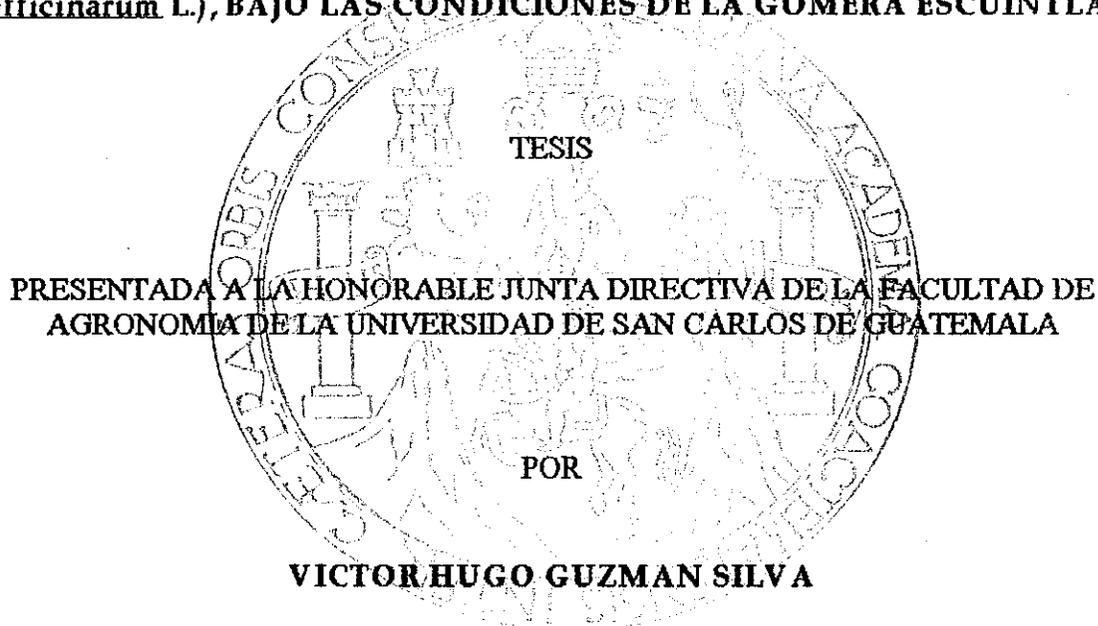


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**EFFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO APLICADOS DURANTE LA
ETAPA DE MACOLLAMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum
officinarum* L.), BAJO LAS CONDICIONES DE LA GOMERA ESCUINTLA.**



En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1997.



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 López |
| VOCAL TERCERO | Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa |
| VOCAL CUARTO | Br. Estuardo Enrique Lira Prera |
| VOCAL QUINTO | P. Agr. Edgar Danilo Juárez Quim |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta |





Guatemala, octubre de 1997.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señores Representantes:

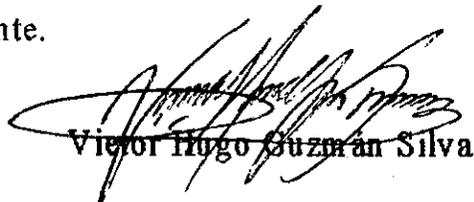
En cumplimiento a las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EFFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO APLICADOS DURANTE LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.), BAJO LAS CONDICIONES DE LA GOMERA ESCUINTLA.

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

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación, agradezco la atención a la presente.

Atentamente.


Victor Hugo Guzmán Silva





CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1. Ventajas del riego en la caña de azúcar	3
3.1.2. Contenido de humedad del suelo	3
3.1.2.A. Necesidades de agua por las plantas	3
3.1.2.B. Humedad aprovechable o disponible a las plantas	4
3.1.3. Métodos para determinar la humedad del suelo	5
3.1.3.A. Método gravimétrico	5
3.1.3.B. Sonda de neutrones	5
3.1.4. Frecuencia de riego y lámina a aplicar	7
3.1.5. Estudios sobre requerimientos de riego en caña de azúcar	7
3.2. MARCO REFERENCIAL	10
3.2.1. Variedad CP-722086	10
3.2.2. Ubicación y descripción del área experimental	10
3.2.3. Estratificación de la zona cañera del país	10
4. OBJETIVOS	12
5. HIPOTESIS	13
6. MATERIALES Y METODOS	14
6.1. Análisis y determinaciones previas	14
6.1.1. Propiedades físicas y químicas del suelo	14
6.1.2. Equipo utilizado en el experimento	16
6.1.3. Diseño experimental	16
6.1.4. Tratamientos	17
6.2. Manejo del cultivo	17
6.3. Manejo del experimento	18
6.3.1. Dimensiones del ensayo	18
6.3.2. Descripción del método y cantidad de agua utilizada	18
6.3.2.A. Cálculo del volumen de agua aplicada en cada parcela	18
6.3.2.B. Tiempo de riego	19
6.4. Monitoreo de la humedad del suelo	20
6.4.1. Calibración de la sonda de neutrones	20
6.5. Uso del agua	21
6.5.1. Consumo óptimo de agua del cultivo según el método del tanque de evaporación de la FAO	21
6.5.1.A. Uso consuntivo o requerimiento total de agua en el ciclo de cultivo	22
6.5.1.B. Requerimiento de riego óptimo durante la época seca	23
6.5.1.C. Láminas recibidas en cada tratamiento	23
6.5.2. Consumos de agua medidos	24
6.5.3. Agotamiento de la humedad del suelo entre dos riegos	24
6.6. Variables respuestas a analizar	25
6.6.1. Altura de plantas	25

6.6.2.	Población	25
6.6.3.	Longitud y diámetro del entrenudo central	25
6.6.4.	Rendimiento en libras de azúcar/Tm	26
6.6.5.	Producción en toneladas de caña	26
6.6.6.	Análisis de resultados	26
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	27
7.1.	Comportamiento de la evaporación y precipitación	27
7.2.	Consumo óptimo de agua del cultivo según el método del tanque de evaporación de la FAO	28
7.3.	Requerimiento de riego óptimo durante la época seca	28
7.4.	Láminas recibidas en cada tratamiento	28
7.5.	Consumos de agua medidos	29
7.6.	VARIABLES DE RESPUESTA	33
7.6.1.	Altura de plantas	33
7.6.2.	Población	35
7.6.3.	Longitud y diámetro el entrenudo central y número de entrenudos	36
7.6.4.	Producción	37
7.7.	Agotamiento de la humedad aprovechable	39
7.8.	Análisis económico	40
8.	CONCLUSIONES	42
9.	RECOMENDACIONES	44
10.	BIBLIOGRAFIA	45
11.	APENDICE	47

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Descripción del perfil del suelo	14
2	Propiedades físicas del suelo y lámina a aplicar	15
3	Propiedades químicas del suelo	15
4	Propiedades físicas y químicas del agua de riego	15
5	Tratamientos evaluados en el cultivo de la caña de azúcar durante su desarrollo	17
6	Coefficientes utilizados en el cálculo de la Evapotranspiración máxima del cultivo	23
7	Lámina recibida estimada según el balance hídrico para la etapa inicial y ciclo total del cultivo	29
8	Láminas de agua consumidas por el cultivo en la etapa de macollamiento	29
9	Consumos en milímetros por día según el balance hídrico para los diferentes tratamientos evaluados	31
10	Altura de plantas y resumen de análisis de varianza para el área bajo estudio	33
11	Resumen de análisis de varianza para la variable población en el área bajo estudio	35
12	Resumen de análisis de varianza para las variables longitud y diámetro del entrenudo central y número de entrenudos para el área bajo estudio	37

13	Resumen de análisis de varianza para la variable producción en los tratamientos evaluados	38
14	Análisis marginal de los beneficios netos	40
15A	Resumen de lecturas de crecimiento longitudinal en metros	48
16A	Resumen de lecturas de población de plantas por hectárea, expresada en miles de plantas	49
17A	Resumen de análisis de varianza para la variable crecimiento longitudinal para las seis lecturas	50
18A	Resumen de análisis de varianza para la variable población de plantas para las cuatro lecturas	50
19A	Análisis múltiple de medias Duncan para altura de plantas durante la cuarta lectura	50
20A	Análisis múltiple de medias Duncan para altura de plantas durante la quinta lectura	51
21A	Análisis múltiple de medias Duncan para altura de plantas durante la sexta lectura	51
22A	Resumen de lecturas antes de la cosecha para las variables diámetro del entrenudo central, longitud del entrenudo y número de entrenudos	51
23A	Resumen de análisis de varianza para las variables diámetro del entrenudo central, longitud del entrenudo y número de entrenudos antes de la cosecha	52
24A	Resumen de datos de producción y rendimiento en el área bajo estudio	52
25A	Resumen de análisis de varianza para las variable producción (Tm/ha), rendimiento (Lb az/Tm) y rendimiento (Tm az/ha)	53
26A	Análisis múltiple de medias Duncan para producción expresado en Tm/ha	53
27A	Evaporación y precipitación durante el ciclo de cultivo	54
28A	Resumen de presupuesto parcial para las frecuencias de riego evaluadas	54
29A	Balance hídrico para un cultivo de 12.5 meses de edad en condiciones óptimas	55

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Evaporación y precipitación durante el ciclo de cultivo	27
2	Láminas de agua consumidas en la etapa de macollamiento	30
3	Consumos por día (mm) para los diferentes tratamientos evaluados	32
4	Crecimiento longitudinal (mts) durante el desarrollo del cultivo	34
5	Tasa de crecimiento longitudinal (cms/día) durante el ciclo de cultivo	35
6	Comportamiento de la población durante el ciclo de cultivo	36
7	Relación rendimientos obtenidos con láminas consumidas por tratamiento	38
8A	Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 1 (sin riego)	69
9A	Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 2 (Frecuencia de 20 días)	70
10A	Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 3 (Frecuencia de 30 días)	71
11A	Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 4 (Frecuencia de 40 días)	72
12A	Curva general de calibración general de la sonda de neutrones	73
13A	Dimensiones de parcela neta por unidad experimental	74
14A	Croquis general de campo	75

EFFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO APLICADOS DURANTE LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), BAJO LAS CONDICIONES DE LA GOMERA ESCUINTLA.

