

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

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 (CEDA), Guatemala.

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

FOR

ALBERTO MAZARIEGOS ROBLEDO

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

GUATEMALA, ABRIL DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(1698)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar L.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro A. Hernandez F.
VOCAL CUARTO	Br. Estuardo Enrique Lira Prera
VOCAL QUINTO	Br. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez B.

Guatemala, abril de 1.997.

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

Señores miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a la consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

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 (CEDA), Guatemala.

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo.

Atentamente.



Alberto Mazariegos Robledo

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS, SUPREMO CREADOR DEL UNIVERSO

MIS PADRES

Conrado Mazariegos De León
Mirsa Robledo de Mazariegos

Como muestra de mi amor por ellos

MIS HERMANOS

Doúglas Rafael y Alex Estuardo

Gracias por su apoyo incondicional

MIS PRIMOS

Henry y Sonia
Eduardo y Mercy
Dimas y Dorelia
Osvaldo y Evelia
Ricardo y Laila
Carlos y Yanina
Milda
Wilberto
Angel Eugenio
Enrique
Rossana

Por dejarme ser parte de su familia

MIS TIOS

José Robledo
Mercedes Mazariegos
Jania Robledo

TI

Midia Marleny Escobar

MI FAMILIA

Recuerdos gratos para todos

MIS COMPANEROS Y AMIGOS

Carlos Bonilla, Plinio López
Julio Tzirin, Jhony Toledo
Alvaro Merida, Jose Miguel Barrios
Juan Carlos Salazar, Jorge Reyes
Rodolfo Alquijay, Hector Sanchez
Lucky de León, Mario Escobedo
Lily Orozco, Alex Dominguez
Cesar Enriquez, Manuel Valdez
Mynor Pimentel, Glenda Lee

TESIS QUE DEDICO

A: Mi país Guatemala
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Agronomía

AGRADECIMIENTO

A: Mis Asesores, Ings. Agr. José Rolando Lara y Fernando Rodríguez B.

Ings. Agr. José Jesús Chonay y Anibal Sachaja Galindo

Ings. Agr. Walter Tello, Isaac Herrera y Carlos Orozco

**Personal de Campo del Centro Experimental Docente de Agronomía,
especialmente a Oswaldo Orellana, Edgar Hernández, Edgar Mayorga,
Miguel Sajbin, y José Guzmán.**

Sub área de Ciencia Químicas

**Todos las personas que contribuyeron a la realización
de la presente tesis**

CONTENIDO		PAGINA
1.	INTRODUCCION	1
2.	DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3.	MARCO TEORICO	4
3.1	MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1	Importancia del riego	4
3.1.2	Clases de agua en el suelo	4
3.1.2.A	Agua Gravitacional	4
3.1.2.B	Agua Capilar	5
3.1.2.C	Agua Higroscópica	5
3.1.3	Determinación de características del suelo con fines de riego	5
3.1.3.A	Capacidad de campo	5
3.1.3.A.1	Método de la olla de presión	5
3.1.3.A.2	Método de la parcela de campo	6
3.1.3.A.3	Método de columnas de suelo de Colman	6
3.1.3.B	Punto de marchitez permanente	7
3.1.3.C	Densidad aparente	7
3.1.4	Evapotranspiración	8
3.1.4.A	Métodos para determinar evapotranspiración (ET)	9
3.1.4.A.1	Métodos directos	9
3.1.4.A.1.1	Método de las parcelas de campo	9
3.1.4.A.1.2	Método basado en la evapotranspiración de tanque	9
3.1.4.A.2	Métodos indirectos	10
3.1.4.A.2.1	Método de Blaney y Criddle	10
3.1.4.A.2.2	Método de Thornthwaite	11
3.1.4.A.2.3	Método de Hargreaves	12
3.1.4.A.2.4	Método de Penman	12
3.2	MARCO REFERENCIAL	12
3.2.1	Ubicación y descripción del área experimental	12
3.2.1.A	Localización	12
3.2.1.B	Clima y zona de vida	13
3.2.1.C	Extensión	13
3.2.1.D	Hidrología	13
3.2.1.E	Edafología	14
3.2.1.E.1	Características físicas de los suelos	14
3.2.1.E.2	Características Químicas de los suelos	15
3.2.2	Características de la hierba mora	15
3.2.2.A	Clasificación taxonómica	15
3.2.2.B	Sinonimia	16
3.2.2.C	Descripción taxonómica	16
3.2.2.D	Utilización de la hierba mora	17
3.2.2.E	Ecología y distribución	17
4.	OBJETIVOS	18
4.1	General	18
4.2	Específicos	18
5.	HIPOTESIS	19
6.	METODOLOGIA	20
6.1	Determinaciones físicas del suelo	20
6.2	Tratamientos	20
6.2.1	Variables respuesta	21

6.2.1.A	Rendimiento	21
6.2.1.B	Evapotranspiración	21
6.2.1.B.1	Muestreo de humedad	21
6.2.1.B.2	Lámina a reponer en cada riego	21
6.2.1.B.3	Lámina de agua consumida	22
6.2.2	Diseño estadístico	22
6.2.2.A	Modelo Estadístico	23
6.2.2.B	Area del experimento	23
6.2.3	Análisis de los datos	23
6.2.3.A	Procesamiento de los datos	23
6.2.5	Evaporación	24
6.2.5.	Relación evapotranspiración/evaporación (C)	24
6.2.6	Consumo de la humedad	24
6.2.7	Análisis de la evapotranspiración utilizando fórmulas empíricas	24
6.3	Manejo del cultivo	24
6.3.1	Semillero	24
6.3.2	Transplante	24
6.3.3	Cortes	25
6.3.4	Fertilización	25
6.3.5	Control de malezas	26
6.4	Manejo del experimento	26
6.4.1	Manejo de la humedad y aplicación de riegos	26
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	27
7.1	Análisis de varianza para peso seco y fresco	27
7.2	Prueba de medias para peso seco y fresco	28
7.3	Análisis de varianza para consumo de agua	29
7.4	Análisis gráfico para el consumo de agua	31
7.4.1	Frecuencia de riego de cada 5 días	31
7.4.2	Frecuencia de riego de cada 10 días	33
7.4.3	Frecuencia de riego de cada 15 días	34
7.5	Análisis de evapotranspiración utilizando fórmulas empíricas	35
7.6	Relación evaporación/evaporación	37
8.	CONCLUSIONES	40
9.	RECOMENDACIONES	41
10.	BIBLIOGRAFIA	42
11.	ANEXOS	45

INDICE DE CUADROS

PAGINA

1.	Análisis químico y características del suelo con fines de riego, campos del CEDA, FAUSAC, 1995.	20
2.	Rendimiento de Biomasa en materia seca, en cuatro cortes del cultivo de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp), ocho tratamientos, aldea Xesiguan, 1994	25
3.	Análisis de varianza para peso seco en Kg/ha de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp).	27
4.	Análisis de varianza para peso fresco en kg/ha de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp).	28
5.	Rendimiento en Kg/ha de peso seco de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	29
6.	Rendimiento en Kg/ha de peso fresco de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	30
7.	Análisis de varianza para laminas consumidas en cm de agua en Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	30
8.	Láminas consumidas en cm de agua en el cultivo de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	35
9.	Resultados de evapotranspiración utilizando fórmulas empíricas comparados con la evapotranspiración de las frecuencias	35
10.	Relación evapotranspiración/evaporación en tres distintas frecuencias de aplicación de agua en tres distintos cortes de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	38
11.A	Análisis de varianza para peso en kg/ha de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	45
12.A	Análisis de varianza para laminas consumidas en cm de agua en Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	45
13.A	Relación evapotranspiración/evaporación en tres distintas frecuencias de aplicación de agua en tres distintos cortes de Hierba Mora (<i>Solanum</i> sp)	46
14.A	Rendimiento y consumo de agua (cms), primer corte. (Del 23-2-95 al 16-3-95)	47
15.A	Rendimiento y consumo de agua (cms), segundo corte. (Del 17-3-95 al 9-4-95)	48
16.A	Rendimiento y consumo de agua (cms), tercer corte. (Del 10-4-95 al 8-5-95)	49

INDICE DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1	Evapotranspiración de la frecuencia de riego de cada 5 días	32
Figura 2	Evapotranspiración de la frecuencia de riego de cada 10 días	33
Figura 3	Evapotranspiración de la frecuencia de riego de cada 15 días	34
Figura 4	Análisis comparativo de la evapotranspiración potencial determinada mediante fórmulas empíricas con la evapotranspiración de los tratamientos.	37
Figura 5	Evapotranspiración/evaporación (C) durante el ciclo de la Hierba Mora	39

EVALUACION DEL EFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE HIERBA MORA (*Solanum* sp), BAJO LAS CONDICIONES DEL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA (CEDA), GUATEMALA.

EFFECT EVALUATION OF THREE IRRIGATION FRECUENCIES IN THE RENDIMENT AND EVAPOTRANSPIRATION OF THE HIERBA MORA CROP (*Solanum* sp) IN THE EXPERIMENTAL TEACHING CENTER OF AGRONOMY CONDITIONS GUATEMALA

RESUMEN

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como parte del proyecto "Desarrollo de prácticas agronómicas en hortalizas nativas", cofinanciado por la Dirección General de Investigación (DIGI) realizó el presente estudio en Hierba Mora (*Solanum* sp) para determinar los requerimientos de agua de la planta para establecer su cultivo en condiciones de riego en la época seca.

Para esto se evaluaron tres distintos intervalos de riego durante tres cortes comerciales, cada 5, 10 y 15 días, en un diseño en bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas.

El agua consumida por el cultivo por efecto de evapotranspiración fué cuantificada mediante laminas en centímetros, determinadas posteriormente a un muestreo de humedad; en el que se tomaron en cuenta las características edáficas que con fines de riego presentó el Centro Experimental Docente de Agronomía.

Estas láminas fueron analizadas estadísticamente, siendo que las plantas presentaron una mayor evapotranspiración en la frecuencia de cada 5 días de aplicación.

Dicho consumo fue comparado con la evapotranspiración potencial determinada mediante las fórmulas empíricas de Blaney y Criddle, Thornthwaite, Penman, y Hargreaves.

En función de esta comparación se recomienda que para el cultivo de hierba mora bajo las condiciones del Centro Experimental Docente de Agronomía, se debe utilizar el método de Hargreaves para determinar la evapotranspiración potencial.

En lo referente a rendimiento, después de efectuado el análisis estadístico, se concluye que los mejores rendimientos en Kg/ha de peso fresco y seco se obtuvieron en las frecuencias de aplicación, 5 y 10 días durante el tercer corte efectuado.

En los resultados obtenidos, así como en las tendencias presentadas por el cultivo respecto al consumo de agua, influyeron de gran manera las condiciones climáticas y edáficas del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA).

Se recomienda así que bajo las condiciones del área geográfica donde se realizó el cultivo, debe regarse el cultivo de hierba mora cada cinco o diez días para obtener los mejores rendimientos en tres cortes comerciales.

1. INTRODUCCION

La Hierba Mora (Solanum sp) es una planta con alto contenido en minerales y proteínas, considerada una hortaliza nativa de mucha importancia en la dieta guatemalteca, debido a que su consumo es muy común dentro de la población del área rural, mayoritaria en el país.

Sobre su cultivo existe poca información documentada que permita hacer su explotación técnica.

La Facultad de Agronomía y el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) con el cofinanciamiento de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) ha realizado trabajos sobre Hierba mora como parte del proyecto "Desarrollo de prácticas agronómicas para hortalizas nativas" (plantas de consumo común en las comunidades rurales del país) con el fin de obtener información para la elaboración de paquetes tecnológicos que se puedan recomendar para su cultivo.

Así se han realizado investigaciones sobre caracterizaciones agromorfológicas, fertilización, y distanciamientos de siembra, que sirvieron como fundamento al estudio siguiente.

Cuando se desea cultivar durante la época seca, se tiene que realizar bajo condiciones de riego, y por eso con el fin de optimizar el uso del agua y obtener rendimientos aceptables es necesario conocer los requerimientos de agua, tanto en volumen como en su frecuencia de aplicación.

La realización de la presente investigación en la que se evaluaron las frecuencias de riego cada 5, 10 y 15 días, en tres distintos cortes en el cultivo de la hierba mora, en el valle central de Guatemala, tuvo como objetivo determinar la cantidad adecuada de agua que la planta necesita y la frecuencia que da los mejores rendimientos en Kg/ha en peso fresco y seco en tres cortes comerciales.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela la constituyeron los cortes y la sub parcela las frecuencias de riego, analizándose las variables peso fresco y seco en Kg/ha, y la lamina de agua consumida en centímetros por efecto de evapotranspiración, bajo las condiciones de suelo (franco arcilloso) y clima (templado con invierno benigno) del Centro experimental Docente de Agronomía (CEDA), municipio de Guatemala, ciudad universitaria, (Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994).

