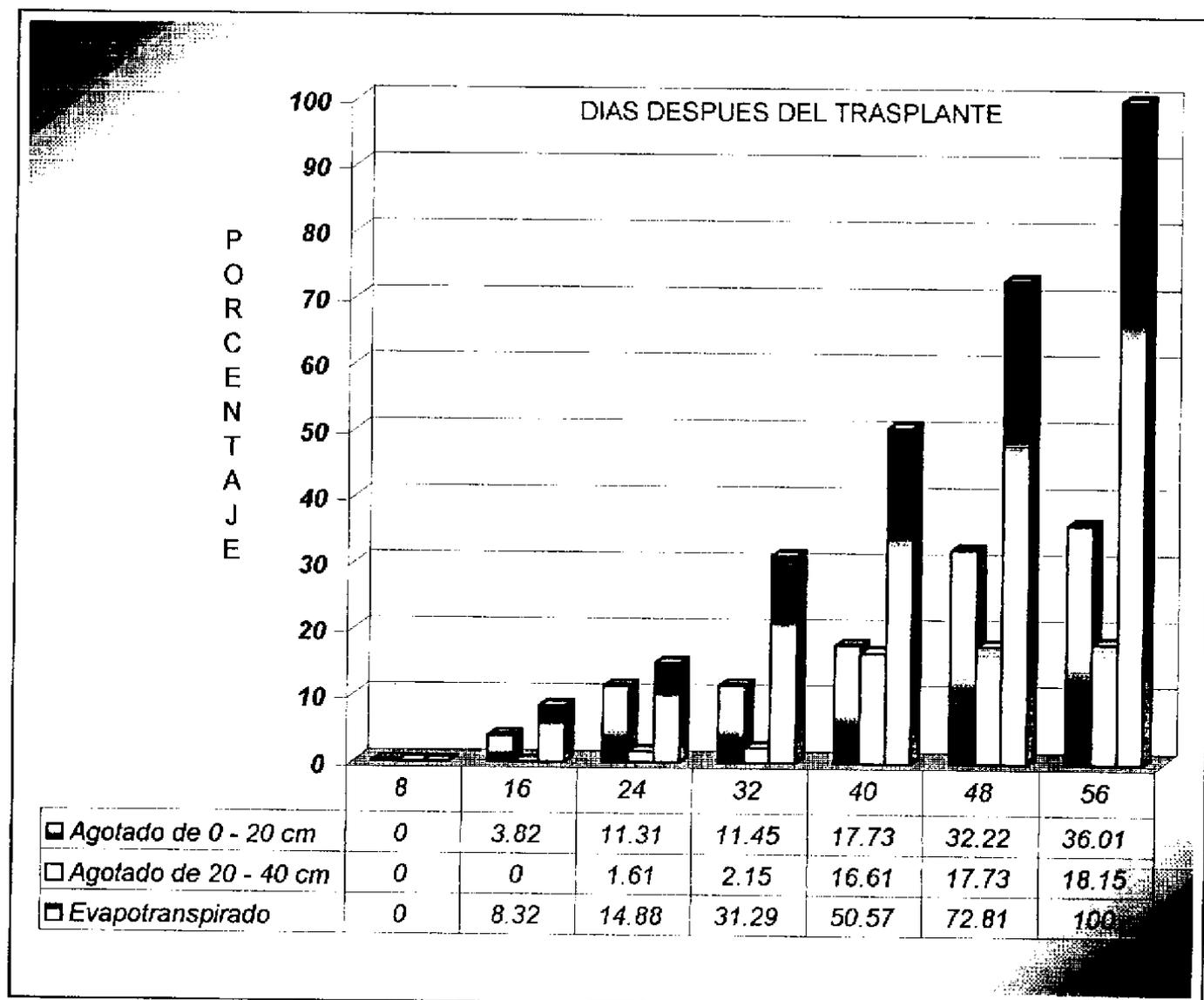


Figura 4A. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible y porcentaje de evapotranspiración respecto al total, para el intervalo de riego de 8 días.