EFFECT OF THREE IRRIGATION FRECUENCIES DURING TILLERING PHASE ON CANE PRODUCTION IN SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* L.) UNDER THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF LA GOMERA ESCUINTLA.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la finca Limones, del ingenio Pantaleón, que pertenece a la zona baja de la región cañera del país, ubicada a 43 msnm., durante el período comprendido del 27 de diciembre de 1,995 al 11 de enero de 1,997, en un suelo de textura franco arenosa en una plantación comercial de cinco socas.

Los objetivos consistieron en evaluar el efecto de tres frecuencias de riego en la etapa de macollamiento del cultivo, sobre las variables altura de plantas, población, longitud y diámetro del entrenudo central, número de entrenudos y producción de caña por unidad de área. Los tratamientos consistieron en tres programaciones de riego (20, 30 y 40 días) y un testigo, arregladas bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones.

El consumo óptimo de agua del cultivo, el requerimiento de riego óptimo y las láminas recibidas en cada tratamiento, fueron determinadas en base a la evaporación del tanque tipo A, para la época seca y para el ciclo total del cultivo.

Los contenidos de humedad del suelo se determinaron por medio de la sonda de neutrones, los que posteriormente fueron aplicados a la ecuación de balance hídrico para medir los consumos reales de agua en cada tratamiento.

Los resultados obtenidos manifiestan que la aplicación de las diferentes frecuencias de riego no tienen efecto sobre las variables población, longitud y diámetro del entrenudo central, número de entrenudos y sobre el rendimiento expresado en libras de azúcar por tonelada métrica, y toneladas métricas de azúcar por hectárea, no

así sobre la variable producción expresada en toneladas métricas de caña por hectárea, en donde existieron diferencias significativas entre tratamientos, presentándose las mejores producciones en los tratamientos cada 20 días (250 mm) y cada 30 días (150 mm).

El consumo de agua óptimo según el método del tanque de la FAO (1,977) para el ciclo de cultivo fue de 1309.54 mm y para la época seca fue de 442.72 mm (del corte previo hasta abril) según el balance hídrico. El requerimiento de riego en condiciones óptimas fue de 387.72 mm.

Las láminas de agua netas recibidas en la etapa de macollamiento y parte de la elongación varió de 53.6 mm ($K=0.08$) para el tratamiento sin riego y 300.00 mm ($K = 0.46$) para el tratamiento con riego cada 20 días.

Se determinó que las diferentes frecuencias influyeron sobre las tasas de evapotranspiración del cultivo, en donde los consumos aumentaron conforme el intervalo de riego disminuyó.

El análisis económico, indicó para la frecuencia de 30 días, una tasa de retorno marginal de 465.37%, lo que significa que el productor al invertir Q 1.00 recupera Q 1.00 mas Q 4.65, lo cual es altamente rentable bajo las condiciones del área en donde se llevó a cabo la presente investigación.

El agotamiento de la humedad disponible alcanzó valores de punto de marchites permanente en el tratamiento sin riego principalmente en el estrato de 20-40 cms (110.67% de agotamiento), mientras que el menor agotamiento se registró en el tratamiento con riego cada 20 días en el estrato de 0-20 cms con 35.78%.

1. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ocupa un área aproximada de 150,000 has. (19), por ser una fuente generadora de empleo en la región y para el país, como todo proceso productivo presenta problemas de manejo agronómico y de desarrollo del cultivo. Uno de los problemas de manejo lo constituye el agua de riego, insumo que al no ser aplicado eficientemente puede provocar una disminución de los rendimientos en las socas o cortes subsiguientes.

La región cañera guatemalteca posee condiciones climáticas definidas por dos estaciones, la seca (noviembre a mayo) y la lluviosa (junio a octubre). Durante la época seca o verano, la precipitación se reduce considerablemente lo que provoca un déficit de agua en el cultivo, principalmente en aquellas plantaciones cuyas siembras y cortes se realizan al inicio de la zafra, lo que provoca que la época seca coincida con las etapas de germinación y macollamiento, etapas en las cuales se hace necesario la aplicación de riego.

El conocimiento de estas demandas hídricas debe responder a tres interrogantes básicas: Cuanta agua aplicar, cuando o con que frecuencia se debe regar y como regar efectivamente y al menor costo posible.

En tal sentido se realizó la presente investigación, evaluando el efecto de tres frecuencias de riego aplicados en la etapa de macollamiento sobre el desarrollo y producción de la caña de azúcar. Así mismo se determinaron las demandas o necesidades hídricas en esta etapa mediante un control de la variación de la humedad para los diferentes tratamientos por medio del uso de la sonda de neutrones.

2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

En nuestro medio, el área de producción de caña de azúcar se concentra en los departamentos de Escuintla y Suchitepequez en el litoral del pacífico en un rango altitudinal desde casi el nivel del mar (10-20 msnm) hasta los 800 msnm, diferenciándose tres estratos o zonas de producción de caña de azúcar (alta, media y baja), las cuales presentan características propias y que difieren entre si en cuanto al manejo del riego debido a las condiciones edáficas y climáticas (CENGICANA 1,995). (14)

Actualmente, la gran mayoría de ingenios azucareros realizan la práctica del riego sin saber con que cantidad de agua o número de riegos se pueden obtener los mayores rendimientos, sumado a esto, el carácter variable de los factores edáficos y climáticos, elementos principales que afectan el requerimiento de riego, los costos de operación, adquisición de equipo y mantenimiento de los mismos, son cada vez más significativos en los costos de producción, por lo que los riegos deben ser lo estrictamente indispensables, según relaciones agua, suelo, planta y clima.

Realizar estudios en cada estrato altitudinal es de suma importancia para poder generar recomendaciones sobre regímenes óptimos de humedad para una producción comercial de caña para la realidad guatemalteca, y basados en estudios de frecuencias de riego en plantía realizados por CENGICANA desde 1,993, se detectó la necesidad de implementar estudios de frecuencias de riego en cada zona o estrato altitudinal de la región cañera del país. (Juárez 1995)

En tal sentido, se realizó la presente investigación para evaluar el efecto de tres frecuencias de riego (20, 30 y 40 días) aplicados durante la etapa de macollamiento de la caña de azúcar en una plantación comercial con cinco socas bajo las condiciones de la Gomera Escuintla, la cual pertenece a la zona baja de la región cañera.

Esta investigación forma parte del convenio científico entre el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANA) y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como con la colaboración de la Dirección General de Energía Nuclear (DGEN).

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. Ventajas del riego en la caña de azúcar:

Chapman y Chardon (4) definen los siguientes beneficios o ventajas del riego en la caña de azúcar:

- Incrementa el rendimiento y asegura la producción comercial del cultivo.
- El rebrote es más rápido, especialmente cuando se presenta un período seco después de la cosecha.
- Incrementa el número de socas en el cultivo.
- Mejora la germinación en condiciones de labranza mínima y suelos difíciles, así como en las plantaciones tratadas con madurante
- Incrementa la flexibilidad para realizar labores culturales.
- Permite el desarrollo de siembras tempranas.

Al mismo tiempo se señalan algunas desventajas:

- El costo de producción es más alto.
- Se incrementa el crecimiento de malezas.

3.1.2. Contenido de humedad del suelo

3.1.2.A. Necesidades de agua por las plantas:

La mayoría de los cultivos no pueden almacenar agua para los períodos secos; las plantas necesitan un suministro continuo de agua. Cualquier reducción seria en el agua disponible, reduce el crecimiento de las plantas en alguna extensión. (6)

Sandoval (18), menciona que existen ciertas etapas muy sensibles del ciclo del cultivo en las cuales un déficit de agua puede provocar una disminución significativa en el rendimiento, por lo que en estos períodos el agua debe ser aplicada por lo menos alguna vez.

La determinación de las necesidades hídricas de los cultivos, juega un papel importante en la obtención de altos rendimientos, ya que conocer que cantidad de agua y en que momento se debe suministrar a la planta, posibilita hacer un uso racional de la misma, además de efectuar el riego en el momento oportuno (3).

Yang y Torres (21), mencionan que al ocurrir un déficit de agua en los tejidos de la planta, los procesos fisiológicos se interfieren, por lo que el crecimiento y la producción se ven afectados.

3.1.2.B. Humedad aprovechable o disponible a las plantas:

La humedad aprovechable a las plantas (HA) o reserva útil, es la diferencia entre el contenido de humedad gravimétrica del suelo a capacidad de campo y el punto de marchites permanente. (18)

Andrino (1) señala que la humedad aprovechable es la humedad que puede ser almacenada en el suelo y que las plantas pueden absorber sin disminuir su rendimiento.

La humedad aprovechable puede ser expresada como un porcentaje de humedad de suelo, pero para fines de riego es conveniente expresar la humedad como una lámina de agua (en cm) de la siguiente manera: (18)

$$LHD = \frac{(CC - PMP) \times Da \times Zr}{100}$$

Donde:

LHD = Lámina de humedad aprovechable (cm)

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchites permanente (%)

Da = Densidad aparente (gr/cc)

Zr = Grosor del estrato de suelo considerado (cm)

3.1.3. Métodos para determinar la humedad del suelo:

El contenido de humedad de un suelo se puede determinar con métodos directos e indirectos. Los métodos directos son basados en muestreo de suelos, teniendo dentro de estos, el método gravimétrico, al tacto y con alcohol. (18)

Los métodos indirectos estiman el contenido de humedad indirectamente en base a la medición de otros parámetros que dependen del contenido de agua del suelo, entre estos tenemos, el tensiómetro, bloques de yeso y aspersor de neutrones. (18)

3.1.3.A. Método gravimétrico:

Es uno de los métodos más directos para medir la humedad del suelo, el cual consiste en tomar muestras de suelo en el campo (por medio de un barreno) de aproximadamente 125 gramos y colocarla inmediatamente en una cajita de aluminio preferentemente con tapadera hermética para evitar pérdidas por humedad. Esta muestra se pesa para obtener el peso de suelo húmedo (P_{sh}), y se coloca en un horno durante 24 horas a una temperatura de 105 a 110 grados centígrados, posteriormente se sacan del horno y se pesan para obtener el peso del suelo seco (P_{ss}), con estos datos se obtiene el porcentaje de humedad en base a peso de suelo seco (P_s). (18)

El contenido de humedad se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{(P_{sh} - P_{ss})}{P_{ss}} \times 100$$

Este método se utilizó para la calibración de la sonda de neutrones, no así para estimar la variación de humedad del suelo.