El consumo de agua fue analizado graficamente, para observar las tendencias que la hierba mora mostró durante su cultivo, al ser sometida a las distintas frecuencias evaluadas: cabe hacer mención que dicho consumo fué comparado con la evapotranspiración potencial determinada mediante las fórmulas empíricas de Blaney y Criddle, Penman, Thornthwaite y Hargreaves.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Uno de los objetivos primordiales que se persiguen en el uso del recurso hídrico, es el de lograr su utilización eficiente aunada a la obtención de altos rendimientos del cultivo.

Cuando se dice de un uso eficiente se hace referencia a la maximización del recurso agua, es decir la aplicación de las cantidades adecuadas que necesite el cultivo en intervalos de tiempo (frecuencia de aplicación) que permitan recuperar el máximo contenido de agua (capacidad de campo) en el suelo, teniendo en cuenta, el hecho de que la planta este en condiciones fisiológicas de poder utilizarla.

El riego basa su eficiencia en el conocimiento de los requerimientos de agua del cultivo y de las características físicas del suelo.

Los requerimientos de agua, en la Hierba Mora (Solanum sp) se desconocen porque no existe un estudio anterior en el que se haya investigado sobre este aspecto, lo que no permite plantear un programa de riego eficiente para establecer el cultivo bajo condiciones de época seca.

Es por eso que el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA), con el cofinanciamiento de la Dirección General de Investigación (DIGI) llevó a cabo la presente investigación, en la que se determinaron las cantidades de agua evapotranspiradas por el cultivo de hierba mora regado en distintos intervalos de tiempo y sus efectos en el rendimiento durante tres cortes comerciales.

3. MARCO TEORICO

3.1 Marco conceptual:

3.1.1 Importancia del riego:

El desarrollo económico y social del hombre depende en gran medida de sus posibilidades para lograr una producción del sector agrícola acorde a sus necesidades de alimentos.

Los programas nacionales de desarrollo deberán considerar la incorporación a la producción agrícola de nuevas áreas de cultivo e intensificar el uso de aquellas tierras que han dependido exclusivamente del régimen de lluvias.

En Guatemala, muchas regiones que tienen una precipitación pluvial relativamente elevada tienen períodos de sequía en los que no hay producción agrícola, estando la tierra sin uso por prolongados períodos.

Un estimado indica que alrededor del 20% de las tierras cultivadas en el mundo están bajo riego, obteniéndose de ellas el 40% del total de la producción agrícola mundial. (18)

3.1.2 Clases de Agua en el suelo:

Entre un suelo saturado y un suelo seco se pueden presentar diferentes clases de agua en relación a su disponibilidad y desarrollo de las plantas, estas son: agua gravitacional, capilar e higroscópica. (18)

3.1.2.A Agua Gravitacional:

Cuando todos los poros del suelo están llenos se dice que el suelo esta 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 las fuerzas de gravedad, lo cual ocasiona que el agua se mueva o drene. Al agua que se mueve libremente hacia abajo en los poros grandes debido a la acción de la fuerza de gravedad se le conoce como agua gravitacional. (18)

Esta agua puede moverse rápidamente hacia abajo se considera como no aprovechable por las plantas y no debe ser considerada para cálculos de riego, debido a que se pierde por infiltración y la planta no es capaz de utilizarla. (18)

3.1.2.B Agua Capilar:

Después de que el agua gravitacional drene, entonces los poros grandes son ocupados por aire y el agua contenida en los poros pequeños sigue moviéndose lentamente por capilaridad, este movimiento capilar se observa cuando el agua esta retenida en el suelo a una presión entre $1/3$ y 15 atmósferas. A esta clase de agua se le denomina capilar, siendo el agua aprovechable por las plantas. (18)

3.1.2.C Agua Higroscópica:

El agua retenida a más de 15 atmosferas puede ser absorbida por algunas plantas pero, a una velocidad que no llena los requerimientos de transpiración provocando disminución en la producción. (18)

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. El agua queda adherida herméticamente en forma de capas muy delgadas alrededor de las partículas del suelo, la fuerza de adhesión es tan grande que esta película de agua no puede moverse en el suelo y ser aprovechada por la planta y esta comienza a marchitarse. A esta clase de agua se le denomina higroscópica y está retenida a más de 15 atmósferas de presión. (18)

3.1.3 Determinación de las características del suelo con fines de riego:

Determinar estas características es muy importante para conocer las condiciones en que se va efectuar el riego, y así poder utilizar esta información para programar la irrigación de una manera técnica que permita mayor eficiencia.

3.1.3.A Capacidad de campo:

Se define como el máximo contenido de agua que puede retener un suelo expresado en terminos de porcentaje. (18)

3.1.3.A.1 Metodo de la olla de presión:

Se basa en la aplicación de aire a $1/3$ de atmósfera de presión a muestras de suelo saturadas, es decir condiciones de presión similares a la del punto de marchitez permanente (18)

Al someter un suelo previamente saturado a una presión de succión equivalente a 1/3 de atmósfera durante 16 o 24 hrs, el agua gravitacional es expulsada y el contenido de humedad que queda en la muestra de suelo es el de capacidad de campo.

Para determinar el contenido de agua presente en el suelo se utiliza la fórmula siguiente (método gravimétrico). (18)

$$Ps \% = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

De donde:

Ps % = Contenido de humedad en porcentaje en base a suelo seco.

Psh = Peso del suelo húmedo

Pss = Peso del suelo seco

3.1.3.A.2 Método de la parcela de campo:

Es un método sencillo y con el cual se obtienen resultados confiables, tiene el inconveniente que la determinación de capacidad de campo requiere varios días. Consiste en limpiar y nivelar una parcela de 1m x 1m y hacerle dos bordes alrededor, se aplica una lámina de agua (incluyendo los bordes) hasta saturar el suelo, se cubre la parcela con plástico para evitar la evaporación y se espera que filtre. (18)

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. Este puede durar varios días.

El contenido de humedad de las muestras deberá disminuir conforme el agua gravitacional va drenando, al terminar este drenado entonces el contenido de humedad tenderá a ser mas o menos constante debido a que no hay salida de agua del suelo ni por drenaje ni por evaporación, el valor del porcentaje de humedad cuando ya se vuelve constante es la capacidad de campo del suelo analizado. (18)

3.1.3.A.3 Metodo de columnas de suelo de Colman:

Es un método sencillo, del que se obtienen buenos resultados. Las muestras de suelo se secan al aire, se tamizan por una malla de 2 mm y se colocan en tubos de plástico (de preferencia transparente) de 30 cm de longitud y 2,5 cm de diametro (puede usarse otro diametro).

Para evitar que la muestra se salga por abajo del tubo, se coloca previamente en el extremo inferior del tubo un tapón de hule perforado y sobre él una malla de alambre y un papel filtro que permitan el paso del agua que drena pero no del suelo. (18)

Para colocar la muestra de suelo se usa un embudo metálico de tallo largo (30 cm de longitud y 12 cm de diametro exterior) para lograr una compactación uniforme y similar a la del campo, al ir llenando el tubo se debe picar el suelo con una varilla metálica o punzón. Luego que la columna de suelo alcanza aproximadamente 25 cm de altura se agrega agua destilada en cantidades de 30 a 35 ml para suelo arenoso y 50 a 60 ml para suelo arcilloso. Al agregar agua se notara un movimiento de esta hacia abajo.

Cuando no haya movimiento estimable de una hora a otra se determina el contenido de humedad del tercio medio del tubo por el método gravimétrico y este sera la capacidad de campo del suelo. Esto se logra aproximadamente a las 16 horas en suelos arenosos y a las 24 horas en suelos arcillosos. (18)

3.1.3.B Punto de marchitez permanente:

Representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas (18) y fué estimado mediante el método de la olla de presión, pero en este caso la presión de succión que se utiliza es de 15 atmósferas.

3.1.3.C Densidad aparente:

Se determina mediante el método del agujero que es aconsejable para cuando se requieren de resultados precisos.

Se empareja la superficie y se hace un hoyo de 12 x 12 x 10 cm de profundidad en el tercio medio del estrato a muestrear.

Luego se cubre el agujero con un 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 conocido. (18)

El suelo del agujero se lleva a laboratorio y se pesa, y se determina mediante una submuestra (125 grs.) su contenido de humedad al secarlo a 110 C°.

Posteriormente se calcula la densidad aparente por medio de la siguiente formula: (18)

$$Da = \frac{100 \times Psh}{Vt (100 + Ps)} = \text{gr/cm}^3$$

Donde:

Da= Densidad aparente en gr/cm^3

Psh= Peso del suelo húmedo en Kg.

Vt= Volumen total lts.

Ps= Porcentaje de humedad.

3.1.4 Evapotranspiración:

La evapotranspiración resulta de la suma de evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas (11).

La evapotranspiración es un proceso por el cual el agua se evapora del terreno adyacente, ya sea por la superficie del suelo o por la superficie de las hojas de la planta; la transpiración resulta del desprendimiento del agua en forma de vapor de las hojas de las plantas, la cual ha sido absorbida desde el suelo y llevada a través de los tallos hasta la superficie foliar de donde pasa a la atmósfera. (10)

El volumen de agua que se ha transpirado dependerá de la radiación solar y terrestre, de la temperatura del aire, de la humedad relativa y del viento. (11)

Orozco (13) cita que Grassi menciona dos tipos de evapotranspiración, Evapotranspiración potencial y evapotranspiración real.

La evapotranspiración potencial es la pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta totalmente de vegetación de escasa altura en activo crecimiento y sin restricción de humedad.

La evapotranspiración real, es igual a la evapotranspiración potencial modificada por un coeficiente "Kc", el cual toma en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta.

Según lo anterior, la evapotranspiración real por medio del coeficiente "Kc" considera el efecto físico-fisiológico que se deriva de la planta y el suelo. Mientras que la evapotranspiración potencial incluye aspectos de orden físico que dependen del clima. (19)

3.1.4.A Metodos para determinar la evapotranspiración (ET):

Existen métodos para determinar la ET, los cuales se mencionan a continuación, y se clasifican como directos e indirectos: (6)

3.1.4.A.1 Metodos directos:

Entre los métodos directos se pueden mencionar: Los lisímetros, evapotranspirómetros, atmómetro y el de parcelas de campo.

3.1.4.A.1.1 Método de las parcelas de campo:

Israelsen (9) menciona que este método proporciona datos más reales que los lisímetros y que para la obtención de la humedad del suelo se recurre al método gravimétrico, que aunque laborioso y costoso es de gran valor.

Este método determina las variaciones de humedad en cada una de las capas que conforman el perfil de un suelo, para lo cual deben tomarse muestras representativas con un barreno, de los diferentes espesores, considerando estratos de 0.3 m hasta la zona de exploración radicular del cultivo, las muestras así obtenidas se colocan en un bote con tapa hermética y de peso conocido, luego se pesan y las muestras de suelo húmedo se colocan en un horno a una temperatura de 105 a 110 °C durante 24 horas, pudiéndose calcular el porcentaje de humedad en base a la fórmula de Ps %, descrita con anterioridad. (6)

3.1.4.A.1.2 Método basado en la evapotranspiración de tanque.

Aguilera y Martinez, mencionados por Morales (12) manifiestan que frecuentemente se encuentra estrecha proporcionalidad entre la evaporación medida, por ejemplo en un vaporímetro estandar y la evapotranspiración de un cultivo bien provisto de agua.

Los estudios de correlación hechos en diferentes cultivos y períodos del ciclo vegetativo permiten coeficientes para estimar la evapotranspiración en función de la evaporación de una superficie libre de agua.

Estos coeficientes sirven para ajustar la fórmula que se usa en la estimación potencial de la evapotranspiración. (13)

Dicha fórmula es: $ETP = Ev. C$

Donde: ETP = Evapotranspiración potencial
 Ev = Evaporación del tanque
 C = Coeficiente de ajuste adimensional

Pruit mencionado por Morales (12) dice que la variación del coeficiente "C", depende de factores como el tamaño, color y estado de conservación del mismo, así como de la turbiedad del agua y profundidad del tanque: encontró que la variación del coeficiente "C" en la relación Evapotranspiración/evaporación oscila entre 0.75 y 1.25.

3.1.4.A.2 Metodos indirectos:

Entre los métodos indirectos pueden mencionarse: Blaney-criddle, Penman, Jensen, Haise, Tanque evaporímetro, Grassi-Chirstiansen, Hargreaves modificado en 1966 y en 1983, Lowry-Jhonson, Thornthwaite, y otros. (6)

Peña (14) menciona que los métodos indirectos son todos aquellos que calculan la evapotranspiración a través de fórmulas empíricas, las cuales han sido desarrolladas tomando en cuenta diferentes variables climáticas.