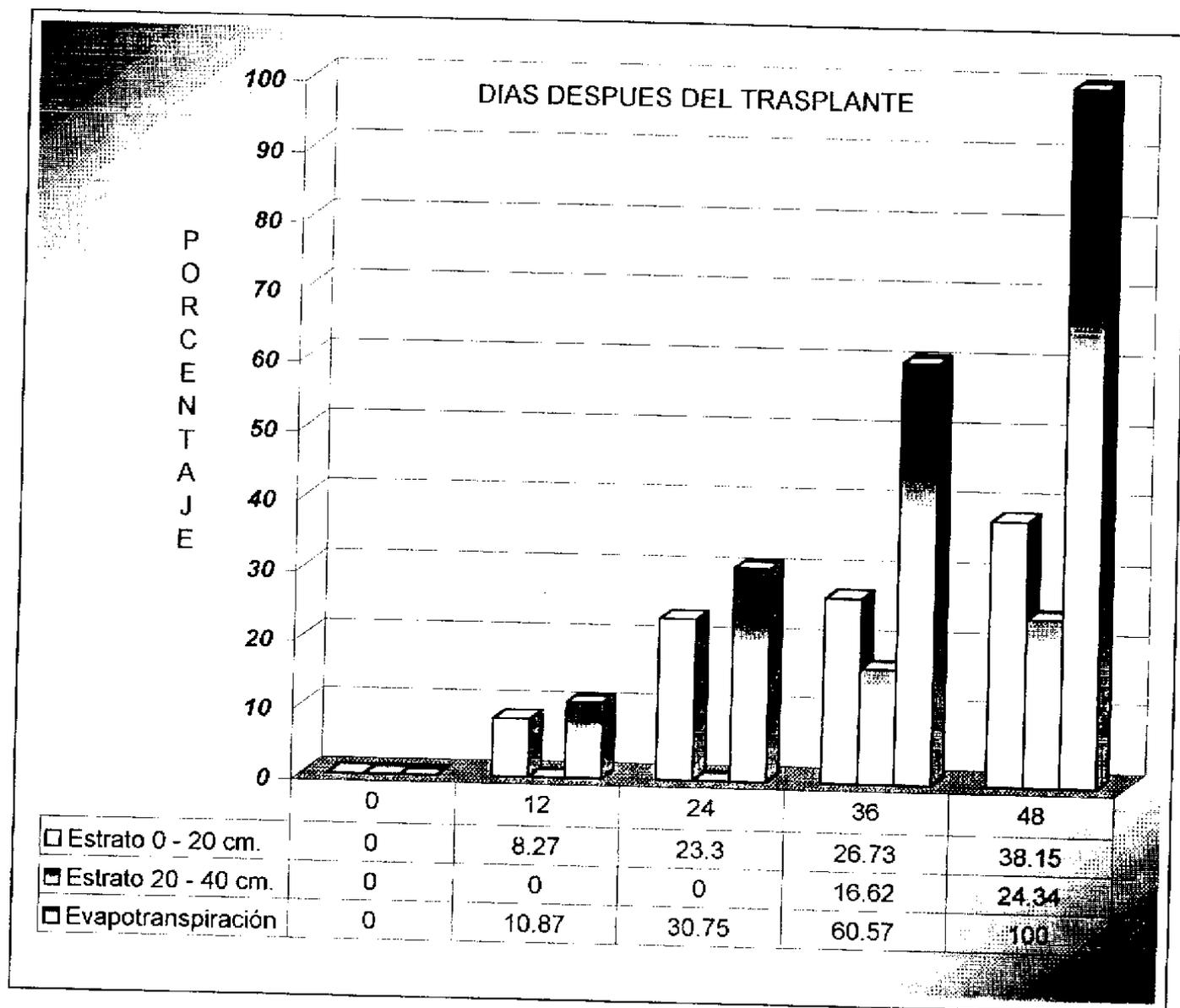


Figura 5A. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo y porcentaje de evapotranspiración para el intervalo de riego de 12 días.