3.1.3.B. Sonda de neutrones:

La sonda de neutrones es un método que cuantifica de manera indirecta la humedad, fue desarrollado desde 1950 y en la actualidad es ampliamente usado como un medio de efectuar determinaciones de humedad del suelo in-situ, dando resultados inmediatamente. (2)

El principio básico de funcionamiento de este aparato consiste en que se emiten neutrones rápidos y de alta energía desde una fuente radioactiva de Americio-Berilio, los cuales chocan con los átomos de hidrógeno de las moléculas de agua presentes en el suelo; provocando que los neutrones rápidos se desvíen y pierdan energía convirtiéndose en neutrones lentos. (2)

La mayoría de estos neutrones lentos regresan a la sonda donde un detector de neutrones lentos los registra y los cuantifica produciendo impulsos cuyo conteo aparecerá en una pantalla colocado en la parte superior de la sonda. Así a mayor cantidad de neutrones lentos registrados mayor cantidad de agua presente en el suelo. (2)

La cantidad de átomos que regresan y que fueron captados por la fuente son proporcionales a la cantidad de átomos de hidrógeno de las moléculas de agua presentes en el suelo y por consecuencia a la humedad del estrato estudiado. (2)

Por las diferencias existentes entre los suelos, se establece esta relación de proporcionalidad en base a una calibración de la sonda. La calibración de la sonda consta básicamente de la obtención de una recta que correlaciona los valores del RATIO o conteos relativos (C.R.) de la sonda y el porcentaje (%) de humedad volumétrica de las muestras de suelo, calculada por el método gravimétrico. (2)

El modelo de calibración general es de la siguiente forma:

$$Y = a + b \cdot x \text{ (C.R.)}$$

Donde:

C.R. = Conteos relativos

$$\text{C.R.} = \frac{\text{conteos de la sonda (CPM)}}{\text{conteos de referencias (CS)}}$$

Los conteos de referencia o conteos standard son fijos y generalmente es la media de varios conteos de la sonda cuando la fuente del aparato esta en su caja protectora. (2)

3.1.4. Frecuencia de riego y lámina a aplicar:

Se define la frecuencia de riego como el tiempo (días) que existe entre un riego y el siguiente, y la lámina de agua como la cantidad de agua a aplicar por riego expresado en milímetros.

Según Withers y Stanley (20), la mayoría de los cultivos producen máximos rendimientos si son regados cuando aproximadamente el 50% del depósito del suelo esta agotado. De acuerdo a Israelsen-Hansen (14), los factores que influyen sobre el momento más oportuno de regar son: factores edáficos, climáticos, disponibilidad de agua y capacidad de la zona radicular para almacenar la misma.

La variable más importante en cualquier método de riego es la lámina de aplicación de agua considerando que el fin primordial del riego es el suministro de agua a la zona radicular. Cualquiera que sea el método de riego a utilizar, se debe tener la capacidad de aplicar eficientemente la lámina de aplicación de agua requerida en el momento oportuno de riego.

La profundidad y frecuencia de riego deben adaptarse a criterios de reconstitución de la humedad del suelo relativos a cada cultivo, tipo de suelo y clima. (7)

Los cultivos de zona radicular superficial requieren riegos más frecuentes que aquellos de sistema radicular más profundo. Para el caso de la caña de azúcar, la profundidad radicular varía entre 120 - 200 cm., siendo reportados niveles de reducción de humedad hasta del 65% (7). Sin embargo, la zona de raíces más activa se presenta entre 60 - 90 cm. de profundidad.

3.1.5. Estudios sobre requerimientos de riego en caña de azúcar:

Según Flores (10), una de las mayores adversidades que afronta el cultivo de la caña de azúcar es la escasez de agua de lluvia o de riego durante los meses secos del verano desde febrero hasta mayo. En la mayoría de las zonas cañeras las lluvias son estacionales, se inician a mediados de mayo y terminan en noviembre. La temporada seca comprende desde fines de noviembre hasta mayo, aún cuando suelen presentarse algunas lluvias durante el mes de abril, por lo tanto se hace necesario el riego de auxilio.

Humbert (13), señala que la necesidad de riego de auxilio para suplementar la lluvia en el cultivo de la caña de azúcar depende de la lluvia anual, la variación estacional, la temperatura y otros factores del clima y de la naturaleza del suelo.

La caña es tolerante a la sequía, sin embargo llega a un punto en que la caña comienza a secarse, esto se agrava principalmente en suelos de textura arenosa y en aquellos que no retienen humedad (10), situación que trae efectos negativos, ya que se cosecha mucha caña de azúcar que no llega a su total crecimiento y se tiene aún el riesgo de que luego del corte mueran muchas cepas o retoños que no logran emerger, reduciendo así la población en la próxima soca.

Buenaventura (3), apunta que la caña de azúcar presenta demandas de agua que oscilan entre 1,200 - 1,500 mm/año bajo las condiciones del valle del Cauca, siendo necesaria la aplicación de 6 - 10 riegos por período vegetativo, de donde resalta la importancia económica del riego al constituir más del 50% de los costos de producción de caña en pie.

Estudios efectuados en Hawaii y confirmados en México, indican que el consumo diario de la caña de azúcar varía de 3 milímetros por día en los meses fríos y nebulosos, en tanto que en los meses calientes y secos puede llegar hasta 8 milímetros diarios. (3)

Si se considera que hay 5 meses secos, dos con precipitación media y cinco con buena cantidad de lluvia entonces el consumo mínimo puede ser de 1,800 milímetros (10).

Yang y Torres (22), mencionan que el nivel freático juega un papel importante en las prácticas de riego de la caña de azúcar en el valle del Cauca. En áreas con altos niveles freáticos se esperaría ninguna o poca respuesta al riego, mientras que en áreas de bajo nivel freático generalmente se obtiene una respuesta positiva al riego, además indican que el método del Balance Hídrico puede usarse fácilmente para controlar los riegos en plantaciones comerciales de caña de azúcar.

Sigala, citado por Pérez (17), menciona que a los 7.5 meses de edad de la caña de azúcar, se observó un efecto positivo altamente calificativo, en longitud de tallos por metro lineal y peso, a medida que aumentó el agua recibida. En lo que respecta a producción, concluye que un aumento en la cantidad de agua recibida produjo un aumento sustancial en caña de azúcar tanto en plantilla como en soca.

Freitez y Pérez, citados por Pérez (17), recomiendan aplicar riego con una frecuencia de 15 días, ya que esta resulta en ganancias más probables en ensayos realizados en los valles de Aragua (Venezuela). También recomiendan disminuir los volúmenes de agua aplicados sin que esto cause una disminución adicional en los rendimientos.

Yang y Torres (21), citan diferentes estudios sobre estimaciones del uso consuntivo de la caña de azúcar. En Queensland, Australia, el uso consuntivo de cultivos de 12 a 16 meses osciló entre 1,460 mm. a 1,700 mm. con un rendimiento en caña de 136 a 187 ton/ha.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Variedad CP-722086:

Esta variedad tiene un color amarillo verdoso, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es erecto; es una variedad muy florecedora (hasta 99%) (8), de fácil corte y desbarejado regular. Tiene buen retoño y se adapta a todo tipo de suelo aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos pocos profundos y arenosos. (8)

Es de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de noviembre a febrero. La variedad CP-722086, en cuanto a rendimiento brinda un buen tonelaje de caña por hectárea y un alto rendimiento en libras de azúcar por tonelada tanto a nivel experimental como a nivel comercial. A nivel comercial se han obtenido resultados promedio de 116.39 toneladas de caña por hectárea y 94.34 kgs de azúcar por tonelada de caña y 130 toneladas de caña por hectárea. (8).

3.2.2. Ubicación y descripción del área experimental:

El estudio se realizó en la finca Limones de la administración Playa Grande del ingenio Pantaleón ubicado en el municipio de la Gomera del departamento de Escuintla, ubicada a 43 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente se encuentra aproximadamente a 14°05'03" Latitud Norte y 91°02'55" Longitud Oeste.

El clima imperante es cálido húmedo con temperaturas que van desde los 22 a los 35 grados centígrados, con precipitación media anual de 1,687 mm. (5)

Los suelos son del tipo Mollisoles con relieve ligeramente plano con pendientes que no exceden del 3%, profundos a muy profundos, es decir que no presentan limitaciones para el normal desarrollo de las raíces, bien drenados con capacidad para retener humedad de moderada a alta. Son suelos desarrollados a partir de sedimentos aluviales medianos y finos de origen volcánico, perfil moderadamente desarrollado donde se identifica un horizonte A, horizonte B, y un horizonte C, a partir de los 50 cms. (11)

3.2.3. Estratificación de la zona cafetera del país:

La zona de producción de café se concentra en los departamentos de Escuintla y Suchitepequez en el litoral del pacífico en un rango altitudinal desde casi el nivel del mar (10 - 20 msnm) hasta los 800 msnm, en la que se diferencian tres estratos o zonas altitudinales, siendo estos los siguientes: (16)

Estrato I

El estrato I ó zona alta es un área comprendida entre los 300 a 800 msnm con predominancia de suelos del orden Andisol y con precipitaciones mayores a 3,000 mm anuales, con una temperatura promedio anual menor a los 25° C. Este estrato representa la menor superficie cultivada con café de azúcar en el país.

Estrato II

El estrato II ó zona media, es una zona de transición en lo que a suelos respecta, predominando suelos del orden Andisol e Inceptisol ocupando áreas diferentes en ese orden de importancia, presenta precipitaciones anuales en las partes altas de 3,000 mm anuales y 2,000 mm en las partes bajas, con una temperatura promedio anual de 25° C. Este estrato está comprendido de los 100 a los 800 msnm.

Estrato III

El estrato III ó zona baja (en este estrato se ubicó la presente investigación) comprende una altitud menor a los 100 msnm, predominando suelos del tipo Mollisol, encontrándose también del tipo Andisol, Entisol e Inceptisol. Las precipitación promedio anual en áreas arriba de los 50 msnm varía de 1,500 a 2,000 mm, mientras que abajo de los 50 msnm es menor a los 1,500 mm., con una temperatura promedio anual mayor a los 25° C.