3.1.4.A.2.1 Método de Blaney y Criddle:

Estos investigadores, en Estados Unidos, después de numerosas experiencias llevadas a cabo en diversas condiciones, desde 1931 a 1942, establecieron definitivamente en 1945 la siguiente fórmula empírica, que permite el cálculo de la evapotranspiración potencial:

$$(ETP) = K \cdot F$$

En la que (ETP) representa la evapotranspiración potencial en pulgadas; F, la fuerza evaporante, igual al producto de la temperatura media en grados Fahrenheit, que se designa con t y del tanto por ciento "p" de horas diurnas (de luz) durante el período considerado, con relación al total de horas diurnas al cabo del año y K es el coeficiente determinado experimentalmente, en el que se engloban todas las demás circunstancias, como naturaleza de la planta, estado de vegetación, suelo, clima, etc; por lo que este es llamado "coeficiente global". (8)

$$(ETP) = k \cdot \frac{p \cdot t}{100}$$

Esta fórmula viene expresada en pulgadas y grados Fahrenheit y se puede transformar en otra que venga expresada en milímetros y grados centígrados, teniendo en cuenta que la pulgada inglesa equivale a 25.4 mm y que el cero y el cien de la escala centígrada corresponden a 32 y al 212 de la escala Fahrenheit respectivamente. Luego tendremos:

$$ETP = 0.254 k \cdot p (1.8 t^{\circ} + 32)$$

3.1.4.A.2.2 Metodo de Thornthwaite:

La fórmula empírica dada por Thornthwaite, en Estados Unidos (1944 -1948), permite obtener la evaporación potencial, en función exclusivamente de la temperatura, sin considerar otras características de clima, suelo o cultivo, obteniendo un valor medio. (8)

Ha de calcularse primero la denominada "Evapotranspiración sin ajustar", derivada de considerar el mes de 30 días y suponer que todos los días tienen doce horas de luz solar.

Designando por "E" la evapotranspiración potencial mensual sin ajustar, viene dada según thornthwaite, por la fórmula empírica:

$$E = C \cdot t^a$$

Aquí la que t representa la temperatura media en grados centígrados, durante el mes que se considere, siendo a y C coeficientes que dependen del denominado índice térmico anual (I).

Tomando E y t como ejes coordenados, la ecuación exponencial viene representada por una curva que se transformará en recta tomando escalas logarítmicas.

Se ha comprobado experimentalmente que todas las curvas, o rectas en su caso, dibujadas para las más diversas condiciones, tienen todas un punto común que constituye el límite de aplicación de la fórmula y corresponde a la temperatura media mensual $t=26.5$ C°, para la que se obtiene siempre por aplicación de la fórmula una evapotranspiración potencial no ajustada.

3.1.4.A.2.3 Método de Hargreaves:

Según Hargreaves la evaporación como un proceso físico puede ser calculado al obtener una relación empírica entre la evaporación consumida por varios cultivos. La ecuación empleada por Hargreaves para determinar la evapotranspiración potencial es: (8)

$$ETP = 0.35 RMM \times CT \times CH \times CW \times CE$$

De donde:

RMM = Radiación extraterrestre mensual, expresado como evaporación equivalente, dividida por la radiación (cal/cm²/día) por el calor de vaporización a la temperatura media mensual en centígrados (TM)

$$CT = 0.40 + 0.024 TM$$

$$CH = 0.05 + 1.42 (1-Hn)^{1/2}$$

Hn = Humedad relativa mensual, expresada en forma decimal

$$CW = 0.80 + 0.028 W_s$$

W_s = Viento en Km/hora, con el instrumento a 6 m de altura.

$$CE = 1.00 + 0.00004 EL$$

EL = Elevación media en metros sobre el nivel del mar.

3.1.4.A.2.4 Método de Penman:

Este autor estudió la evapotranspiración en Inglaterra y estableció una fórmula (1949) basada en el principio de la conservación de la energía y de la difusión turbulenta del vapor que permite obtener la evaporación (E_o) de una superficie de agua libre. La ecuación de Penman se basa en la mayor exactitud teórica asegurando que la evapotranspiración esta inseparablemente conectada con la cantidad de energía radiada, ganada por la superficie. (8)

3.2. Marco referencial:

3.2.1 Ubicación y descripción del área experimental:

3.2.1.A Localización:

La investigación se realizó en los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que están situados al sur de la ciudad capital de Guatemala y de la Ciudad Universitaria Zona 12, a una altura de 1502 msnm, siendo sus coordenadas:

Latitud Norte: 14°35'11"
 Longitud Oeste: 90°35'58" (12)

3.2.1.B Clima y zona de vida:

Según el sistema de clasificación del Dr. Holdridge, (18) Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida: Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh - st).

Sus condiciones generales son las siguientes:

- .- PP media anual: 1,216.2 mm distribuidos en 110 días de mayo a octubre
- .- Temperatura Media anual: 18.3 °C
- .- Humedad relativa (media): 79%
- .- Viento: 17.8 Km/hora
- .- Insolación promedio: 6.65 horas/día.
- .- Radiación: 0.33 cal/cm²/min.

Según Thornthwite el clima se clasifica de la siguiente manera:

Bz'b'Bi, es decir un clima templado con invierno benigno, húmedo con invierno seco. Pertenece a al valle intercolinar de las tierras altas del cinturón volcánico (8)

3.2.1.C Extensión:

Según Cerdón (2) la extensión del CEDA es de 22.38 ha.

3.2.1.D Hidrología:

Se encuentra localizada en la cuenca del río Michatoya con un área de 149 km², y en la sub cuenca 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 tipo convectivo y orográfico, y 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 muy pequeño. (2)

3.2.1.E Edafología:

Los suelos del área bajo estudio están clasificados como Cambisoles. Según el estudio detallado de Cordon (2) son suelos de la serie Guatemala, que se caracterizan por ser originados de ceniza volcánica pomácea de color claro, que presentan un relieve casi plano y un buen drenaje interno; su suelo superficial es de color café muy oscuro, franco arcilloso, friable, de 30 a 50 cm. de espesor; su suelo subsuperficial es de color café amarillento a café rojizo, franco arcilloso, friable, de 50 a 60 cm de espesor.

El declive dominante es de 0 - 2 %, el drenaje a través del suelo es lento, la capacidad de abastecimiento de humedad es muy alta, el peligro de erosión es bajo, la fertilidad natural es alta y el problema especial que presentan en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica. (2)

3.2.1.E.1 Características físicas de los suelos:

El color del suelo superficial es principalmente negro y el mismo varía en función del grado de erosión y el drenaje interno; así, existen otros colores como el gris y el pardo muy oscuros. En el suelo subsuperficial domina el color pardo muy oscuro y en orden descendente existen los colores pardo grisáceo muy oscuro y el pardo oscuro. En el interior del suelo, el drenaje interno influye sustancialmente, puesto que cuando el mismo es deficiente, se presenta el suelo moteado de pardo amarillento y gris. El mal drenaje interno es debido a texturas finas, estructuras masivas, capas compactadas (cementadas en forma natural) y el mal manejo del suelo en general. Analizando las texturas del suelo superficial, en el suelo con potencial agrícola, que corresponde a 15.13 ha., se tiene que en 12.86 ha es decir en el 85% del suelo superficial, la textura es franco arcillosa y el suelo subsuperficial, en 8.82 ha. es decir en el 58 % del área la textura es arcillosa y en el 41 % (6.21 ha.) es franco arcillosas. (2)

Haciendo el mismo análisis con la estructura en el área con potencial agrícola, se tiene que en 15.03 ha. del suelo superficial, es decir el 99 % de la estructura es en bloques subangulares y en suelo subsuperficial, se observa que la estructura es similar pero los bloques están poco desarrollados. A mayores profundidades, es decir en el

horizonte "B", domina la estructura prismática, en prismas medianos, grandes y finalmente en el material originario casi no se aprecia estructura. (2)

3.2.1.E.2 Características químicas:

Según los resultados del estudio mineralógico de las muestras enviadas al departamento de suelos de la Universidad de Texas, USA, se tiene que el principal componente mineralógico de los suelos del CEDA, es una mezcla de arcillas, entre las cuales predominan la Haloisita y la Caolinita. (2)

Fassbender mencionado por Cordon (2) reporta que las arcillas del tipo haolisita son muy frecuentes en suelos derivados de cenizas volcánicas, son una forma hidratada de la caolinita y sus valores de CIC llegan a 20 meq./100 g. de suelo. En cambio las arcillas del tipo caolinita, que se les encuentra en suelos altamente meteorizados, presentan una baja CIC, con valores de 3 a 10 meq./100 g. de arcilla, los que referidos a gramos de suelo, son aun mas bajos. (2)

Los valores de CIC encontrados en las muestras de suelos del CEDA, son similares en suelo superficial y subsuperficial, con rangos de 18 a 30 meq./100 g. de suelo, con una media de 24.30. Estos valores superan a los que supuestamente habrían de esperarse de acuerdo a los tipos de arcilla encontrados en el área, lo cual da lugar a deducir que el poco alofano que existe según los análisis de laboratorio y pruebas de campo, ha influido en estos valores de CIC. También la materia orgánica ha tenido su influencia en los mismos. (2)

Los suelos del CEDA, son potencialmente fértiles, pero presentan una saturación de bases de baja a mediana, lo que indica que son suelos que tienen baja concentración de bases por lo tanto, la respuesta de los mismos a la aplicación de fertilizantes sería favorable para el rendimiento de los cultivos. (2)

3.2.2 Características de la hierba mora:

3.2.2.A Clasificación taxonómica:

Familia:	Solanácea
Género:	Solanum
Especie:	americanum, nigrescens, nigricans, etc.(3)

Existen diferentes especies que difieren en detalles morfológicos tan mínimos, que en ocasiones es muy difícil determinar si se trata de la misma, u otra especie. Vasquez, Vasquez (20) realizó la caracterización de 20 cultivares que recolectó en la vertiente del pacífico.

La Dra. Elfriede de Poll mencionada por Delgado Girón (3) afirma que no existe ni en Guatemala ni en otro país de centroamérica la especie nigrum.

3.2.2.B Sinonimia:

En Guatemala, hierba mora o yerba mora para el área del altiplano central, occidental y Jutiapa. Macuy para el área de las verapaces. Quilete para el área de Santa Rosa. (3)

En el Salvador, hierba mora, yerba mora. En Honduras, mora, en México tonchichi, en España tomatillos del diablo.(3)

3.2.2.C Descripción taxonómica:

Es una planta anual o perenne, erecta o decumbents.

Tallos: Los tallos juvenes son pilosos, angulares o redondos.

Hojas: En pares o solitarias, de diferentes tamaños similares en forma, enteras o sinuadas, dentadas 14 cm de longitud, 1.5-3.5 cm de ancho, el ápice angostado, agudo o acumiado, la base atenuada con vellosidades en el haz y en el envés densos o poco densos. Peciolos de 5-30 mm de longitud. (3)

Inflorescencias: Lateral o internodal, subumbelíferas o ramificadas, con unas pocas o muchas flores, con pedúnculos de 5-25 mm de longitud con pedicelos de 5-10 mm.

Flor: Cáliz de 1.2 mm de longitud, lobulado a la mitad, lóbulos ovulados, oblongos, agudo obtuso, reflejado en el fruto, corola blanca 5-7.5 mm de ancho. (3)

Parte de la proximidad de la base lóbulos de 2-3 mm de longitud ciliados, anteras de 1.5-2 mm de longitud, estilo 2.5-3.5 mm longitud excediendo a los estambres, la parte baja y media densamente pubescente, ovario glabroso. (3)

Fruto: Globoso, 4-8 mm de diametro, verde al inicio y negro al madurar, semillas alrededor de 1 mm de longitud de color café oscuro.(3)

3.2.2.D Utilización de la hierba mora:

La Hierba mora (Solanum sp.) desde la antigüedad ha sido utilizada en diferentes formas y para diferentes usos, alimenticios y medicinales.

En Guatemala los folíolos jóvenes son consumidos en cantidades bastante apreciables, ya que es posible encontrarla en la mayoría de mercados y plazas de la república; las amas de casa acostumbran prepararla en diversas formas.(3)

3.2.2.E Ecología y distribución:

La hierba mora (Solanum sp) ha sido ubicada en sudamerica, Centro america, México, Oeste de los Estados Unidos, España, Portugal, Italia y en La India. (4)

La hierba mora en Guatemala es posible encontrarla en cultivo o en terrenos baldíos, en terrenos abiertos a cultivo, en una amplia variedad de climas, fríos o cálidos entre 150-2700 msnm. (5) Es posible hallarla en todos los departamentos del país. (3)

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

Evaluar el efecto de 3 frecuencias de riego en el rendimiento del cultivo de hierba mora, bajo las condiciones de suelo (franco arcilloso) y clima (templado con invierno benigno) del Centro Experimental Docente de Agronomía.