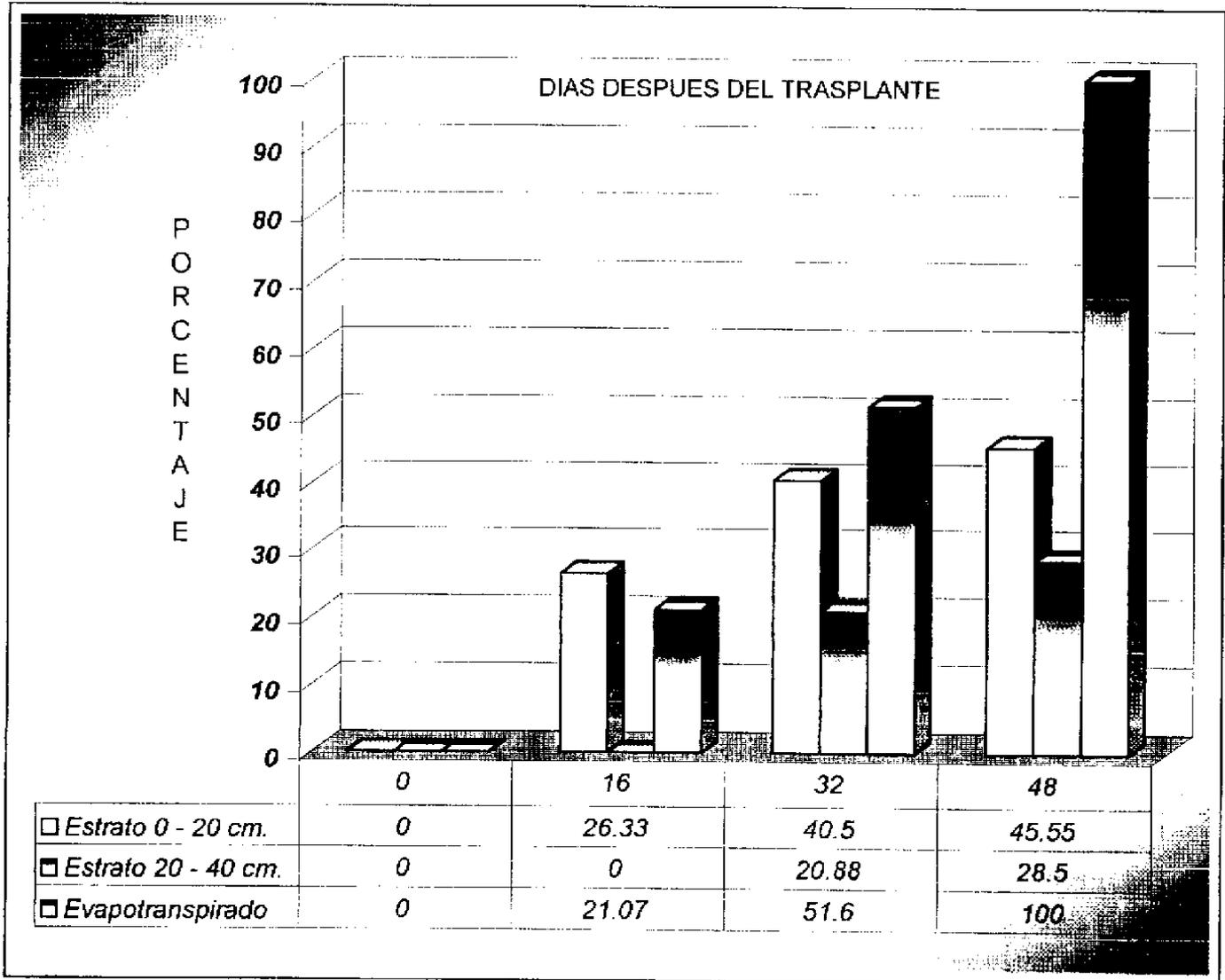


Figura 6A. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo y porcentaje de evapotranspiración para el intervalo de riego de 16 días.