4. OBJETIVOS

- 4.1. Determinar el efecto de tres frecuencias de riego aplicados durante la etapa de macollamiento de la caña de azúcar, sobre la población, altura de plantas, longitud y diámetro del entrenudo central, número de entrenudos y la producción de caña y azúcar por unidad de área.**

- 4.2. Determinar el requerimiento de riego en la etapa de macollamiento de la caña de azúcar bajo las condiciones del área bajo estudio.**

- 4.3. Determinar el consumo de agua o uso consuntivo durante la etapa de macollamiento del cultivo.**

- 4.4. Establecer el grado de agotamiento de la humedad aprovechable en las diferentes frecuencias de riego a evaluar.**

5. HIPOTESIS

El desarrollo y producción de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) no es afectado por las diferentes frecuencias de riego evaluadas en la etapa de macollamiento.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1. Análisis y determinaciones previas

6.1.1. Propiedades físicas y químicas del suelo:

Se realizó una calicata de un metro cuadrado de área por un metro de profundidad, para conocer el perfil del suelo, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción del perfil del suelo

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
A	0 - 50	Textura franco arenosa con gravilla fina arenoso franco, estructura con bloques subangulares medios débiles, consistencia friable, color café claro.
B	50 -80	Textura arenoso gravilloso con piedras de canto rodado de 2 - 2.5 cms de diámetro, color café claro.
C	80 - 100	Sin estructura suelta, arenoso gravilloso con piedra de canto rodado, presencia de raíces hasta 70 cms, color café claro.

Posteriormente para el análisis físico del suelo se tomaron muestras en estratos de 0-20, 20-40, y 40-60 cms, las que fueron enviadas al laboratorio de suelos del DIRYA para la determinación de textura por medio del método de Bouyoucos, densidad aparente por medio del método de la probeta, punto de marchites permanente y capacidad de campo por medio de la olla de presión.

Posteriormente a partir de las constantes físicas se determinó por estrato, la lámina de humedad disponible (LHD), lámina rápidamente aprovechable (LARA) considerando un umbral de riego o déficit permitido de manejo de un 60%.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo y láminas de riego

Estrato (cm)	Clase textural	Da (gr/cc)	C.C. %	P.M.P. %	LHD (mm)	LARA (mm)	Lámina de riego
0 - 20	Franco arenoso	0.96	40.07	23.64	31.5	18.9	61.0
20 - 40	Franco arenoso	0.97	37.28	21.65	30.3	18.2	
40 - 60	Franco arenoso	0.99	40.44	20.32	39.8	23.9	

Fuente: Laboratorio de suelo del DIRYA.

En lo que respecta a las características químicas del suelo, se tomaron submuestras del área experimental en estratos de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANA) para sus análisis correspondientes. El cuadro 3 presenta los resultados obtenidos.

Cuadro 3. Propiedades químicas del suelo

Estrato	pH	M.O (%)	CIC meq/100g	K meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	Na meq/100g
0 - 20	6.73	4.76	35.76	0.59	12.44	0.18	6.38
20 - 40	6.60	1.99	28.39	0.56	10.68	0.16	7.10
40 - 60	6.49	3.02	28.59	0.58	11.16	0.17	6.52

Fuente: Laboratorio de suelo de CENGICANA.

Al mismo tiempo, se realizó un análisis del agua utilizada en el riego con el objetivo de conocer sus características físicas y químicas y así determinar su clasificación para uso en riego. El cuadro 4 muestra los resultados que se obtuvieron.

Cuadro 4. Características físicas y químicas del agua de riego

C. eléctrica	pH	Suma de cationes	Ca+	Mg+	Na+	K+	Cloruros	% Na+ soluble	RAS	Clase
470 mhos	5.90	5.63	2.09	2.35	0.98	0.21	1.20	17.41	0.65	C2S1

Fuente: Laboratorio de agua del DIRYA.

6.1.2. Equipo utilizado en el experimento:

- Barreno para el muestreo de la humedad
- Cajas de aluminio
- Sonda de neutrones
- Tubos de acceso de la sonda de hierro galvanizado
- Vertedero tipo rectangular
- Pluviómetro

6.1.3. Diseño experimental:

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, siendo el modelo estadístico el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

U = Efecto de la media general

B_j = Efecto del j-ésimo bloque

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

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

$i = 1, \dots, 4$ $j = 1, \dots, 3$

6.1.4. Tratamientos:

Los tratamientos que se evaluaron se muestran a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en el cultivo de la caña de azúcar durante su desarrollo

Identificación	Tratamientos (frecuencias de riego)	Días de aplicación de riego después del corte
T 1	Sin riego (Testigo)	0
T 2	Frecuencia de 20 días	20, 40, 61, 81, 103
T 3	Frecuencia de 30 días	20, 50, 81
T 4	Frecuencia de 40 días	20, 61

6.2. Manejo del cultivo:

Cada unidad experimental contó con una longitud de 123 metros por 22.5 metros de ancho, se utilizó la variedad CP-722086, por ser la que mayor área ocupa actualmente en la región cañera del país. El cultivo se manejó de acuerdo a la tecnología empleada para el mantenimiento de socas a nivel comercial, ya que el lote donde se ubicó el ensayo se le habían realizado cinco socas. Las actividades de manejo se iniciaron una semana después del corte (27 de diciembre de 1,995), siendo estas las siguientes:

El desbasurado manual, subsuelo y descarnado se realizó 1 semana después del corte (sdc), resiembra en caña soca la 2a. sdc, La primera limpia manual se realizó en la 4a. sdc, la segunda en la 7a sdc y la tercera en la 11a. sdc. La primera fertilización mecánica se realizó entre la 10a. sdc, aplicando 2.5 qq de urea/ha; la segunda fertilización se realizó en la 18a sdc, aplicando la misma dosis que en la primera fertilización.

En lo referente al control de malezas, este se realizó en la 5a y 22a sdc, aplicando 1.5 lts/ha de producto comercial (Paraquat + Diurón + Sal amina). El primer riego general o de uniformización se realizó a los 20 días después del corte, los siguientes fueron aplicados de acuerdo a la frecuencia asignada de la siguiente manera: Para el tratamiento 2, el segundo riego se aplicó 40 ddc, el tercero 61 ddc, el cuarto 81 ddc, y el quinto 103 ddc. Para el tratamiento 3, el segundo riego se aplicó 50 ddc, y el tercero 81 ddc. Por último, para el tratamiento 4, el segundo riego se aplicó 61 ddc.

La cosecha se efectuó el 11 de enero de 1,997, cuando el cultivo tenía 12.5 meses de edad.

6.3. Manejo del experimento

6.3.1. Dimensiones del ensayo:

- Área aproximada del ensayo: 33,321 metros cuadrados. (3.32 hectáreas)
- Área por unidad experimental: 2,767.5 metros cuadrados.
- Área útil por unidad experimental: 1,845 metros cuadrados.
- Número de parcelas: 12
- Número de surcos por unidad experimental: 15
- Número de surcos por parcela neta: 10
- Distancia entre surcos: 1.5 metros.

Se dejaron 5 surcos de caña como bordos. (ver figura 13A y 14A).

6.3.2. Descripción del método y cantidad de agua utilizada:

Se utilizó el método de riego por gravedad por surcos.

6.3.2.A. Cálculo del volumen de agua aplicada en cada parcela:

La lámina de riego aplicada en el primer riego se calculó basado en las constantes físicas de humedad, que determinan la capacidad de almacenamiento del suelo en una profundidad de 60 cm., para lo cual se utilizó la fórmula siguiente.

$$\text{LHD} = \frac{(\text{CC} - \text{PMP}) \times \text{Da} \times \text{Pr}}{100}$$

Donde:

LHD = Lámina de humedad disponible (cms)

CC = Contenido de humedad a capacidad de campo (%)

PMP = Contenido de humedad a punto de marchites permanente (%)

Da = Densidad aparente (gr/cc)

Pr = Profundidad radicular del estrato (0-20, 20-40, 40-60).

La lámina fue constante en cada riego, equivalente a la lámina de humedad rápidamente aprovechable (LARA), considerando un umbral de riego o déficit permitido de manejo (DPM) del 60%.

La lámina de humedad rápidamente aprovechable se calculó de la siguiente manera:

$$LARA = DPM \times LHD$$

Donde:

LARA = Lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)

DPM = Déficit permitido de manejo para la caña de azúcar (%)

LHD = Lámina de humedad disponible

El volumen de agua aplicada en cada parcela:

$$V_p = \frac{LARA \times A_p}{E_{fr}}$$

Donde:

Vp = Volumen de agua a aplicada en cada parcela

Ap = Area por parcela

Efr = Eficiencia de riego

6.3.2.B. Tiempo de riego:

El tiempo de riego se calculó en función de la lámina de riego a aplicar y del caudal de entrada en el surco.

$$Tr = \frac{Vp}{Q}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (en minutos)

Vp = Volumen de agua a aplicar por parcela

Q = Caudal de entrada a la parcela

6.4.. Monitoreo de la humedad del suelo:

Las determinaciones de humedad se realizaron por medio de la sonda de neutrones, ubicando dos tubos de aluminio en cada tratamiento para el acceso de la sonda hasta una profundidad de 1.20 metros. La humedad en cada punto de muestreo se determinó por estratos de 20 cm hasta la profundidad de 1 m.

Antes de utilizar la sonda, se requirió calibrar la misma, correlacionando lecturas de esta y de contenidos de humedad del suelo determinados por el método gravimétrico.

6.4.1. Calibración de la sonda de neutrones:

La calibración de la sonda consistió básicamente en relacionar o encontrar la relación existente entre el contenido de humedad en el suelo determinado por el método gravimétrico y el número de conteos de neutrones detectados (lecturas o conteos de la sonda expresado en cuentas por minuto) al momento de la instalación de los tubos de acceso de la sonda neutrónica. Esta relación nos da los conteos relativos los cuales surgen de la siguiente ecuación.

$$CR = \frac{\text{Conteos de la sonda (CPM)}}{\text{Conteos standard}}$$

Conteos standard

Los conteos standard se determinan al poner a funcionar el aparato en su caja protectora antes y después de la realización muestreos con la sonda, realizando entre 5 y 10 lecturas antes y al final de la toma de lecturas en todos los tubos de acceso, sacando posteriormente un promedio de estas.

En la calibración de la sonda se busca generar un modelo lineal que relaciona los valores de conteos relativos de la sonda y el porcentaje de humedad volumétrica (humedad gravimétrica multiplicada por la densidad aparente) de muestras de suelo. (figura 12A).