4.2 ESPECIFICOS:

- 4.2.1 Determinar la frecuencia de riego adecuada para el cultivo de la hierba mora.
- 4.2.2 Determinar la evapotranspiración total y en cada uno de los cortes efectuados durante el ciclo de cultivo en cada tratamiento. (frecuencias de riego)
- 4.2.3 Establecer el consumo de la humedad aprovechable del suelo.
- 4.2.4 Determinar la relación entre la evapotranspiración y la evaporación (factor C) para diferentes etapas del desarrollo del cultivo.
- 4.2.5 Establecer la evapotranspiración potencial mediante el uso de formulas empíricas (Blaney y Criddle, Thornthwaite, Hargreaves, y Penman) durante un ciclo de cultivo.

5. HIPOTESIS

- 5.1 El riego aplicado con las frecuencias 5, 10, y 15 días incidirá aumentando el rendimiento de cada uno de los cortes efectuados en el cultivo de hierba mora.
- 5.2 La evapotranspiración del cultivo será diferente en los tratamientos regados a distintos intervalos de riego.

6. METODOLOGIA

La parte metodológica se presenta de la siguiente manera: En primer lugar todo lo referente a las características físicas y químicas del suelo con fines de riego utilizadas para el establecimiento del cultivo (cuadro 1). Seguidamente se informa sobre cada uno de los tratamientos evaluados, el diseño experimental utilizado, las variables respuesta, el área del experimento y lo referente al análisis estadístico de las variables.

Se incluyen además todas las actividades realizadas en el manejo del cultivo, y el manejo del experimento.

6.1 Determinaciones físicas del suelo:

Se tomarón muestras de suelo en el estrato de 0-30 cms. considerando que la mayor parte del sistema radicular de la planta de hierba mora se desarrolla a esta profundidad.(15)

La muestras homogenizadas se enviaron al laboratorio de análisis de suelo-planta-agua "Salvador Castillo" en la Facultad de Agronomía para su análisis químico, (cuadro 1) para determinar sus características con fines de riego (textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente).

Para la capacidad de campo y para la marchitez permanente se utilizó el método de la olla de presión, para la densidad aparente el método del agujero y para la textura el Higrómetro de Bouyoucos.

Cuadro 1 Análisis químico y características del suelo con fines de riego, Campos del CEDA, FAUSAC, 1995

pH	% CC	% PMP	Dap. gr/ml	ppm		meq/100 ml	
				P	K	Ca	Mg
6.8	25.6	16	1.35	9.8	310	11.50	2.52

Fuente: "Laboratorio de análisis de suelo - agua - planta "Salvador Castillo", FAUSAC

Referencias: CC= capacidad de campo (*), PMP= punto de marchitez permanente (*)
Dap=Densidad aparente. (*) Porcentaje en base a peso seco

6.2 Tratamientos:

Se evaluaron tres frecuencias de aplicación de agua, cada 5, 10 y 15 días, en tres distintos cortes. Los intervalos se establecieron en función de estudios realizados en el Instituto de Investigaciones

Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía, en estos se indica un tiempo de corte de cada 30 días y para coincidir con este se utilizaron las frecuencias anteriores.

6.2.1 Variables respuesta:

6.2.1.A Rendimiento:

En lo referente a este aspecto se evaluaron el peso fresco (flores, tallos y hojas) y peso seco en Kg/ha, por cada uno de los cortes que se realizaron.

6.2.1.B Evapotranspiración:

Esta variable se maneja mediante la determinación de láminas de agua en centímetros que el cultivo consumió en cada uno de los cortes efectuados. Para esto se realizó un muestreo de humedad

6.2.1.B.1 Muestreo de humedad:

Para el muestreo de humedad se utilizó un barreno de canal, sacando dos muestras por parcela a profundidad de 0 a 15 cm y otras dos a la profundidad de 15 a 30 cms, tomando los puntos de muestreo al azar antes y después del riego.

Las muestras se tomaron 24 hrs antes de regar y 48 hrs después del riego, porque según Sandoval (17) a este tiempo se alcanza el porcentaje de humedad de capacidad de campo.

6.2.1.B.2 Lamina a reponer en cada riego:

Para el cálculo de la lamina de agua a reponer en cada riego llamada lámina de humedad faltante (LHF) fue necesario contar con la siguiente información:

- .- Porcentaje de humedad antes del riego en base a peso seco (PSA).
- .- Porcentaje de humedad a capacidad de campo en base a peso seco (CC).
- .- Densidad aparente (Da).
- .- Profundidad del estrato en cm (Pe).

Estos datos fueron utilizados en la fórmula siguiente:

$$\text{LHF} = \frac{(\text{CC} - \text{PSA}) * \text{Da} * \text{Pe}}{100}$$

6.2.1.B.3 Lamina de agua consumida:

Se utilizó para verificar si la lamina de humedad faltante calculada repuso el contenido a capacidad de campo del suelo. Se utilizaron valores de porcentaje de humedad después del riego y antes del siguiente riego, según se plantea en la fórmula:

$$\text{Lc} = \frac{(\text{PSD} - \text{PSA}) * \text{Da} * \text{Pe}}{100}$$

Donde: Lc: Lamina de agua consumida en cm

PSD: Contenido de humedad en base a peso seco después de 48 hrs. de efectuado el riego.

PSA: Porcentaje de humedad en base a peso seco antes del siguiente riego.

El volumen de agua que se aplicó en cada riego se determino por la siguiente fórmula:

$$\text{Vol} = \text{A} * \text{LHF} * 1000$$

De Donde:

- .- Vol: Volumen de agua a reponer en cada riego
- .- A: Area de cada unidad experimental
- .- LHF: Lamina a reponer en cada riego
- .- 1000 : Constante para transformar a lts.

6.2.2 Diseño estadístico:

Se utilizó un diseño en bloque al azar con un arreglo de parcelas divididas, tomándose como parcela los cortes y como subparcela las frecuencias de riego de 5, 10, y 15 días.

6.2.2.A Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + E_{ij} + B_k + AB_{jk} + E_{ijk}$$

De donde:

- Y_{ij} = Rendimiento en la ijk -ésima unidad experimental
 u = Media general
 R_i = Efecto de i -ésimo bloque
 A_j = Efecto de j -ésimo corte (parcela grande)
 E_{ij} = Error experimental asociado a la parcela grande (error a)
 B_k = Efecto de la k -ésima frecuencia (parcela pequeña)
 AB_{jk} = Efecto de la interacción entre el j -ésimo corte y la k -ésima frecuencia.
 E_{ijk} = Error experimental asociado a parcela pequeña (error b)

6.2.2.B Area del experimento:

En lo que se refiere al área del experimento las características son las que se mencionan a continuación:

Area total del experimento:	217.80 m ²
Area neta del experimento:	75.60 m ²
Area por unidad experimental:	3.60 m ²
Area por unidad de muestreo:	1.00 m ²
Dimensiones de la unidad experimental:	3 * 1.20 m
Número de unidades experimentales:	21
Distancia entre unidades experimentales:	1.50 m
Distancia entre bloque:	2.00 m
Distanciamiento de siembra:	0.15 m entre planta al cuadro.
Número de plantas/unidad experimental:	160
Número de plantas/unidad de muestreo:	36

6.2.3 Analisis de los datos:

6.2.3.A Procesamiento de los datos:

Los resultados de rendimiento y evapotranspiración fueron procesados con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) en la Facultad de Agronomía que efectuó un análisis de varianza de acuerdo al modelo estadístico planteado.

Este análisis fue significativo para las dos variables (rendimiento y evapotranspiración) por lo que se realizaron las respectivas pruebas de medias, utilizando el estadístico de Tukey.

6.2.4 Evaporación:

La evaporación en centímetros fue utilizada para establecer su relación con la evapotranspiración del cultivo de hierba mora. Para su determinación en un tanque evaporímetro diariamente se tomaron lecturas sobre el descenso de la cantidad de agua en el tanque.

6.2.5 Relación Evapotranspiración/evaporación (C):

La relación evapotranspiración/evaporación se determinó para cada una de las frecuencias de la siguiente manera:

- .- Para el intervalo de tiempo entre cortes
- .- Para el ciclo productivo total del cultivo (tres cortes).

6.2.6 Consumo de la humedad.

Fué analizado mediante la elaboración de gráficas contrastando los contenidos de humedad del suelo en cada uno de los cortes en dos estratos (0 - 15 y 15 - 30 cm)

6.2.7. Análisis de la evapotranspiración utilizando formulas empíricas:

Para este análisis se consultó con el Ing. Agr. Isaac Herrera (8), que recomendó las fórmulas empíricas propuestas por Blaney y Criddle, Peenman, Thornthwaite y Hargreaves basado en las características de clima del área geográfica donde se realizó el estudio.

6.3 Manejo del cultivo:

6.3.1 Semillero:

El cultivo se inició con la realización de un semillero que tuvo una duración 28 días durante los cuales el cultivo se regó diariamente manteniendolo libre malezas, protegiendolo contra el sol directo con una cobertura vegetal, para propiciar un buen desarrollo.

6.3.2 Transplante:

Un día antes del transplante se realizó un riego profundo al suelo. Se trasladaron las plantas a campo definitivo cuando tenían entre 3 y 4 hojas verdaderas (24 días después de la siembra) utilizando para esto un distanciamiento de 15 cm al cuadro.

6.3.3 Cortes:

Se efectuaron 3 cortes tomándose como criterio de corte el inicio de la floración:

- Primer corte: 24 días después del transplante.
- Segundo corte: 23 días después del primer corte.
- Tercer corte: 22 días después del segundo corte.

6.3.4 Fertilización:

Se aplicaron las siguientes dosis de fertilizante:

- 120 kg/ha. de P_2O_5 Esta aplicación se efectuó dos días antes del transplante.
- 1000 kg/ha. de Materia orgánica, que se aplicaron en la preparación de las unidades experimentales (20 días antes del transplante)
- 150 kg/ha. de N aplicándose 50 Kg 5 días después del trasplante y 50 Kg después del primero, y segundo corte.

Las dosis de nitrógeno fueron aumentadas en función del trabajo realizado por Paz Ayala, (14) los que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2: Rendimiento de biomasa en materia seca en cuatro cortes el cultivo de hierba mora (*Solanum ssp.*) 8 tratamientos aldea Xesiguan, Santa Apolonia. 1994.

N kg/ha	Rendimiento de biomasa en kg/ha por cortes			
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
50	1121.21	1711.5	1130.04 B	654.3
100	860.45	1865.6	1504.46 A	1048.4

Fuente: Paz Ayala 1995. (14)

La metodología que se utilizó en el presente estudio fue la siguiente: Se efectuó una sola aplicación de Fosforo (150 kg/ha) al igual que de materia orgánica al momento del transplante y una aplicación fraccionada de nitrógeno. (50 kg/ha/corte)

6.3.5 Control de malezas:

Se efectuó una limpia manual 8 días después del transplante, 8 días después del primero, y segundo corte para evitar la competencia del cultivo con las malezas.

6.4 Manejo del experimento

6.4.1 Manejo de la humedad del suelo y aplicación de los riegos:

Al momento del transplante se regó uniformemente todo el experimento para tener condiciones adecuadas para el establecimiento de la plantación, siendo así durante los primeros 5 días de establecimiento, posteriormente se comenzaron los riegos de acuerdo a las frecuencias establecidas. El riego se aplicó reponiendo la cantidad de agua calculada mediante la fórmula de lámina de humedad faltante utilizando para esto una regadera.

Primer corte:

24 días después del transplante se realizó el primer corte, ese mismo día después de cosechar se efectuó una fertilización (ver apartado 6.3.4) y un riego completo del ensayo reiniciándose las frecuencias.

Segundo Corte:

Se llevó a cabo 22 días después del primer corte, se aplicó una fertilización nitrogenada y se aplicó un riego general al ensayo y se reiniciaron las frecuencias.

Tercer corte:

A los 23 días posteriores al segundo corte.

7.- RESULTADOS Y DISCUSION

En este apartado se presentan los análisis de varianza efectuados al rendimiento y a las laminas de agua consumidas por el cultivo durante los 3 cortes efectuados. A cada uno de los análisis correspondió una prueba de medias (Tukey).

El consumo del agua en las frecuencias fue relacionado con la evaporación para determinar el factor C (relación evapotranspiración/evaporación) en cada uno de los cortes.

Para finalizar se presentan los resultados de evapotranspiración potencial determinados mediante el uso de formulas empíricas, que se compararon con la evapotranspiración real para establecer cual de estas se debe utilizar para determinar la evapotranspiración potencial en las condiciones del Centro Experimental Docente de Agronomía.