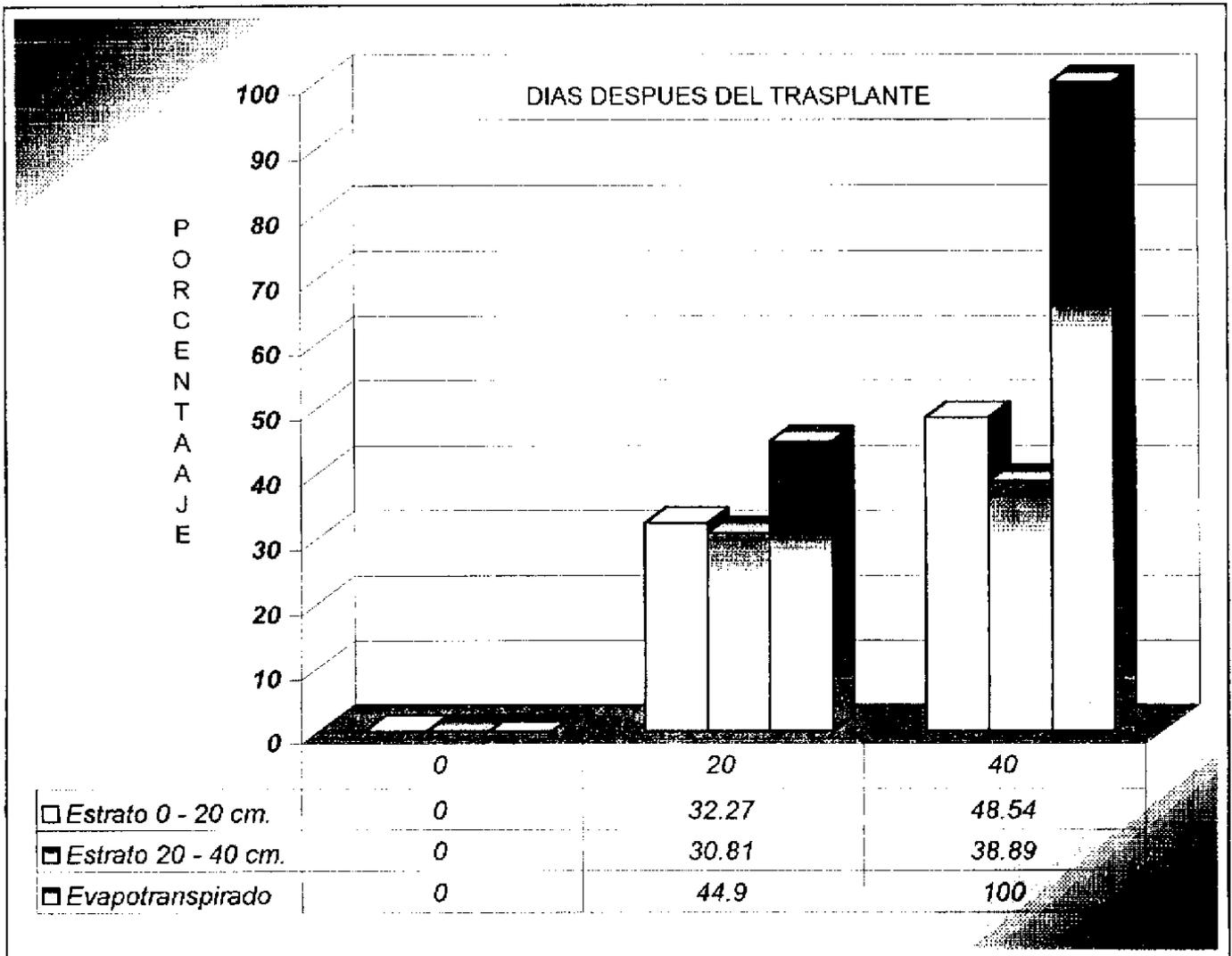


Figura 7A. Porcentaje de agotamiento de la humedad disponible del suelo y porcentaje de evapotranspiración para el intervalo de riego de 20 días.