El modelo obtenido fue el siguiente:

$$Y = -25 + 33.3 *(C.R.) \quad r^2 = 0.80$$

Donde:

Y = Porcentaje de humedad volumétrica

C.R. = Conteos relativos

6.5. Uso del agua

6.5.1. Consumo óptimo de agua del cultivo según el método del tanque de evaporación de la FAO

El procedimiento para calcular los requerimientos totales de agua y los requerimientos óptimos de riego se basaron en el método del tanque tipo A de la FAO (1977).

Con la utilización de la evaporación del tanque tipo A (se utilizaron los datos de la estación California del ingenio Santa Ana, ubicado en finca California, Guanagazapa, Escuintla, a 15 msnm) se logró establecer el consumo de agua por periodos en función de la edad o etapa de desarrollo del cultivo. El registro de la información corresponde a la evaporación de una superficie libre de agua, la cual integra todos los factores climáticos a los que estuvo sometida la plantación, como son radiación, temperatura, humedad y viento.

Los consumos para la época seca y ciclo total del cultivo (UC) resultaron de la sumatoria de las evapotranspiraciones diarias según el balance hídrico.

6.5.1.A. Uso consuntivo o requerimiento total de agua en el ciclo de cultivo:

La evapotranspiración real del cultivo está en función de la evaporación y el coeficiente K del tanque, el que a su vez tiene implícito la interacción de los componentes suelo (K_s), cultivo (K_c) y clima, de acuerdo a las siguientes relaciones(7):

$$E_{to} = K_i * E_v \quad (1)$$

$$E_{tr} = K_s * K_c * K_i * E_v \quad (2)$$

$$E_{tr} = K * E_v \quad (3)$$

Donde:

$$K = K_s * K_c * K_i \quad (4)$$

E_{to} = Evapotranspiración del cultivo de referencia

E_{tr} = Evapotranspiración real

K_i = Coeficiente intrínseco del tanque dado por la FAO

K_s = Coeficiente de suelo

K_c = Coeficiente del cultivo

K = Coeficiente del tanque (integra los efectos del clima, suelo y cultivo), y transforma la evaporación en

Evapotranspiración real

E_v = Evaporación del tanque

Si las condiciones de humedad y fertilidad del suelo son óptimas para una producción sin déficit hídrico ($K_s=1$), se tendrá la evapotranspiración máxima, es decir,

$$E_{t \max} = K_c * K_i * E_v$$

$$E_{t \max} = K * E_v; \quad \text{Donde } K = K_c * K_i$$

En tal sentido, la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración máxima cuando el agua en el suelo es disponible a bajas tensiones ($K_s = 1$), o sea $E_{tr} = E_{tm}$. Los factores (K_c) y (K_i) utilizados en el cálculo de la evapotranspiración máxima se presentan en el cuadro 6. (7)

Cuadro 6. Coeficientes utilizados en el cálculo de la ETm del cultivo

Edad (meses)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-10	10-11	11-12
Kc	0.50	0.80	0.90	1.00	1.05	0.80	0.50
Ki	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
K=Kc * Ki	0.40	0.64	0.72	0.80	0.85	0.64	0.40

Fuente: FAO (1979)

6.5.1.B. Requerimiento de riego óptimo durante la época seca:

El requerimiento de riego para la etapa de macollamiento y primeros días de la etapa de elongación se determinó en base al balance hídrico de la siguiente manera.

$$\text{Requerimiento de riego (mm)} = \text{Sumatoria de ET} - \text{Sumatoria de precipitación efectiva}$$

La Et correspondió a los valores diarios totales de evapotranspiración de enero a abril. La precipitación efectiva (80% para la época seca) se determinó de acuerdo al balance hídrico aplicando la ecuación:

$$\text{Precipitación efectiva} = \text{Sumatoria de Precipitación} - \text{Sumatoria de Excesos de agua}$$

La precipitación fue la sumatoria de las precipitaciones diarias menos la sumatoria de los excesos de agua calculados según el balance hídrico. (Cuadro 29A)

6.5.1.C. Lámina neta recibidas en cada tratamiento:

La lámina neta recibida fue definida como la suma de la lámina de riego más la precipitación efectiva, es decir:

$$\text{Lámina recibida (mm)} = \text{Lámina de riego aplicada} + \text{Precipitación efectiva}$$

El valor de K real de cada tratamiento para la etapa de macollamiento y primeros días de la etapa de elongación, así como para el ciclo total, resultó de la relación de la lámina total recibida y la evaporación del tanque tipo A (cuadro 7).

La precipitación efectiva en cada tratamiento se determinó mediante balance hídrico para un cultivo de 12.5 meses de edad con factores K del tanque de programación de riegos de 0.4, 0.3 y 0.2, los cuales fueron equivalentes a las frecuencias de riego de 20, 30 y 40 días, respectivamente.

6.5.2. Consumos de agua medidos:

Estos consistieron en determinar los consumo de agua en cada una de las frecuencias durante el período entre lecturas realizada con la sonda de neutrones, para lo cual se utilizó el método del balance hídrico. Este método considera que la lámina consumida en un período determinado es igual a la sumatoria de las láminas de riego aplicadas más la precipitación efectiva y la diferencia de humedad existente en el suelo, como resultado de la diferencia entre la lámina antes del período y la lámina al final del mismo.

Todo lo anterior se resume de la siguiente manera:

$$E_{ti} = PP + R + (S_i - S_f)$$

Donde:

PP = Precipitación efectiva (0.8 de la precipitación teórica)

R = Lámina de riego aplicada

$S_i - S_f$ = Diferencia de humedad entre dos períodos (medidos con la sonda)

En la determinación de los consumos se realizaron balances para los cuatro tratamientos en el intervalo de tiempo comprendido entre los 20 (ddc) hasta los 117 (ddc).

6.5.3. Agotamiento de la humedad del suelo entre dos riegos:

La determinación del contenido de humedad en el período comprendido entre riegos tuvo como objeto medir el nivel de agotamiento de la humedad aprovechable en cada tratamiento, de acuerdo a la ecuación.

$$\% \text{ Ag H. Ap.} = \frac{(CC - \% \text{ Ht})}{CC - \text{PMP}} \times 100$$

Donde:

$\% \text{ Ht}$ = Porcentaje de humedad en un tiempo (antes de cada riego).

6.6. Variables respuestas a analizar:

6.6.1. Altura de plantas:

Se realizaron un total de seis muestreos, efectuándose el primero a los 62 días después del corte; y los siguientes a los 85, 117, 141, 166 y 191 días respectivamente.

Para la toma de datos fue necesario marcar 20 plantas por unidad experimental, a las cuales se les llevó la secuencia de crecimiento. La altura de las plantas se realizó midiendo desde la base del tallo hasta la última lígula visible, auxiliándose de una regla graduada. Las lecturas fueron expresadas en metros.

6.6.2. Población:

Para el conteo de la población, se realizaron un total de cuatro lecturas, la primera se realizó a los 117 días después del corte; las siguientes se realizaron los 141, 166 y 191 días respectivamente.

Para la toma de datos se seleccionó el surco central de cada unidad experimental, midiéndose 10 metros desde el inicio del surco hacia adentro, contando la población en esa distancia y posteriormente se transformó a plantas por hectárea.

6.6.3. Longitud y diámetro del entrenudo central:

Previo a la cosecha (314 días después del corte), se cortaron al azar 10 plantas por cada parcela, a las cuales se les midió la longitud del entrenudo central por medio de una regla graduada, y el diámetro mediante el uso de un Bernier. Al mismo tiempo se contó el total de número de entrenudos por caña.

6.6.4. Rendimiento en libras de azúcar por tonelada métrica:

Se determinó mediante un pre-muestreo previo a la cosecha (314 días después del corte), seleccionando al azar 10 tallos en cada parcela, cortándolos desde la base del suelo hasta su punto natural de quiebre para medir su longitud. Posteriormente fueron enviados al laboratorio de jugos de CENGICANA, para que mediante el método de análisis directo se determinó la calidad de jugo (pol en porcentaje, porcentaje depureza, porcentaje de brix, porcentaje de sacarosa y porcentaje de fibra).

6.6.5. Producción en toneladas de caña por hectárea:

Para determinar la producción de caña se pesaron los 10 surcos correspondientes a la parcela neta de cada unidad experimental.

6.6.6. Análisis de información:

Para cada una de las variables respuesta, se realizó un análisis de varianza al 5% de significancia y, prueba de Duncan para datos con diferencias significativas para establecer cual de los tratamientos a evaluar fue el mejor, además se realizaron análisis gráficos para una mejor interpretación de la información.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1. Comportamiento de la evaporación y precipitación:

La figura 1 muestra como se comportó la evaporación y la precipitación a lo largo de su desarrollo vegetativo. Se aprecia que la época seca se presentó de enero a abril (período en cual se llevo a cabo el presente estudio), en donde la evaporación excedió considerablemente la precipitación. La época lluviosa se presentó de mayo a octubre, tiempo en el cual tuvo lugar la mayor parte de la etapa de rápido crecimiento y formación de cosecha; en este período el cultivo no careció de agua, siendo la evaporación superada por la precipitación. La precipitación y evaporación en el ciclo de cultivo fueron de 1836 mm y 1820.86 mm, respectivamente.

En noviembre y diciembre la evaporación se incrementó nuevamente, lo cual contribuyó a la maduración de la caña.