7.1 Análisis de varianza para peso seco y fresco:

El cuadro 3 muestra los resultados del análisis de varianza, realizado al rendimiento en peso seco en el cultivo de hierba mora, las diferencias fueron altamente significativas por los efectos debidos a cortes, frecuencias y su interacción.

Cuadro: 3 Análisis de varianza para peso seco en Kg/ha de Hierba Mora (*Solanum sp*)

F.V.	G.L	Fc	Ft	
			0.05	0.01
BLOQUE	6			
CORTE (C)	2	266.41	3.88	6.93 **
ERROR (a)	12			
FRECUENCIA (F)	2	14.25	3.26	5.25 **
C*F	4	6.86	2.63	3.89 **
ERROR(b)	36			
TOTAL	62			
C.V.	20.95 %			

** Diferencias estadísticas altamente significativas

El cuadro 4 muestra el análisis de varianza efectuado a la variable de rendimiento en peso fresco, donde las diferencias fueron altamente significativas para las fuentes de variación.

Cuadro: 4 Análisis de varianza para peso fresco en Kg/ha de Hierba Mora (*Solanum* sp)

F.V.	G.L	Fc	Ft	
			0.05	0.01
BLOQUE	6			
CORTE (C)	2	181.46	3.88	6.93 **
ERROR (a)	12			
FRECUENCIA (F)	2	12.36	3.26	5.25 **
C*F	4	4.87	2.63	3.89 **
ERROR(b)	36			
TOTAL	62			
C.V.	22.88 %			

** Diferencias altamente significativas

7.2 Prueba de medias para rendimiento en peso seco y fresco:

Después de los resultados obtenidos en el análisis de varianza (diferencias altamente significativas) se realizó una prueba de medias para comparar el rendimiento en kg/ha de peso seco y de peso fresco de cada uno de los tratamientos en los tres cortes efectuados para establecer cual de ellos presenta diferencias de acuerdo al estadístico de Tukey en lo referente a producción en peso fresco y seco, tal y como se observa en el cuadro 5. Los resultados del cuadro 5 muestran que los rendimientos mayores en peso seco se obtuvieron en el tercer corte siendo los de las frecuencias de riego de cada 5 y 10 días.

Este mismo comportamiento se observa en el rendimiento en peso fresco. En la frecuencia de cada 15 días en el tercer corte se obtuvo el segundo rendimiento y las frecuencias y cortes restantes se consideran como las menos rendidoras.

En el cuadro 5 se puede observar que las medias de rendimientos en peso fresco de las frecuencias de cada 5 y 10 días en el tercer corte fueron las que estadísticamente presentaron mayor producción al igual que como sucedió en el rendimiento en peso seco.

Es el mismo caso el de la frecuencia de cada 15 días en el tercer corte, que al igual que en el peso seco es estadísticamente la que presenta el segundo rendimiento.

Cuadro 5: Prueba de medias (Tukey) para el rendimiento en Kg/ha de peso fresco y seco de Hierba Mora (*Solanum sp*)"

CORTE * FRECUENCIA	RENDIMIENTO Kg/ha PESO FRESCO	RENDIMIENTO Kg/ha PESO SECO	RELACION PESO FRESCO PESO SECO
C3*F5	26244.59 A	4398.04 A	5.9:1
C3*F10	26235.58 A	4241.35 A	6.2:1
C3*F15	19929.29 B	2885.88 B	6.2:1
C2*F5	10407.63 C	1365.69 C	7.6:1
C2*F10	9055.25 D	1265.63 C	7.1:1
C2*F15	8026.69 D	1048.21 C	7.6:1
C1*F5	4594.71 E	529.41 D	8.6:1
C1*F10	4459.34 E	470.03 D	9.5:1
C1*F15	3431.65 E	406.78 D	8.4:1

Medias con igual letra son estadísticamente iguales

Referencias: C1, C2, C3 = Corte
F5, F10, F15 = Frecuencia (c/5, 10, 15 días)

El cuadro 5 ordena a los tratamientos de las siguiente manera: C3*F5 y C3*F10 los de mejor rendimiento en Kg de peso fresco/ha, el segundo rendimiento el C3*F15, el tercer rendimiento el C2*F15, el cuarto rendimiento los tratamientos C2*F10 y F15. y los demas tratamientos como de quinta categoría. (los menos rendidores). Ademas puede observarse la relación entre el rendimiento de peso fresco y seco en cada uno de los tratamientos evaluados, siendo el tercer corte el que presenta la menor relación entre peso fresco y seco debido a un mayor contenido de agua de la planta.

7.3 Analisis de varianza para consumo de agua:

En el cuadro 6 se observan diferencias significativas entre cortes ($F_c > F_t$ al 5% de significancia), no existen diferencias entre tratamientos, y diferencias altamente significativas entre frecuencias por cortes.

Cuadro 6: Análisis de varianza para laminas consumidas en cm de agua en hierba mora (*Solanum sp.*).

F.V.	G.L	Fc	Ft	
			0.05	0.01
BLOQUE	6			
CORTE (C)	2	5.93	3.88 *	6.93
ERROR (a)	12			
FRECUENCIA	2	2.03	3.26	5.25 NS
C*F	4	5.97	2.63	3.89 **
ERROR(b)	36			
TOTAL	62			
C.V.	18.35 %			

** Diferencias altamente significativas
* Diferencias significativas
NS No hay significancia

Ante tales circunstancias se efectuó una prueba de medias utilizando el comparador de Tukey, y sus resultados se muestran en el cuadro 7,

Cuadro 7 Laminas consumidas en cm de agua en el cultivo de hierba mora (*Solanum sp.*)

CORTE*TRATAMIENTO (c/5,10,15 días)	LAMINA CONSUMIDA cms	GRUPO DE TUKEY
C1*F5	7.8071	A
C2*F5	6.9243	A
C3*F5	5.9557	B
C1*F10	5.8786	B
C3*F15	5.6243	B
C1*F15	5.5429	B
C3*F10	5.2971	B
C2*F10	5.29	B
C2*F15	4.2314	B

Medias con igual letra son estadísticamente iguales

El cuadro 7 muestra que estadísticamente los tratamientos en que se regaba cada 5 días en el primer y segundo corte fueron los que mas consumo de agua tuvieron (letra A).

Los demas tratamientos son considerados como de segunda categoría y estadísticamemnte no hubo diferencias entre sus consumos de agua.

7.4 Análisis gráfico para el consumo de agua:

Después del análisis estadístico efectuado, y para cumplir con los objetivos del presente estudio, se graficaron los comportamientos del consumo de agua de los tratamientos evaluados.

Este consistió en determinar la tendencia del consumo de la humedad en cada una de las frecuencias durante el periodo entre cada corte, es así que se elaboraron 3 gráficas, una por cada frecuencia (cada 5, 10 y 15 días), que muestran el consumo del cultivo en cada uno de los tres cortes.

7.4.1 Frecuencia de riego de cada 5 días:

En esta frecuencia se efectuaron 5 riegos en total lo que propició que el suelo siempre contara con humedad disponible para la planta.

El análisis se efectuó en distintos estratos de suelo, el primero de 0 a 15 cm de profundidad, el segundo de 15 a 30 cm y un tercero comprendido entre 0 y 30 cm de profundidad.

La figura 1 muestra que en la frecuencia de riego de cada 5 días, el consumo en el primer corte presento mayores variaciones que en el segundo y tercer corte, tanto en el estrato de 0 a 15 cm como en el de 15 a 30 cm de profundidad. Esto puede ser debido a que la planta en el primer corte tiene un sistema radicular en desarrollo, también sufre su primera floración, solo por mencionar algunas cuestiones relacionadas con la etapa fenológica del cultivo.

Cabe hacer mención que en esta frecuencia se observaron los mayores consumos de agua en el primero y segundo corte, el cuadro 7 muestra la comparación de estos con las medias de los otros tratamientos evaluados, y estadísticamente fueron los valores considerados en un nivel A, lo que demuestra que este tratamiento presentó el mayor consumo de agua (primero y segundo corte).

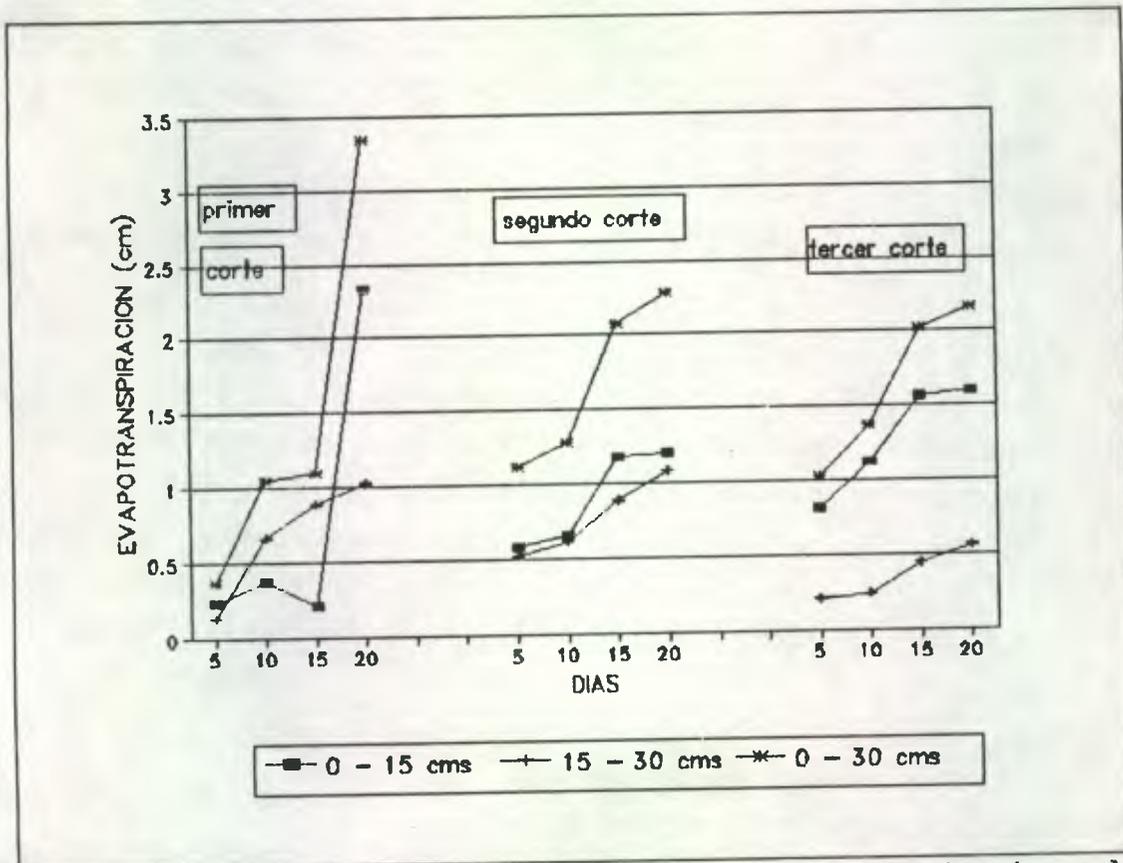


Figura 1: Evapotranspiración de la frecuencia de riego de cada 5 días

Observese en la figura 1 que en general el mayor consumo de agua se presenta en el estrato de 0 a 15 cm de profundidad, esto se puede deber a que la mayoría de raíces de la planta de hierba mora se desarrollan en este estrato.

La tendencia siempre fue ir hacia un mayor consumo al acercarse mas el día de corte, esto se observa mejor cuando se grafica el estrato de 0 a 30 cm.

Los resultados obtenidos estan relacionados con las características de suelo predominantes en el centro experimental docente de agronomía (CEDA), que presenta un relieve casi plano y un buen drenaje interno; franco arcilloso, friable, de 30 a 50 cm. de espesor; el declive dominante es de 0 - 2 %, el drenaje a través del suelo es lento, la capacidad de abastecimiento de humedad es muy alta, el peligro de erosión es bajo. (2)

Es importante hacer notar que el tercer corte en la frecuencia de riego de cada 5 días fue junto el tercer corte de la frecuencia de cada 10 días el mas rendidor en lo que se refiere a producción de peso seco y fresco (5 y 6).