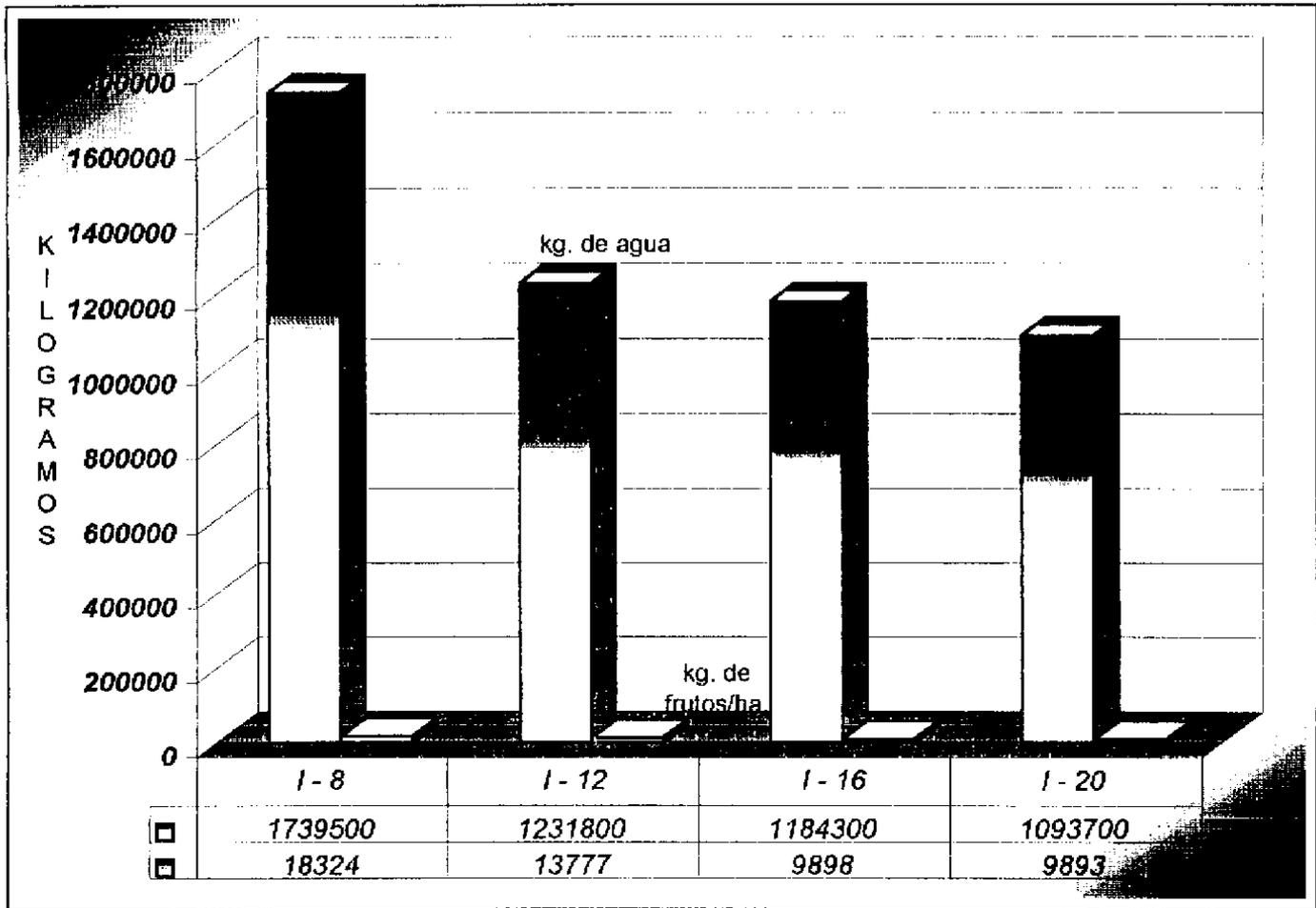


Figura 8A. Consumo de agua en kilogramos y rendimiento de frutos frescos en kg./ha.