Las variaciones de la evaporación y la precipitación explican el comportamiento de los consumos de agua esencialmente en los tratamientos 1 y 4, los cuales fueron sometidos a una mayor tensión principalmente en marzo. (cuadro 27A)

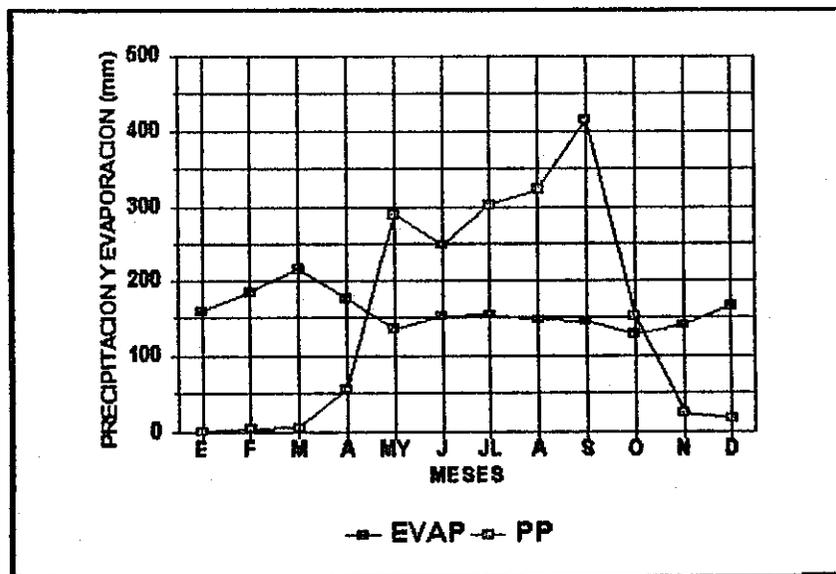


Figura 1. Evaporación y precipitación durante el ciclo de cultivo

7.2. Consumo óptimo de agua del cultivo según el método del tanque de evaporación de la FAO:

El consumo óptimo de agua según el método del tanque de la FAO para el ciclo total de cultivo (12.5 meses) fue de 1309.54 mm, en tanto que para la etapa inicial fue de 442.76 mm. (34%). Se determinó sumando las evapotranspiraciones diarias desde el día siguiente al corte previo hasta la cosecha siguiente.

7.3. Requerimiento de riego óptimo durante la época seca:

El requerimiento de riego en condiciones óptimas para la época seca según el balance hídrico fue de 387.72 mm.

7.4. Láminas recibidas en cada tratamiento:

De acuerdo al cuadro 7, las láminas recibidas para la etapa de macollamiento y parte de elongación (enero-abril) varió desde 53.6 mm ($K = 0.08$) para el tratamiento sin riego a 300.0 mm ($K = 0.46$) para el tratamiento cada 20 días. La lámina total recibida para un cultivo de 12.5 meses de edad osciló de 910.21 mm ($K = 0.50$) para el tratamiento sin riego a 1,105.86 mm ($K = 0.61$) para el tratamiento cada de 20 días.

En el cuadro 7 se presenta el resumen de las láminas recibidas en cada tratamiento durante la etapa inicial (etapa de macollamiento y parte de la elongación), y ciclo total del cultivo.

**Cuadro 7. Lámina recibida estimada según el balance hídrico para la etapa inicial
y ciclo total del cultivo**

Etapa Inicial						Ciclo Total				
Trat	Lámina de riego (mm)	PP efectiva	Lámina recibida (mm)	Ev (mm)	K	Lámina de riego (mm)	PP efect.	Lámina recibida (mm)	EV (mm)	K
1	0	53.6	53.6	649.50	0.08	0	910.21	910.21	1823.86	0.50
2	250	49.8	299.80	649.50	0.46	250	857.16	1105.16	1823.86	0.61
3	150	56.0	206.00	649.50	0.32	150	894.84	1044.80	1823.86	0.57
4	100	52.40	152.40	649.50	0.23	100	873.48	973.48	1823.86	0.53

Los resultados anteriores indican que el testigo recibió únicamente el 12% del consumo óptimo según el tanque A durante la época seca (442.76 mm), mientras que el tratamiento cada 20 días recibió el 67% de la demanda óptima de agua. Para el ciclo total los aportes por concepto de lámina recibidas representaron entre 69.51% y 84.39 % de la evapotranspiración óptima según la FAO (1309.54 mm) para los tratamientos 1 y 2, respectivamente.

7.5. Consumos de agua medidos:

En el cuadro 8 se presenta el total de agua consumida en cada uno de los tratamientos evaluados para el área bajo estudio.

Cuadro 8. Láminas de agua consumidas por el cultivo en la etapa de macollamiento

Tratamiento	Número de riegos	Lámina total consumida (mm)	Kc	Et (%) *
1 (testigo, sin riego)	0	152.02	0.28	41.00
2 (riego cada 20 días)	5	315.67	0.50	85.00
3 (riego cada 30 días)	3	239.60	0.38	65.00
4 (riego cada 40 días)	2	223.28	0.36	60.00

* = Relación entre el consumo medido con la sonda y el consumo óptimo según el método del tanque de evaporación de la FAO, para el período comprendido entre los 20 - 117 ddc.

De conformidad con el cuadro 8, el tratamiento con mayor consumo de agua fue el tratamiento 2 (riego cada 20 días) con 315.67 mm. Los demás tratamientos presentaron un comportamiento descendente de acuerdo al número de riegos aplicados, presentando el menor consumo el tratamiento 1 (sin riego), el cual consumió 152.02 mm. de agua, que seguramente en su mayoría provino del agua almacenada en el suelo. El consumo óptimo total según el método del tanque para el período comprendido entre los 20-117 ddc, fue de 371.60 mm. Al compararlo con los consumos medidos con la sonda de neutrones, se observa que el tratamiento con riego cada 20 días es el que más se acerca al consumo óptimo total (85.00% para el período evaluado), lo que significó que el cultivo presentara en este tratamiento la mayor producción (estadísticamente el tratamiento con riego cada 20 días fue igual al tratamiento con riego cada 30 días).

En relación a los coeficientes K_c (consumo medido/evaporación total entre los 20-117 ddc), se aprecia que el tratamiento sin riego, consumió el 28% de la evaporación total del tanque, en tanto que el tratamiento con riego cada 20 días, consumió el 50% de la evaporación del tanque.

Este comportamiento se aprecia de mejor manera en la figura 2, donde se observa claramente la disminución de las láminas consumidas conforme aumenta la frecuencia de riego.

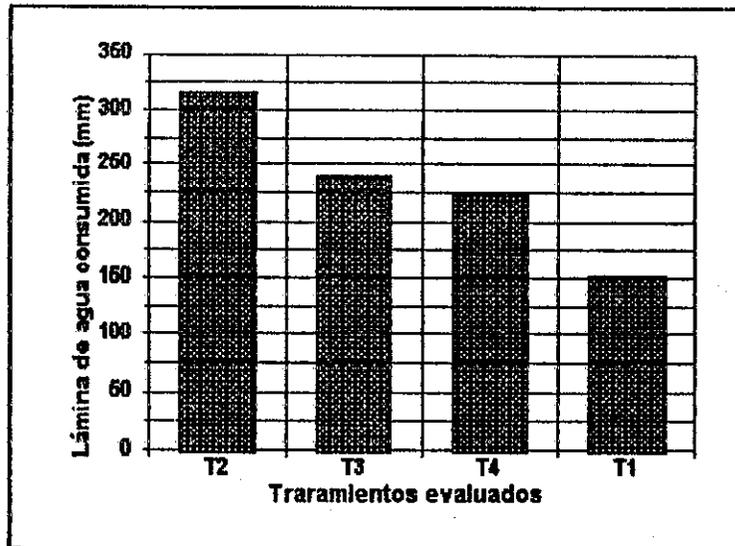


Figura 2. Láminas de agua consumidas en la etapa de macollamiento

Para conocer el comportamiento de la humedad en el suelo tanto en el testigo como en las demás frecuencias, las lecturas con la sonda de neutrones se realizaron para los cuatro tratamientos en el intervalo de tiempo de los 20 (ddc) hasta los 117 (ddc).

En el cuadro 9 se presentan los consumos por día para los tratamientos evaluados en los diferentes intervalos de tiempo según el balance hídrico.

Cuadro 9. Consumos en milímetros por día según el balance hídrico para los tratamientos evaluados

Tratamiento	Intervalo de tiempo (ddc)	Consumo (mm/día)	Kc
1 (sin riego)	20-40	2.07	0.35
	40-42	1.94	0.23
	42-50	2.03	0.29
	50-54	2.13	0.32
	54-61	2.26	0.34
	61-63	2.29	0.33
	63-85	1.22	0.18
	85-117	1.29	0.20
2 (frecuencia de 20 días)	20-40	3.34	0.60
	40-61	3.67	0.52
	61-81	2.73	0.40
	81-103	2.77	0.38
	103-116	4.54	0.60
3 (frecuencia de 30 días)	20-50	1.59	0.29
	50-81	2.71	0.32
	81-116	3.17	0.54
4 (frecuencia de 40 días)	20-50	2.73	0.35
	50-81	2.38	0.43
	81-116	2.05	0.32

Del cuadro 9, se puede observar que existe una relación entre la humedad disponible y la lámina de agua consumida. La humedad disponible en la frecuencia de 20 días es mayor en comparación al testigo en donde la humedad disponible disminuye.

En la figura 3 se aprecia en el tratamiento sin riego (testigo), como entre los 63 a 85 días después del corte, el cultivo entra en una fase de estrés hídrico manifestándose en la disminución del consumo diario.

En lo referente a la frecuencia de 20 días, el requerimiento diario tendió a aumentar, lo cual es lógico ya que las plantas al disponer de una mayor cantidad de agua tendieron a consumir una mayor cantidad de la misma. Cabe hacer mención que en esta frecuencia se observaron los mayores consumos de agua, mostrando la tendencia a ir hacia un mayor consumo al acercarse el final de la época seca que coincidió con la finalización de la etapa de macollamiento.