7.4.2 Frecuencia de riego de cada 10 días:

En la figura 2, se observa la tendencia de consumo del tratamiento en el que se aplicaba agua a cada 10 días (f10),

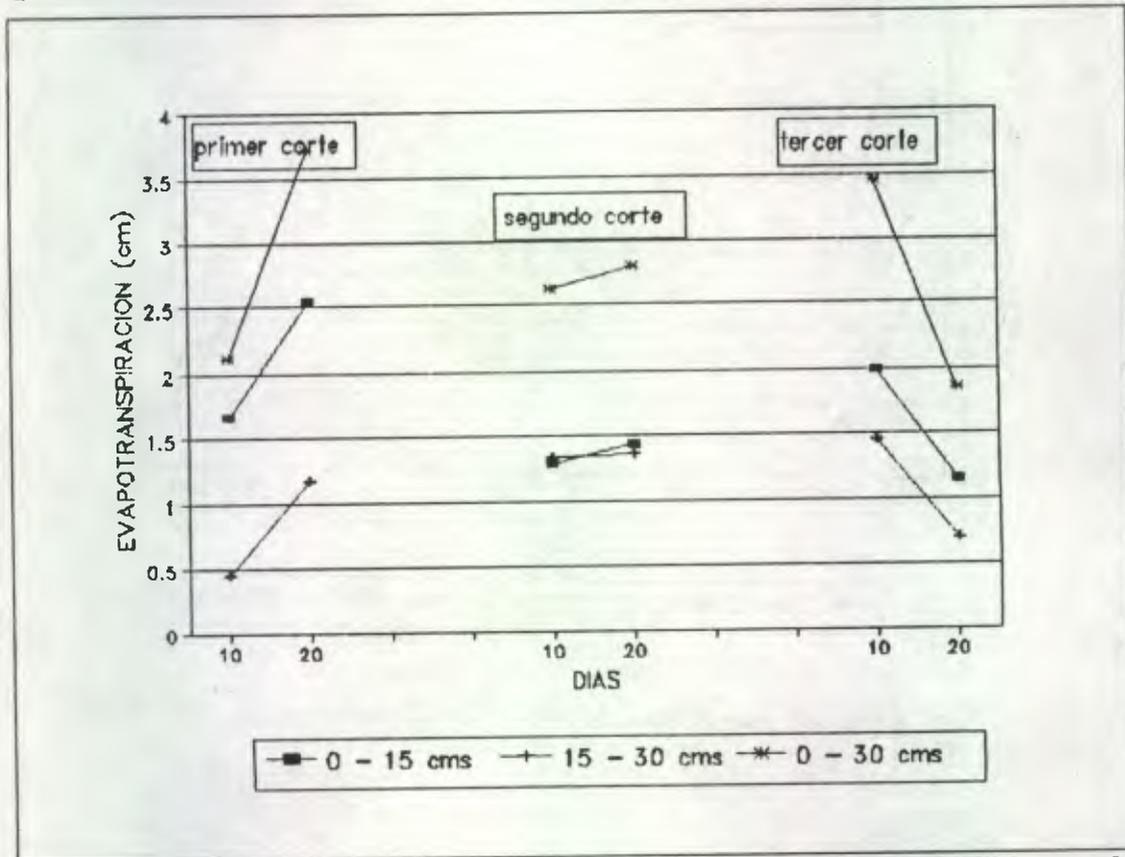


Figura 2: Evapotranspiración en la frecuencia de riego de cada 10 días.

Nótese como la tendencia a necesitar mas agua conforme se acerca el día de corte se mantiene en el primero y segundo corte, pero fue de distinta manera en el tercer corte, similar comportamiento presento la frecuencia f5. (figura 1)

El cultivo en el tercer corte necesitó mas agua en el período comprendido entre 1 y 10 días (casi el doble) que en el comprendido entre los 11 y los 20 días.

7.4.3 Frecuencia de riego de cada 15 días:

En el caso del tratamiento en que se regaba cada 15 días se graficaron los 15 días del primer y segundo riego, y por el tiempo de corte, nunca se dió la aplicación de un tercer riego, por lo que la tendencia muestra una disminución del consumo.

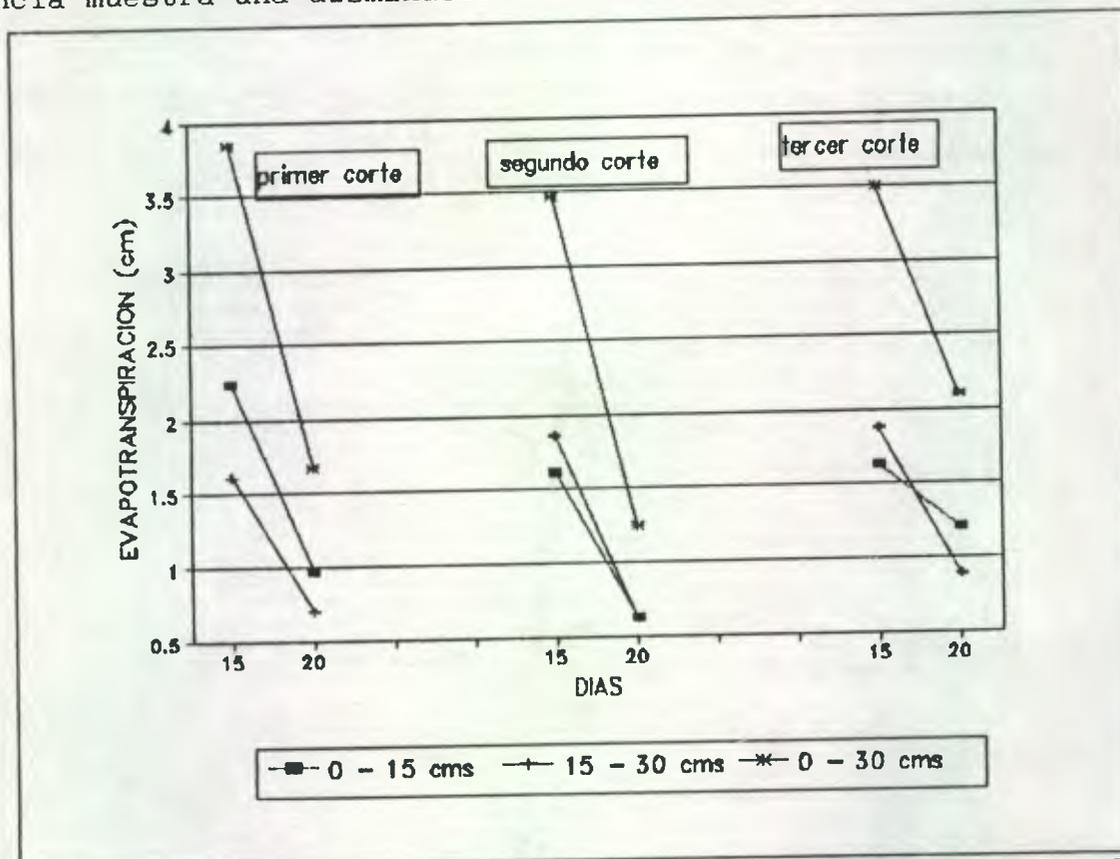


Figura 3: Evapotranspiración en la frecuencia de riego de cada 15 días.

Observe en la figura 3 como el consumo despues del segundo riego en este tratamiento disminuye debido basicamente al período prolongado de la frecuencia.

Como se puede observar siempre el consumo en el estrato de 0 a 15 fué mayor que el estrato de 15 a 30 cm de profundidad, posiblemente este fenómeno se debe a la mayor presencia radicular en el estrato de 0 a 15 cm que en el de 15 a 30.

La frecuencia en que se aplicó agua cada 15 días a pesar de tener un comportamiento distinto a la frecuencia en que se aplicaba agua cada

10 días presentó un consumo estadísticamente igual a este (c/ 10 días) como se puede observar en el cuadro 8.

Para el caso particular del tratamiento en que aplicaba riego cada 15 días (f15) es lógico el comportamiento del consumo, ya que en ningún ciclo de corte de los tres que se efectuaron se llegó a los 30 días como para efectuar una tercera aplicación.

La razón principal por la que el consumo de agua fue mayor en el primer y segundo corte fueron las condiciones de clima imperantes en esos períodos. (cuadro 8.)

El cuadro 8 muestra las condiciones de clima que imperaron durante cada uno de los cortes. Si se observa las humedad relativa de cada uno de los cortes, esta puede ser la razón de la tendencia del consumo de la humedad en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 8 Condiciones de clima durante tres cortes comerciales en el cultivo de Hierba Mora. (CEDA 1995)

Corte	C°	% de humedad	horas luz
1er corte (23 feb - 16 mar)	19.4	78	8.69
2do Corte (17 mar - 9 abr)	20.5	81	8.13
3er corte (10 abr - 8 may)	19.4	84	7.87

Fuente: INSIVUMEH

7.5 Análisis de la evapotranspiración utilizando fórmulas empíricas:

Cuadro 9 Resultados de evapotranspiración utilizando formulas empíricas comparados con la evapotranspiración de las frecuencias. (Laminas consumidas en cm)

METODO y/o FRECUENCIA	CORTE 1	CORTE 2	CORTE 3	CICLO TOTAL
Blaney y criddle	10.30 cm	9.75 cm	11.26 cm	31.31 cm
Penman	10.07 cm	10.67 cm	12.40 cm	33.14 cm
Thornthwaite	9.42 cm	15.45 cm	17.08 cm	41.95 cm
Hargreaves	5.39 cm	8.86 cm	8.92 cm	23.17 cm
c/5 Días	7.81 cm	6.92 cm	5.96 cm	20.69 cm
c/10 Días	5.88 cm	5.29 cm	5.30 cm	16.47 cm
c/15 Días	5.55 cm	4.23 cm	5.62 cm	15.40 cm

En el cuadro 9 se muestra la evapotranspiración potencial determinada por fórmulas empíricas y la evapotranspiración determinada en cada uno de los tratamientos evaluados durante cada uno de los tres cortes que se efectuaron. Nótese como los resultados en el primer corte son muy parecidos a excepción de los obtenidos por Hargreaves, en el segundo y tercer corte.

Blaney y Penmman, son los que presentan datos similares de evapotranspiración potencial, debido a que estos métodos toman en cuenta en sus cálculos la duración de cada uno de los cortes y en función de esto estiman la evapotranspiración potencial.

Aquí puede observar que los consumos de los tratamientos evaluados son menores que la evapotranspiración potencial determinada mediante las fórmulas empíricas

En el cuadro 9 se puede observar que la evapotranspiración calculada mediante la fórmula de Thornthwaite presenta un dato mayor (41.95 cm) al de las otras formulas utilizadas.(Blaney, Penmman, Hargreaves) esto se debe a que thornthwaite toma en cuenta la duración del mes (30 días) en que se realizó el corte, por el contrario de las otras formulas que basan su cálculo en la duración del corte (22, 23, ó 24 días).

Para comparar las diferencias que se establecieron entre la evapotranspiración potencial calculada mediante fórmulas empíricas, y el consumo que presentó cada uno de los tratamientos evaluados, puede observarse la figura 4.

La figura 4 muestra que el consumo de agua, por efecto de evapotranspiración en las frecuencias evaluadas, no fue mayor a la evapotranspiración potencial calculada por las fórmulas de Blaney y Criddle, Penmman, Thornthwaite, y Hargreaves, durante los tres cortes efectuados en el ciclo de cultivo de la hierba mora.