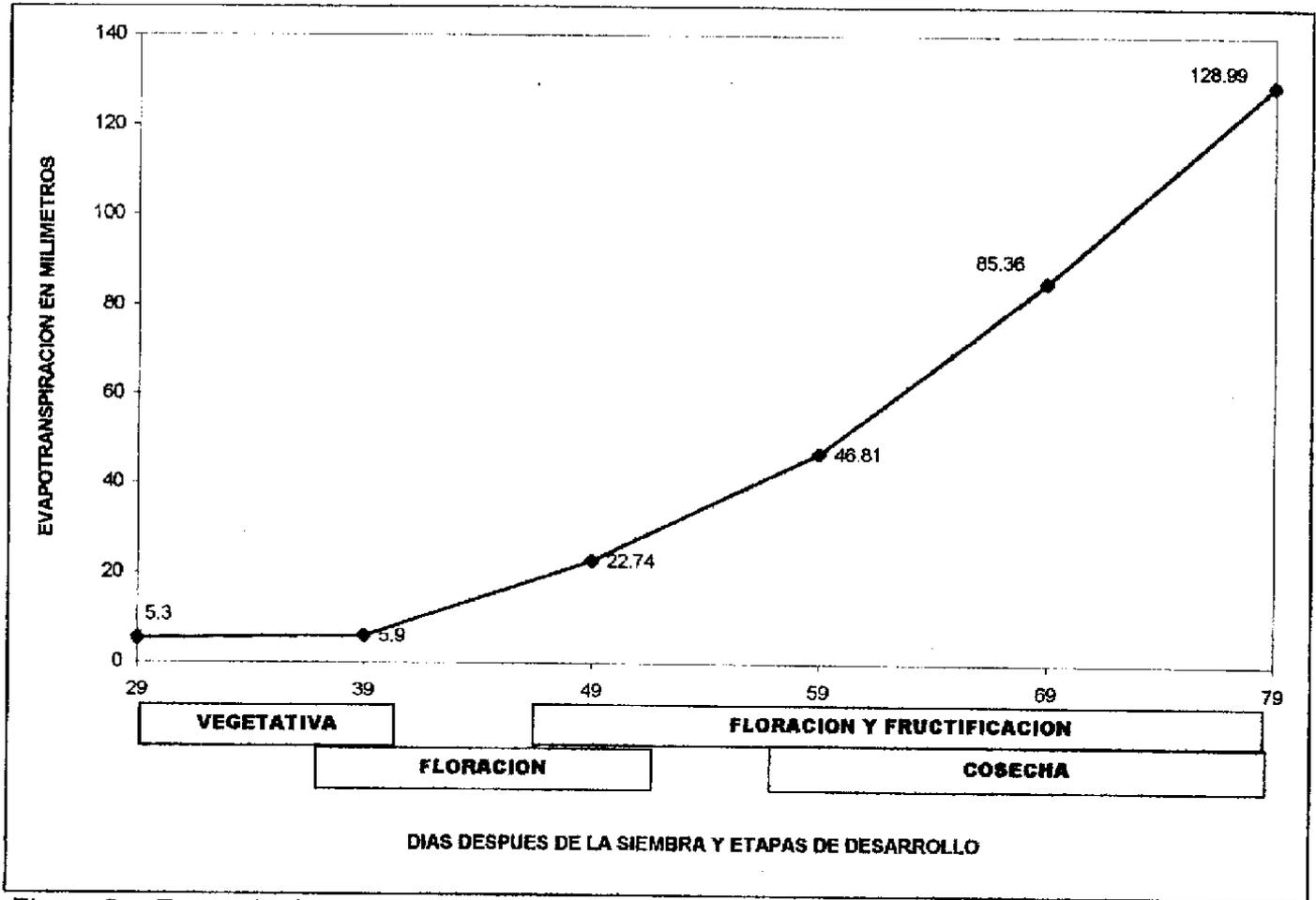


Figura 9. Fases de desarrollo con respecto a la evapotranspiración promedio para los intervalos de riego de 8 y 12 días.

Cuadro 13A. Registros de desarrollo para los distintos tratamientos, recopilado por medio de observaciones de campo.

CARACTERISTICA	TRATAMIENTOS				SARAY
	I - 8	I - 12	I - 16	I - 20	
PERIODO VEGETATIVO	38	40	39	39	28
DIAS A LA FLORACION	38	40	39	39	28 - 30
DIAS A LA FRUCTIFICACION	40	40	43	39	42
DIAS A LA COSECHA	64*	56*	50 *	55 *	85 - 90

* = mas 29 días de semillero

Cuadro 14A. Rendimiento de frutos frescos en kilogramos por hectárea obtenidos por efecto de los intervalos de riego.

BLOQUES	TRATAMIENTOS EN kg/ha			
	I - 8	I - 12	I - 16	I - 20
I	17632,5	16435	12433,9	11287,19
II	19148,16	14799,2	7739,61	12142,8
III	19196,26	11722,85	11179,49	9713,98
IV	17933,43	12646,4	10326,9	6848,9
V	17709,73	13279,85	7783,82	

Cuadro 15A. Peso de frutos por planta en kilogramos obtenidos por efecto de los intervalos de riego.

BLOQUES	TRATAMIENTOS EN kg/planta			
	I - 8	I - 12	I - 16	I - 20
I	0.69	0.54	0.58	0.57
II	0.91	0.45	0.45	0.58
III	0.6	0.42	0.40	0.57
IV	0.88	0.48	0.47	0.42
V	0.59	0.45	0.44	

Cuadro 16A. Láminas de agua consumidas en el intervalo de riego de 8 días en centímetros.

		BLOQUES				
RIEGO	ESTRATO (cm)	I	II	III	IV	V
1	0 - 20	3.7	0	0	0	0.5
	20 - 40	0	0	0	0	0
		3.7	0	0	0	0.5
2	0 - 20	0.58	0.6	0.69	0.71	0.4
	20 - 40	0.3	0.53	0.69	0	0.068
		0.88	1.13	1.38	0.71	0.468
3	0 - 20	1.19	0.92	0.48	1.35	0.37
	20 - 40	0	0.28	0	0	0
		1.19	1.2	0.48	1.35	0.37
4	0 - 20	1.62	2.18	1.96	1.92	1.94
	20 - 40	0	0.51	0	1.36	0.4
		1.62	2.69	1.96	3.28	2.34
5	0 - 20	2.38	2.49	2.07	1.78	1.132
	20 - 40	1.81	1.13	1.7	1.65	0.63
		4.19	3.62	3.77	3.43	1.762
6	0 - 20	2.5	2.51	2.85	2.47	2.58
	20 - 40	1.66	1.57	0.99	1.06	1.16
		4.16	4.08	3.84	3.53	3.74
7	0 - 20	2.93	2.91	2.94	2.99	2.94
	20 - 40	1.63	1.41	1.27	1.71	1.04
		4.56	4.32	4.21	4.7	3.98
TOTAL	0 - 20	14.9	11.3	12.3	10.51	11.16
TOTAL	20 - 40	5.4	5.43	4.65	5.78	2.898
CONSUMO	2 ESTRATOS	20.3	16.73	16.95	16.29	14.058

Cuadro 17A. Láminas de agua consumidas en el intervalo de riego de 12 días en centímetros.