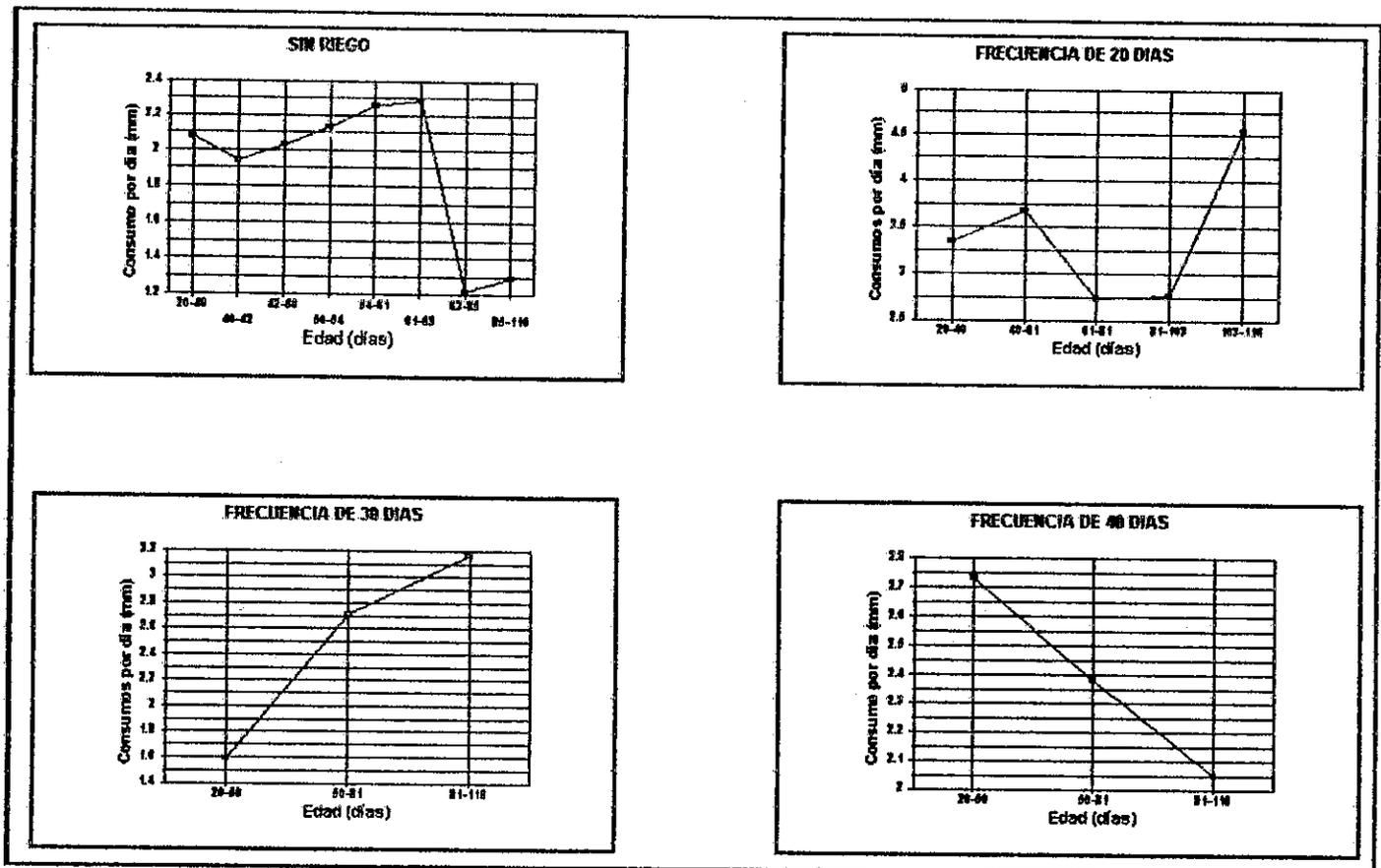


Figura 3. Consumos por día (mm) para los diferentes tratamientos evaluados

En las frecuencias de 30 y 40 días, es evidente que al aumentar la frecuencia de riego los consumos diarios disminuyeron en relación a la frecuencia de 20 días. La figura 3 muestra la tendencia a consumir más agua principalmente el tratamiento con riego cada 30 días, en donde a partir de los 50 ddc se hace más evidente este incremento.

Para la frecuencia de 40 días se nota como a partir de los 50 ddc el consumo disminuye debido básicamente a lo prolongado de la frecuencia, como se ve en la figura 3.

7.6. Variables de respuesta.

7.6.1. Altura de Plantas:

La variación longitudinal del cultivo durante la fase de desarrollo del experimento, se puede ver de mejor manera en el cuadro 10 el cual presenta un resumen de alturas por lectura por tratamiento.

Cuadro 10. Alturas de plantas y resumen de análisis de varianza para el área bajo estudio

Edad (días)	Sin riego (m)	Frecuencia 20 días (m)	Frecuencia 30 días (m)	Frecuencia 40 días (m)	Media	Probabilidad significancia	C.V. %
62	0.2850	0.291	0.2923	0.3296	0.30	0.4298 NS	10.96
85	0.3423	0.368	0.4083	0.3923	0.38	0.3872 NS	18.66
117	0.4770	0.5336	0.6343	0.5880	0.56	0.3695 NS	18.24
141	0.6013	1.252	1.1518	1.1070	1.03	0.0131 *	18.10
166	1.1890	1.8993	1.7180	1.6510	1.61	0.0014 **	7.13
191	1.6773	2.0754	1.9848	1.8223	1.89	0.0053 **	4.58

NS= No significativo *= Significativo **= Altamente significativo

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para los 62, 85, y 117 días después del corte (cuadro 17A), lo que significa que la altura alcanzada en las primeras tres lecturas son estadísticamente iguales entre los tratamientos evaluados.

Para la cuarta, quinta y sexta lecturas 141, 166 y 191 días después del corte, respectivamente (cuadro 13A), el análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

De acuerdo al análisis de Duncan realizado en la cuarta lectura (cuadro 19A), el mejor tratamiento fue el tratamiento 3 (frecuencia de 30 días), seguido del tratamiento 2 (frecuencia de 20 días), mientras que para la quinta y sexta lecturas (cuadros 20A y 21A), el mejor tratamiento fue la frecuencia de 20 días seguido de la frecuencia de 30 días. Para comprender de mejor manera este comportamiento, la figura 4 muestra la variación longitudinal en metros para cada uno de los tratamientos evaluados.

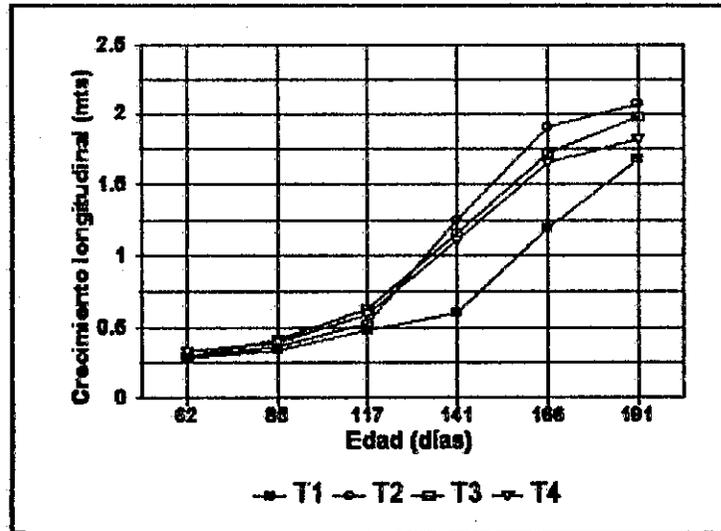


Figura 4. Crecimiento longitudinal (mts) durante el desarrollo del cultivo

Lo anterior muestra que para las primeras tres lecturas la altura de la caña no es influenciada por los tratamientos debido a que en ese tiempo la caña de azúcar se limita a la formación de renuevos o hijos, razón por lo cual la planta permanece de porte reducido. Para la cuarta lectura 141 días se observa un efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta, de igual manera para las dos últimas lecturas en donde existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. La figura 5 muestra la tasa de crecimiento (cms/día), en la misma se aprecia que en el intervalo de los 85 a los 117 días después del corte el crecimiento diario fue de 0.52 cms/día para el tratamiento 2 y de 0.42 cms/día para el testigo. A partir de los 141 días en donde se presentan diferencias significativas, se observa que los tratamientos con riego duplicaron la altura del testigo. El tratamiento 2 creció 3 cms/día, mientras que el testigo 0.52 cms/día. A partir de los 166 días se aprecia que el tratamiento 1 (testigo) fue superior a los demás tratamientos creciendo 1.95 cms/día y los tratamientos con riego entre 0.68 y 0.7 cms/día,

por lo que la diferencia máxima en crecimiento se acortó a los 191 días. Este comportamiento se debió a que la caña en el testigo fue sometida a un fuerte estrés hídrico en la etapa de macollamiento y al presentarse las lluvias (141 - 166 ddc) la respuesta del crecimiento es evidente, no importando el nivel de estrés en los días previos.

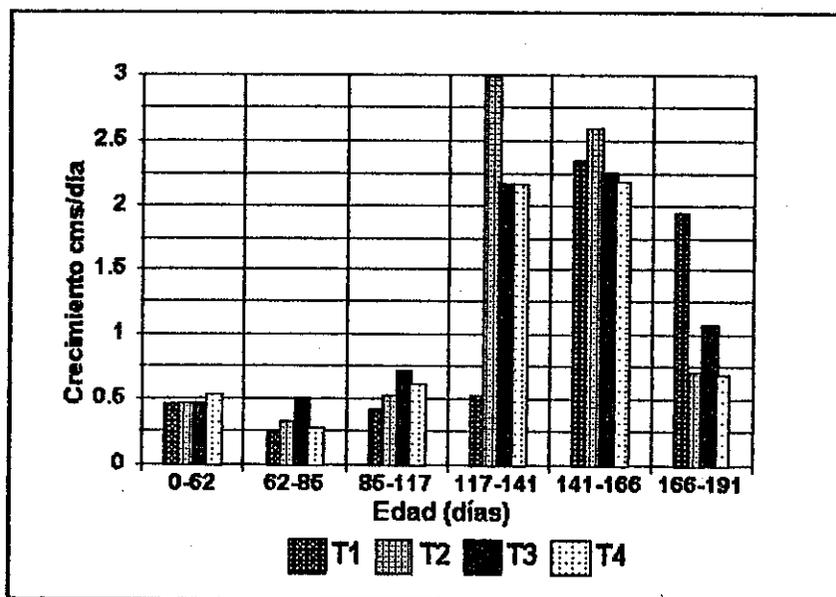


Figura 5. Tasa de crecimiento longitudinal (cms/día) durante el ciclo de cultivo

7.6.2. Población:

El cuadro 11 presenta en forma resumida los resultados obtenidos del efecto del riego sobre la población de plantas.