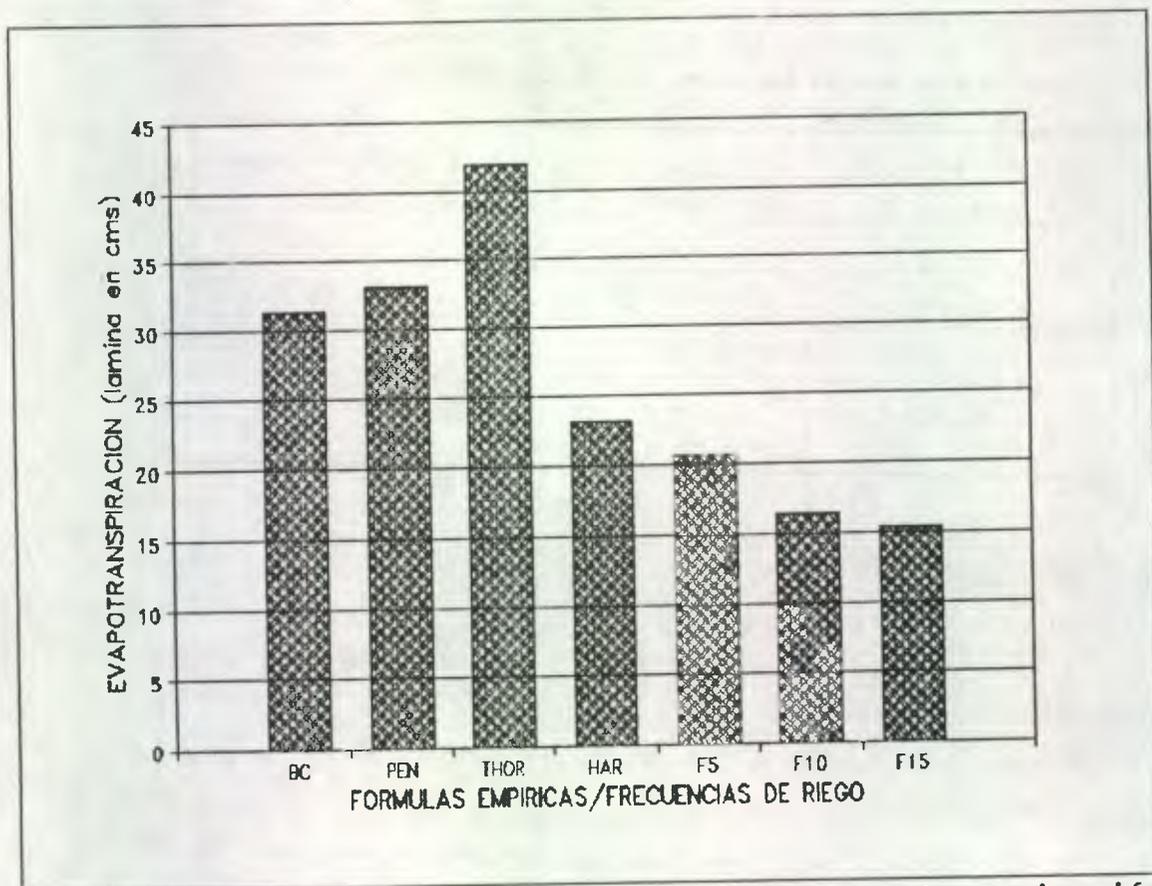


Figura 4 Análisis comparativo de la evapotranspiración potencial determinada mediante formulas empíricas con la evapotranspiración de los tratamientos (frecuencias de riego)

7.6 Relación evapotranspiración/evaporación (Factor C)

En el cuadro 10 se muestran los distintos valores de C, relación que se establece entre lo que el cultivo consume y transpira con la evaporación que se dió en un mismo tiempo, en este caso el tiempo está en función de la duración de cada corte, que en total fueron 3 durante todo el ciclo de cultivo.

Cuadro 10 Relación evapotranspiración/evaporación (C) en tres distintas frecuencias de aplicación de agua en tres distintos cortes de hierba mora (*Solanum sp*)

Corte	C (Riego cada 5 días)	C (Riego cada 10 días)	C (Riego cada 15 días)
1ro.	0.78	0.60	0.56
2do.	0.65	0.50	0.40
3ro.	0.46	0.43	0.45
Ciclo total	0.63	0.51	0.47

En el cuadro 10 se observan los valores de la relación de la evapotranspiración/evaporación (C) los que muestran que para la frecuencia en que se regaba cada 5 días hubo mayor evapotranspiración en los tres distintos cortes.

Observese que las frecuencias de riego de cada 5 y 10 días fueron las de mayor producción en peso fresco y seco en el tercer corte, y se muestra en el cuadro 10 valores pequeños de C (0.46 y 0.43) indicando una evapotranspiración menor.

Para observar el comportamiento de las relación de C en cada una de las frecuencias evaluadas, y cual fue su tendencia en los tres cortes que se realizaron se elaboró la figura 5, que muestra que el valor de C disminuyó conforme se efectuaron los cortes.

El valor de C disminuyó del primero al tercer corte, lo que indica que el cultivo evapotranspiró menos conforme se cumplía su ciclo, debido principalmente a las condiciones de clima imperantes (cuadro 8).

En la frecuencia de riego de cada 15 días (F15) el tercer corte superó la evapotranspiración del segundo corte y este comportamiento fue distinto al de las otras frecuencias evaluadas.

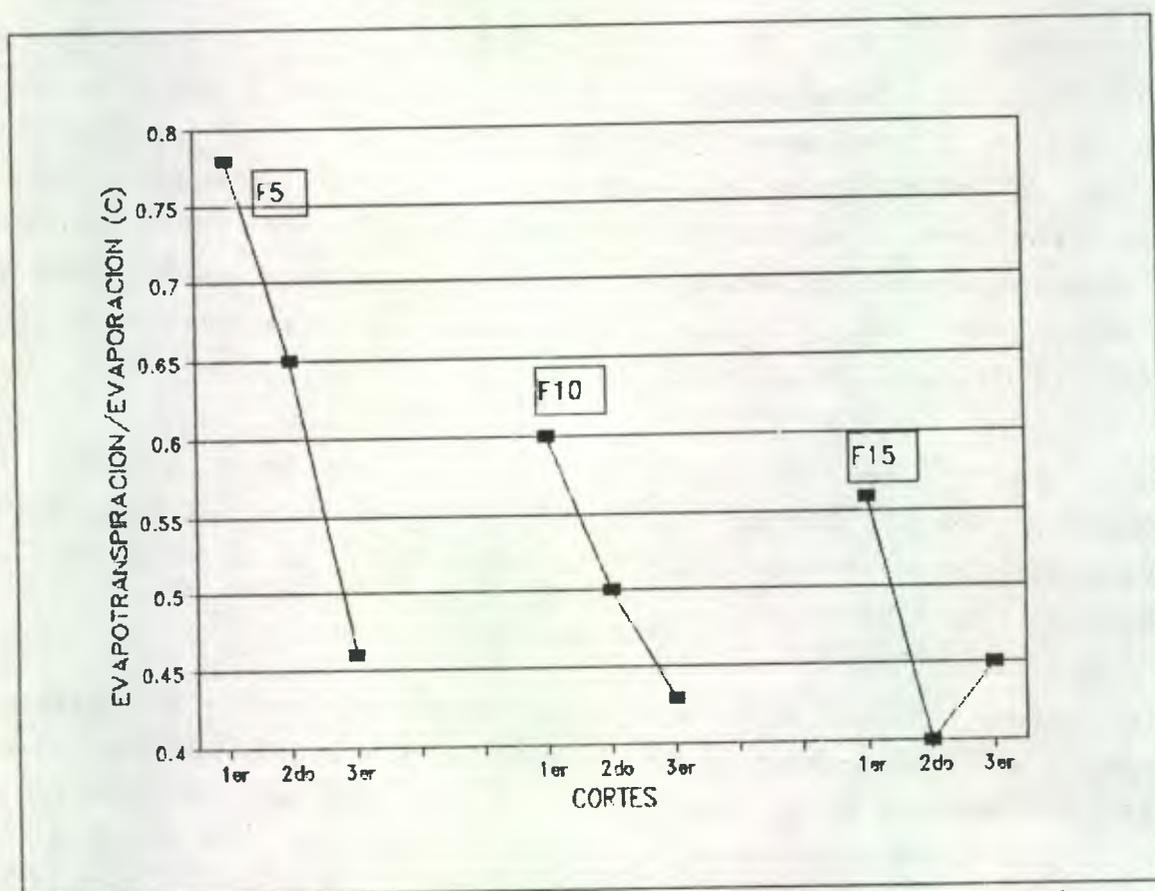


Figura 5: Evapotranspiración/evaporación (C) durante el ciclo de cultivo de la hierba mora.

8. CONCLUSIONES

1. Los mejores rendimientos en biomasa en base a peso seco en el cultivo de hierba mora (*Solanum sp*) bajo las condiciones de suelo y clima en el año 1995 del Centro Experimental Docente de Agronomía se obtuvieron en el tercer corte (69 días después del transplante) y fueron para el tratamiento con frecuencia de riego de cada 5 días (F5) con 4398.04 kg/ha y el tratamiento con frecuencia de riego de cada 10 días (F10) con 4241.35 kg/ha.
2. Los mejores rendimientos en biomasa en base a peso fresco corresponden al tercer corte (69 días después del transplante) y fueron para el tratamiento F5 con 26244.59 kg/ha y el tratamiento F10 con 26244.57 kg/ha.
3. Los mayores consumos de agua se presentaron durante el primer corte (de 0 a 24 días después del transplante) y segundo corte (de 25 a 47 días después del transplante) siendo para el tratamiento F5 con 7.81 y 6.92 cm consumidos respectivamente, bajo las condiciones del área geográfica donde se realizó la investigación.
4. El tratamiento de cada 5 días de aplicación presenta una mayor evapotranspiración en los tres distintos cortes tal y como lo muestra la relación evapotranspiración/evaporación (C) los valores 0.78, 0.65, 0.46 en los respectivos cortes y 0.63 como promedio del ciclo total.
5. La evapotranspiración potencial en el Centro Experimental Docente de Agronomía para tres cortes comerciales de hierba mora es de:
 - 31.31 cm (Blaney y Criddle)
 - 33.14 cm (Penman)
 - 41.95 cm (Thorntwaite)
 - 23.17 cm (Hargreaves)

9. RECOMENDACIONES:

1. Bajo las condiciones de suelo y clima del Centro experimental docente de agronomía aplicar agua cada cinco o diez días, en el cultivo de hierba mora (*Solanum* sp).
2. Evaluar en el cultivo de hierba mora las frecuencias de riego 3, 6, y 9 días bajo otras condiciones de suelo y clima .
3. Para determinar la evapotranspiración potencial en el cultivo de hierba mora mediante una fórmula empírica, utilizar el método de Hargreaves.

10. BIBLIOGRAFIA

- 1.- CASTILLO ARANA, F. 1991. Efecto de cinco frecuencias de riego en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.), en la unidad de riego Asunción Mita, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p
- 2.- CORDON, E. 1991. Levantamiento detallado de suelos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75 p
- 3.- DELGADO GIRON, F. 1984. Rendimiento y contenido de proteína de hierba mora (*Solanum* sp) a diferente número de días a cosecha y número de cortes. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p
- 4.- FONT QUER, P. 1962. El dioscórides renovado. Barcelona, España. Labor. 585 p
- 5.- GENTRY, J.L. 1974. Flora of Guatemala. Chicago, USA. Natural History Museum, Fieldiana Botany v. 24, pte no 1.2. 144 p
- 6.- GIL RODRIGUEZ, M. 1987. Efecto de cinco frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración de melón (*Cucumis melo* L.) tipo Honey-Dew, variedad Mayan Sweet, en el valle de la Fragua Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p
- 7.- GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimiento de riego con fines de formulación y diseño de proyecto. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras. 88p
- 8.- HERRERA, I. 1996 Formulas empíricas para determinación de evapotranspiración potencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía (comunicación personal)
- 9.- ISRAEISEN, O.W. 1980. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García. Barcelona, España, Reverté. 366 p

- 10.- 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
- 11.- MEXICO. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE RIEGO Y UNIDADES DE RIEGO. 1970. Formulación de calendarios de riego, sando datos climatológicos de cultivos y riegos. México. Menorandum Técnico no. 282 105 p
- 12.- 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
- 13.- OROZCO GODINEZ, M.E. 1987. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) en la unidad de riego San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 66 p
- 14.- PAZ AYALA, M.E. 1995. Evaluación de nitrógeno, fosforo y estiercol bovino sobre el rendimiento de biomasa en materia seca de (*Solanum nigrescens* Mart y Gal.); en la aldea Xesiguan, Santa Apolonia; Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 41 p
- 15.- PENA, R. 1955. Horticultura y fruticultura. Bilbao, España. Artes Gráficas Grijelmo. 208 p
- 16.- PINEDA, D. 1987. Efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración de la cebolla (*Allium cepa* L.) para la unidad de riego "La laguna del hoyo" municipio de Monjas, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 75 p
- 17.- RELACIONES ENTRE suelo-planta-agua. 1972. Trad. por Emilio Avila de la Torre. México, Diana. 99 p
- 18.- SANDOVAL ILLESCA, J. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 345 p

- 19.- SIMMONS. CH.; TARANO. J.M; PINTO, J.H. 1959.
Clasificación de reconocimiento de los suelos de la
república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado.
Guatemala. Ed. José Pineda Ibarra. 882 p
- 20.- TELLO. S., C.A. 1983. Efecto de cinco frecuencias de
riego en los rendimientos y medición de la
evapotranspiración de chile pimiento (*Capsicum*
annuum L.) en la unidad de riego El Rancho-Jicaró.
Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San
Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 70 p
- 21.- VASQUEZ VASQUEZ, F.J. 1983. Recolección y
caracterización del germoplasma de hierba mora
(*Solanum* sp) de la vertiente del pacífico de la
república de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala.
Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de
Agronomía. 183 p

Vº Bº

Cyprian De La Roca



11. ANEXOS

Cuadro 11A Análisis de varianza para peso en Kg/ha de Hierba Mora (*Solanum sp*)

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
BLOQUE	6	1336860.1				
CORTE	2	131615195.6	65807597.8	266.41	3.88	6.93
ERROR (a)	12	2964235.0	247019.6			
TRATAMIENTO	2	5105911.5	2552955.8	14.25	3.26	5.25
CORTE*TRAT	4	4990905.4	1247726.4	6.86	2.63	3.89
ERROR(b)	36	6451757.5	179215.8			
TOTAL	62					
C.V.	20.95 %					

Cuadro 12A Analisis de varianza para laminas consumidas en cm de agua en hierba mora (*Solanum sp*).