		BLOQUES				
RIEGO	ESTRATO (cm)	I	II	III	IV	V
1	0 - 20	1.2	1.18	0.5772	1.75	0.1456
	20 - 40	0	0	0	0	0
		1.2	1.95	0.5772	1.75	0.1456
2	0 - 20	0.907	1.567	3.34	1.35	2.28
	20 - 40	0.56	0.44	48	0.49	0.33
		1.467	2.007	51.34	1.84	2.61
3	0 - 20	2.35	2.44	2.11	2.46	2.47
	20 - 40	0.78	0.33	0	0.71	0.41
		3.13	2.77	2.11	3.17	2.88
4	0 - 20	4.2	4.27	3.26	3.11	2.72
	20 - 40	2.08	1.92	2.36	1.87	1.27
		6.28	6.19	5.62	4.98	3.99
TOTAL	0 - 20	9.24	9.27	9.28	8.67	10.25
TOTAL	20 - 40	3.42	2.25	2.36	2.58	1.62
CONSUMO	2 ESTRATOS	12.66	11.52	11.64	11.25	11.87

Cuadro 18A. Láminas de agua consumidas en el intervalo de riego de 16 días en centímetros.

RIEGO	ESTRATO (cm)	BLOQUES				
		I	II	III	IV	V
1	0 - 20	1.95	1.96	1.85	1.89	1.95
	20 - 40	0	0	0	0	0
		1.95	1.96	1.85	1.89	1.95
2	0 - 20	2.59	2.56	2.55	2.58	2.45
	20 - 40	1.65	1.42	1.45	1.48	1.5
		4.24	3.98	4	4.06	2.48
3	0 - 20	3.03	3.7	3.63	3.7	3.06
	20 - 40	2.34	2.4	2.29	1.74	2.28
		5.37	6.1	5.92	5.44	5.34
TOTAL	0 - 20	7.56	8.02	8.01	7.36	7.46
TOTAL	20 - 40	3.99	3.82	3.26	3.24	3.78
CONSUMO	2 ESTRATOS	11.55	11.84	11.27	10.6	11.24

Cuadro 19A. Láminas de agua consumidas en el intervalo de riego de 20 días en centímetros.

		BLOQUES				
RIEGO	ESTRATO (cm)	I	II	III	IV	V
1	0 - 20	2.09	2.51	3.08	1.53	0
	20 - 40	2.14	2.14	2.68	2.46	0
		4.23	4.65	5.76	3.99	0
2	0 - 20	3.17	3.29	3.68	3.03	0
	20 - 40	2.52	3.03	3.69	2.81	0
		5.69	6.32	7.37	5.84	2.48
TOTAL	0 - 20	5.26	5.8	6.66	4.56	
TOTAL	20 - 40	4.66	5.17	6.37	5.27	
CONSUMO	2 ESTRATOS	9.92	10.97	13.03	9.83	0

Cuadro 20A. Registros climáticos diarios para el mes de febrero del año 1995.

TEMPERATURA MEDIA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	EVAPORACION (mm.)	BRILLO SOLAR (Horas)	RADIACION (Cal/cm ² /día)
18.1	83	3.1	6.7	0.22
20.1	81	2.5	8.4	0.25
20.2	83	3.5	4.2	0.25
19.2	81	4	9.2	0.26
18.1	75	4.1	8.6	0.25
15	84	0.4	6.1	0.24
18.9	74	3.8	9.3	0.23
18.8	70	4	9.9	0.26
17.9	75	5.1	9.4	0.25
19.9	75	3.5	9.7	0.24
19.9	75	5.5	9.6	0.25
21.9	72	5.5	9.6	0.24
21	68	5.5	9.7	0.28
21.9	69	4.8	9.1	0.27
21.6	72	5.2	9.5	0.25
21.1	79	3.8	9.5	0.27
21.2	70	2.2	7.6	0.27
19.4	77	6.7	10	0.3
19.1	72	3.8	7.4	0.29
19	74	3.9	7.8	0.25
17.5	78	4.5	5.6	0.17
17.8	75	3.5	8.6	0.3
18.9	72	5	8.6	0.27
19.8	74	4.8	8.8	0.3
17.4	76	4.8	8.8	0.25
19	71	4.5	8.8	0.26
19.5	79	5.0	9.6	0.28
20.2	80	5.5	9.1	0.27

Fuente: Registros climáticos de campo Instituto de Sismología, Vulcanología, Hidrología y Meteorología, año 1995.

Cuadro 21A. Registros climáticos diarios para el mes de marzo del año 1995.