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
BLOQUE	6	14.62127619				
CORTE	2	21.08994286	10.54497143	5.93	3.88	6.93
ERROR (a)	12	21.35145714	1.7792881			
TRATAMIENTO	2	7.08840952	3.54420476	2.03	3.26	5.25
CORTE*TRAT	4	44.81767619	10.45441905	5.97	2.63	3.89
ERROR(b)	36	62.9939810	1.7498328			
TOTAL	62	168.9627429				
C.V.	18.35 %					

Cuadro 13A Relación evapotranspiración/evaporación en tres distintas frecuencias de aplicación de agua en tres distintos cortes de hierba mora (*Solanum sp*)

CORTE*FRECUENCIA (c/5,10.15 días)	LAMINA CONSUMIDA cm	EVAPORACION en cm	C
C1*F5	7.8071	9.97	0.78
C2*F5	6.9243	10.67	0.65
C3*F5	5.9557	12.40	0.46
C1*F10	5.8786	9.97	0.60
C3*F15	5.6243	12.40	0.45
C1*F15	5.5429	9.97	0.56
C3*F10	5.2971	12.40	0.43
C2*F10	5.29	10.67	0.50
C2*F15	4.2314	10.67	0.40

Cuadro 14A RENDIMIENTO Y CONSUMO DE AGUA (cms)
PRIMER CORTE (23-2-95 AL 16-3-95)

FRECUENCIA CADA 5 DIAS								
RIEGO	ESTRATO	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	0	0.58	0.87	0.28	0	0.19	0
	15-30	0	0	0.63	0.32	0	0	0.018
		0	0.58	1.3	0.6	0	0.19	0.018
2	O-15	0.42	0.99	1.05	0.1	0.04	0.34	1.79
	15-30	0	0	0.85	0	0	0.61	0
		0.42	0.99	1.95	0.1	0.04	0.95	1.79
3	O-15	2.64	3.36	1.75	2.34	1.05	1.51	3.67
	15-30	0.89	0	0.085	0.476	0	0.14	1.21
4	O-15	2.067	1.87	2.99	2.59	1.48	2.36	2.23
	15-30	1.16	1.44	2.29	1.39	0.29	1.64	0.84
TOTAL	O-15	5.127	6.6	6.46	5.31	2.57	4.4	7.69
TOTAL	15-30	2.05	1.44	3.855	2.186	0.29	2.39	2.088
TOTAL	2 ESTRAT	7.597	9.61	13.565	8.196	2.9	7.93	11.568
REND	FRESCO	5129.4194	4855.9333	3945.7083	4892.8778	3393.3083	4498.1056	5206.3333
KG/Ha	65GRA	524.73944	653.80944	533.99222	508.23987	366.85811	515.93278	569.27611
FRECUENCIA CADA 10 DIAS								
RIEGO	ESTRATO	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	0.819	1.62	0.58	2.704	1.23	1.62	3.13
	15-30	0	0.83	0	0	0	0.905	1.48
2	O-15	2.15	3.09	2.698	2.87	2.58	2.49	1.89
	15-30	0.57	1.58	1.93	0.6	1.89	1.45	0.28
TOTAL O-15		2.969	4.71	3.278	5.574	3.81	4.11	5.12
TOTAL 15-30		0.57	2.39	1.93	0.6	1.89	2.355	1.74
CONSUMO		3.539	7.1	5.208	6.174	5.7	6.465	6.86
REND	FRESCO	5089.9611	3472.2222	4286.2306	5366.1611	3472.2222	4577.0194	4971.5917
KG/Ha	65 GRAD	342.98194	365.97222	493.03558	606.1525	359.02778	500.72811	620.30056
F15								
RIEGO	ESTRATO	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	2.26	2.44	1.84	2.36	2.06	2.14	2.55
	15-30	1.63	1.73	1.43	1.69	1.52	1.22	2.06
2	O-15	0.986	1.061	0.803	1.034	0.8973	0.9337	1.111
	15-30	0.711	0.754	0.82	0.7352	0.6634	0.5297	0.8973
TOTAL O-15		3.246	3.501	2.643	3.414	2.9573	3.0737	3.661
TOTAL 15-30		2.341	2.484	2.05	2.4252	2.1834	1.7497	2.9573
CONSUMO		5.587	5.985	4.693	5.8392	5.1407	4.8234	6.6183
REND	FRESCO	3472.2222	3706.9639	4292.9306	2761.995	3393.3083	3472.2222	2919.8222
KG/Ha	65GRASD	439.39944	350.12639	480.4175	330.05833	422.46694	430.20833	394.78

**Cuadro 15A RENDIMIENTO Y CONSUMO DE AGUA (cms)
SEGUNDO CORTE (17-3-95 AL 9-4-95)**

FRECUENCIA CADA 5 DIAS								
RIEGO	ESTRAT	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	0.45	1.05	0.67	1.43	0	0	0.57
	15-30	0	0.46	1.03	2.2	0	0	0
2	O-15	0.66	1.35	0.39	0.096	0.8	0.73	0.61
	15-30	1.1	0.32	0.7	0.16	0.69	1.01	0.41
3	O-15	0.46	1.27	1.27	1.49	1.41	0.87	1.47
	15-30	0.83	0.82	0.31	0.92	0.69	1.46	1.2
4	O-15	1.31	1.17	1.82	0.94	0.78	1.3	1.09
	15-30	0.55	0.43	2.15	0.74	1.31	1.53	0.69
TOTAL	O-15	2.88	4.84	4.15	3.956	2.99	2.9	3.74
TOTAL	15-30	2.48	2.03	4.19	4.02	2.69	4	2.5
TOTAL	2 ESTRAT	5.36	6.87	8.34	7.976	5.68	6.9	6.24
REND		11363.64	8838.384	10101.01	10101.01	10353.54	10101.01	11994.95
KG/Ha		1312.5	1215.278	1439.394	1363.696	1366.667	1303.03	1559.343
FRECUENCIA CADA 10 DIAS								
RIEGO	ESTRAT	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	1.45	1.2	1.6	0.79	1.38	1.43	1.23
	15-30	1.16	1.4	1.12	0.88	1.63	1.65	1.58
2	O-15	1.25	1.7	0.99	1.4	1.3	1.75	1.75
	15-30	0.44	1.69	0.48	0.67	1.68	1.74	1.28
TOTAL	O-15	2.7	2.9	2.59	2.19	2.68	3.18	2.98
TOTAL	15-30	1.6	3.29	1.61	1.55	3.51	3.39	2.86
CONSUMO	2 ESTRAT	4.3	6.19	4.2	3.74	6.19	6.57	5.84
REND	FRESCO	8838.384	8838.384	10732.32	10732.32	10353.54	7575.758	6313.131
KG/Ha	65GRAD	1104.798	1568.813	1583.018	1475.694	1289.015	865.9091	789.1414
FRECUENCIA CADA 15 DIAS								
RIEGO	ESTRAT	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	1.8	1.72	1.61	1.28	1.39	1.76	1.73
	15-30	1.95	1.65	1.95	1.75	1.77	2.03	1.92
2	O-15	0.6	0.57	0.54	0.43	0.46	0.59	0.58
	15-30	0.65	0.55	0.65	0.58	0.59	0.68	0.64
TOTAL	O-15	2.4	2.29	2.15	1.71	1.85	2.35	2.31
TOTAL	15-30	2.6	2.2	2.6	2.33	2.36	2.71	2.56
CONSUMO	2 ESTRAT	5	4.49	4.75	4.04	4.21	5.06	4.87
REND	FRESCO	8207.071	10732.32	6313.131	7575.758	9469.697	6313.131	7575.758
KG/Ha	65GRAD	1071.023	1395.202	842.803	912.8788	1183.712	852.2727	1079.545

**Cuadro 16A RENDIMIENTO Y CONSUMO DE AGUA (cms)
TERCER CORTE (10-4-95 AL 8-5-95)**

FRECUCIA CADA 5 DIAS								
RIEGO	ESTRAT	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	0.97	0.29	1.27	1.76	0.77	0.69	0
	15-30	1.62	0	1.44	1.41	0	0.22	0
2	O-15	0	0	0	0	0.04	0	0
	15-30	0	0	1.43	0.27	0	0	0
3	O-15	2.27	1.52	1.51	0.97	1.32	1.8	1.53
	15-30	0.6	0.38	0	0.82	0	1.39	0
4	O-15	0	0	0	0	0	0	0
	15-30	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	O-15	3.24	1.81	2.78	2.73	2.13	2.49	1.53
TOTAL	15-30	2.22	0.38	2.87	2.5	0	1.61	0
TOTAL	2 ESTRA	5.46	2.19	5.65	5.23	2.13	4.1	1.53
REND	FRESCO	29040.4	29671.72	27146.46	20833.33	22095.96	33143.94	21780.3
KG/Ha	65 GRA	5082.071	4673.295	4940.657	3437.5	3734.217	5303.03	3615.53
FRECUCIA CADA 10 DIAS								
RIEGO	ESTRAT	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	1.68	2.14	2.13	2.065	1.9225	1.9725	1.9825
	15-30	0.65	2.1725	1.5975	1.5325	1.39	1.44	1.45
2	O-15	0.91	1.64	1.065	1	1.065	1.065	1.2825
	15-30	1.5	0.5325	0.5325	0.5325	0.5325	0.5325	0.75
TOTAL O-1		2.59	3.78	3.195	3.065	2.9875	3.0375	3.265
TOTAL 15-		2.15	2.705	2.13	2.065	1.9225	1.9725	2.2
CONSUMO		4.74	6.485	5.325	5.13	4.91	5.01	5.465
REND	FRESCO	19570.71	24621.21	25252.53	25252.53	30934.34	27146.46	30934.34
KG/Ha	65 GRA	3375.947	4000.947	4179.293	4103.535	4980.429	4818.497	4330.808
FRECUCIA CADA 15 DIAS								
RIEGO	ESTRAT	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	O-15	1.27	1.99	1.52	1.94	1.49	1.86	1.36
	15-30	2.77	2.64	3.26	1.23	1.75	0.32	1.2
2	O-15	1.5	2	0.803	1.034	1.145	0.9337	1.111
	15-30	1.2	1.05	0.62	1.254	0.6634	0.5297	0.8973
TOTAL O-1		2.77	3.99	2.323	2.974	2.635	2.7937	2.471
TOTAL 15-		3.97	3.69	3.9	2.484	2.4134	0.8497	2.0973
CONSUMO		6.74	7.68	6.223	5.458	5.0484	3.6434	4.5683
REND	FRESCO	6313.131	18813.13	18308.08	18308.08	20202.02	24621.21	18939.39
KG/Ha	65 GRA	1073.232	3329.924	3068.604	3039.141	2878.788	3877.841	2935.606



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

SEM-008/97

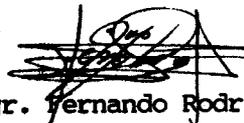
LA TESIS TITULADA: " EVALUACION DEL EFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE HIERBA MORA (Solanum sp), BAJO LAS CONDICIONES DEL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA (CEDA), GUATEMALA."

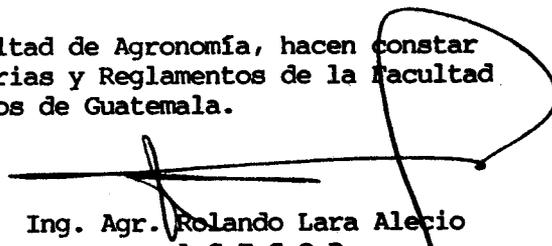
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ALBERTO MAZARIEGOS ROBLEDO

CARNET No.: 89-13499

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Walter Garcia
 Ing. Agr. Isaac Herrera

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 Univesidad de San Carlos de Guatemala.

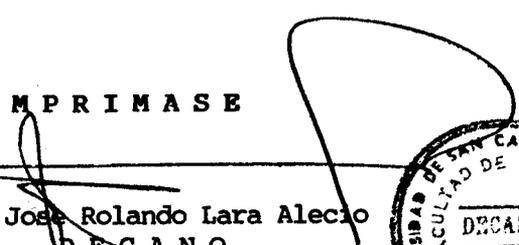

 Ing. Agr. Fernando Rodriguez B.
 ASESOR


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 ASESOR


 Ing. Agr. Fernando Rodriguez B.
 Director del IIA



IMPRIMASE


 Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
 DECANO



CC. Control Acad.
 ARCHIVO

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C.A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770