TEMPERATURA MEDIA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	EVAPORACION DE TANQUE (mm)	BRILLO SOLAR HORAS	RADIACION Cal/cm ² /día
21.5	78	3.1	7.8	0.26
20	72	6.3	8.4	0.3
19.5	77	5.6	8.4	0.28
20.1	68	5.1	8.3	0.28
20.3	74	6	8.7	0.27
20.3	82	6.4	8.7	0.27
20.1	77	5.6	8	0.29
21.5	74	4.9	7.1	0.24
17.1	79	4.4	9.4	0.35
17.6	73	8	9.5	0.3
19.8	81	3.8	9.3	0.3
20.1	78	3.8	9.5	0.28
20.3	78	6.8	9.2	0.3
20.9	83	4.3	8.2	0.28
16.9	87	4.6	3.3	0.15
18.8	79	3.1	8.8	0.29
20.2	74	6	8.5	0.28
21	68	4.4	10	0.28
19.5	80	5.3	9.3	0.25
20.2	78	4.7	8.8	0.3
20.5	81	5.7	9.3	0.29
20.8	82	3.7	8.6	0.27
21.1	80	5.3	9.4	0.28
21	80	4.2	8.9	0.27
20.7	81	4.2	8.4	0.27
21.8	79	4.7	9.7	0.26
22.2	83	8.9	7.2	0.28
23.6	67	4.9	9.7	0.28
22.2	73	6.5	10.1	0.3
22.9	74	6.9	9.7	0.27
22	74	3.7	10.3	0.26

Fuente: Registros climáticos de campo Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, año 1995.

Cuadro 22A. Registros climáticos diarios para el mes de abril del año 1995.

TEMPERATURA MEDIA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	EVAPORACION DE TANQUE (mm.)	BRILLO SOLAR (Horas)	RADIACION Cal/cm ² /día
21.9	79	3	2.2	0.27
20.7	78	6	2.6	0.3
22.8	67	3.1	10	0.31
21.2	79	7.8	10.8	0.34
21.1	83	4.7	9.4	0.3
22.2	83	4.5	8.4	0.28
23.6	74	4	5.7	0.22
22.4	84	2.4	8.8	0.29
21.9	87	5.6	9	0.27
22.4	78	7.4	7.7	0.3
22.2	84	4.6	7.3	0.3
24.1	73	5.1	10.2	0.32
22.3	91	2.8	8.5	0.26
21.4	90	2.2	8.5	0.31
21.8	83	3.2	9.5	0.27
21.6	74	3.1	9.2	0.24
20.4	75	2.9	7.3	0.29
20.1	80	5.7	9	0.34
20.8	85	7.7	8.7	0.31
20.2	81	3.9	10.6	0.42
21.9	80	5	10	0.31
22.2	84	3.5	7.7	0.3
22.3	84	4.6	8.4	0.29
21.4	74	6.5	4.2	0.23
22.2	74	2.8	6.1	0.25
20.9	83	4.3	5.8	0.23
20	92	3.5	1.1	0.23
17.5	96	2.1	0	0.1
20.1	82	3.0	9.1	0.29
21	82	3.8	10.3	0.3

Fuente: Registros climáticos de campo, Instituto de Sismología, Vulcanología, Hidrología y Meteorología, año 1995.



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

Ref. Sem.010-98

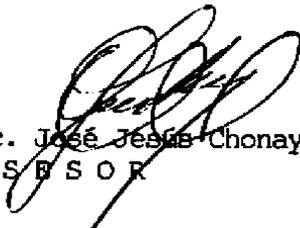
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE CUATRO INTERVALOS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE FRUTOS Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE MILTOMATE (Physalis philadelphica Lam.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA".

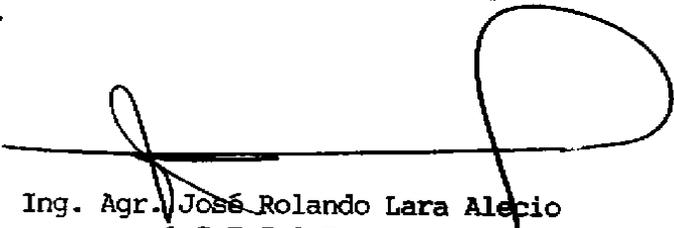
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: OVIDIO ANTONIO BRACAMONTE DE LA CRUZ

CARNET No: 8913445

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Víctor Manuel Alvarez Cajas
 Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
 Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada

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


 Ing. M.Sc. José Jesús Chonay Pantzay
 ASESOR


 Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
 ASESOR


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
 DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DECANO



cc:Control Académico APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

Archivo
 FR/prr.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770