Cuadro 11. Resumen de análisis de varianza para la variable población en el área bajo estudio

Edad (días)	Sin riego (miles)	Frecuencia 20 días (miles)	Frecuencia 30 días (miles)	Frecuencia 40 días (miles)	Media	Probabilidad significancia	C.V. %
117	156.00	146.889	139.037	175.778	154.426	0.2212 NS	12.68
141	92.296	113.333	108.667	111.630	106.481	0.1447 NS	10.71
166	106.889	106.889	111.778	112.000	109.389	0.8686 NS	9.42
191	106.667	101.778	108.667	108.889	106.500	0.9566 NS	18.71

NS= No significativo

El análisis estadístico (cuadro 18A), muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se puede inferir que los distintos tratamientos no influyen en el número de plantas por unidad de área. Sin embargo, se puede observar una variación en el incremento de plantas por unidad de área entre la primera lectura y las tres siguientes, esto debido a que en la primera lectura (117 días) el cultivo terminaba su etapa de macollamiento, en tanto que en las restantes lecturas el número de plantas se reduce debido a que el cultivo ya se ha establecido, dando paso a la etapa de formación de producción o etapa de rápido crecimiento. En la figura 6 se puede ver de mejor manera el comportamiento de la población en el área bajo estudio.

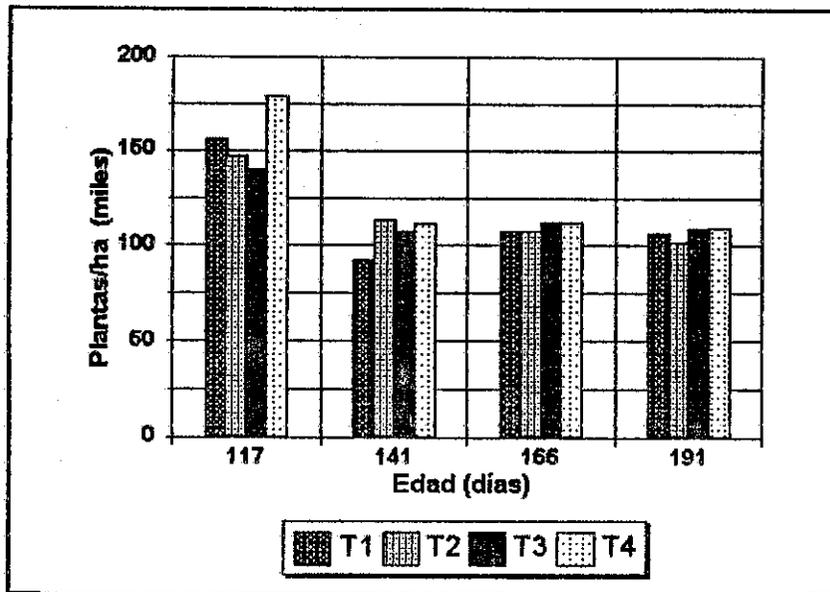


Figura 6. Comportamiento de la población durante el ciclo de cultivo

7.6.3. Longitud y diámetro del entrenudo central y número de entrenudos:

El cuadro 12 muestra en resumen los resultados y análisis de varianza para las variables longitud y diámetro del entrenudo central y número de entrenudos previo a la cosecha.

Cuadro 12. Resumen de análisis de varianza para las variables longitud y diámetro del entrenado central y número de entrenados en el área bajo estudio

Variable	Sin riego	Frecuencia 20 días	Frecuencia 30 días	Frecuencia 40 días	Probabilidad significancia	C.V. %
Longitud entrenado (cms)	16.5	15.3	15.2	16.0	0.7604 NS	16.483
Diámetro entrenado (cms)	1.40	1.17	1.18	1.23	0.0758 NS	7.567
Número de entrenados	14.3	17.6	16.0	17.3	0.44 NS	15.775

NS = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 23A), puede observarse que no existen diferencias significativas para la variable longitud del entrenado central. El mismo comportamiento presentan las variables diámetro del entrenado central y número de entrenados, lo que indica que no existió efecto de los tratamientos sobre las variables mencionadas.

7.6.4. Producción:

De acuerdo con el análisis de varianza realizado (cuadro 25A), se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable producción (Tm/ha), por lo que se realizó una prueba múltiple de medias Duncan (cuadro 26A).

Según la prueba de Duncan, el mejor tratamiento en relación a producción fue el tratamiento 3 con 118.19 Tm/ha, seguido del tratamiento 2 con 113.19 Tm/ha, ambos estadísticamente iguales, mientras que los tratamientos con menores producciones son el tratamiento 4 y 1 con 111.09 y 102.04 Tm/ha, respectivamente.

En el cuadro 13 se presentan los resultados de rendimiento obtenidos para los tratamientos evaluados y sus respectivas repeticiones.

Cuadro 13. Resumen de análisis de varianza para la variable producción en los tratamientos evaluados

Parámetros	Sin riego	Frecuencia 20 días	Frecuencia 30 días	Frecuencia 40 días	Media	Probabilidad significancia	C.V. %
Riegos aplicados	0	5	3	2	-----	-----	-----
Prod. caña (Tm/ha)	102.04	113.19	118.19	111.09	111.13	0.02 *	4.127
Rendimiento (Lb Az/Tm)	168.35	175.93	167.00	180.70	172.99	0.75 NS	10.195
Rendimiento (Tm Az/ha)	7.8	9.01	8.83	9.11	8.68	0.32 NS	13.036

* = Significativo NS = No significativo

En la figura 7, se presenta la relación producción de caña (Ton M/ha) y lámina consumida por tratamiento.

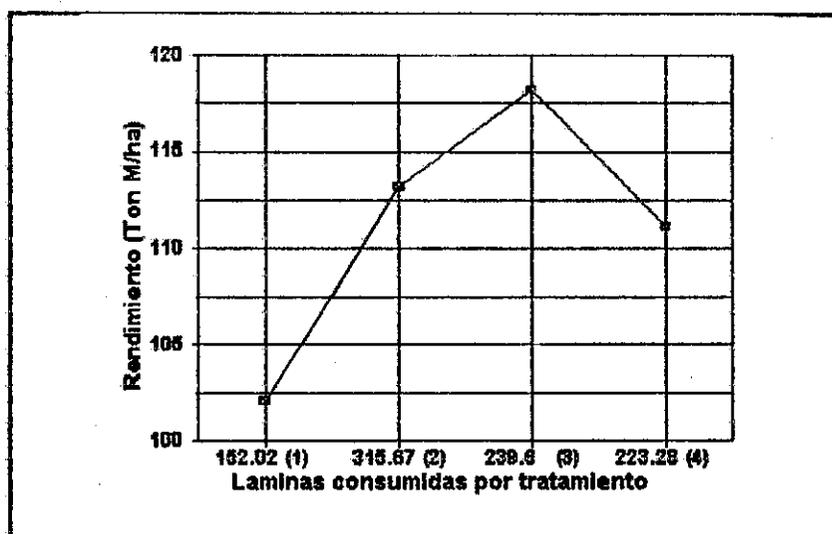


Figura 7. Relación rendimientos obtenidos con laminas consumidas por tratamiento

Por lo anteriormente, se deduce que se obtuvo respuesta a la aplicación de riego, principalmente en el tratamiento 3 y el tratamiento 2, por lo cual se podría decir que aplicar riego cada 20 ó 30 días sería indiferente

para el productor, pero si vemos el número de riegos aplicados en ambos tratamientos, estos difieren de 5 para el tratamiento 2 y de 3 para el tratamiento 3. En términos económicos resulta mejor la aplicación de tres riegos.

De acuerdo con el cuadro 13, se aprecia que los cuatro tratamientos produjeron estadísticamente la misma cantidad de azúcar, con la diferencia que para el tratamiento 1 no se aplicó riego, mientras que las frecuencias de 20, 30 y 40 días, recibieron 5, 3, y 2 riegos respectivamente.

Se ha observado que existe una correlación inversa entre el rendimiento en libras de azúcar por tonelada métrica y la velocidad de alargamiento del tallo. Un cultivo que crece rápidamente presenta un contenido más bajo de sacarosa en el tallo, en comparación con otro que crece más lentamente, lo que implican consecuencias de carácter económico.

La caña de azúcar absorbe, por los pelos radiculares grandes cantidades de agua, principalmente durante su crecimiento activo, y tiene gran capacidad de absorber mayor cantidad de agua por las hojas, cuando existe elevada humedad relativa; En virtud de esto, no presenta síntomas de marchites permanente cuando el suelo alcanza el punto de marchites permanente, como fue el caso del tratamiento 1 (sin riego), el que incluso descendió abajo de este punto. La fotosíntesis y la acumulación de sacarosa en el tallo continúan a un ritmo determinado tal, que al final como se observa en el cuadro 13, la producción final no fue seriamente afectada.

En términos generales, el rendimiento de libras de azúcar por tonelada métrica decrece cuando aumentan las toneladas de caña por hectárea, pero la disminución del rendimiento de fábrica no es proporcional al aumento del tonelaje de campo, es claro entonces que el riego no tiene influencia en el contenido de azúcar, no así en la producción final.

7.7. Agotamiento de la humedad aprovechable.

En las figuras 8A, 9A, 10A y 11A, se aprecian las fluctuaciones del contenido de humedad aprovechable durante la etapa de macollamiento para los estratos de 00-20, 20-40 y 40-60 cms.

La figura 8A, presenta el agotamiento de la humedad disponible en el tratamiento 1 (testigo). En la misma se puede notar que el comportamiento es en forma descendente en el tiempo, llegando a valores de punto de marchites permanente a partir de los 90 (ddc) con valores de 104.74% para el estrato de 20-40 cms, y 110.67 % también para el estrato de 20-40 cms a los 103 (ddc), esto debido principalmente al grado de estrés a que fue sometida la caña en este período.

En la figura 9A, muestra para el tratamiento 2 los valores de agotamiento de la humedad aprovechable siendo el estrato de 20-40 cms, el que presentó los máximos agotamientos con valores de 73.37%, en tanto que el estrato de 00-20 cms. presentó los menores agotamientos con valores de 35.78%.

La frecuencia de 30 días (figura 10A), presenta un comportamiento uniforme de los agotamientos para los estratos de 00-20 y 40-60 cms., aumentando de manera ascendente en el tiempo, siendo 66.35% el valor máximo de agotamiento. El menor agotamiento se presentó en el estrato de 40-60 cms con un 35.16%.

En la figura 11A, se aprecia que el valor máximo de agotamiento de la humedad aprovechable para el tratamiento 4 (frecuencia de 40 días), al igual que en los otros tratamientos se presentó en el estrato de 20-40 cms, con un 91.29%, mientras que el menor agotamiento lo presentó el estrato de 00-20 cms con 42.41%, no llegando en ningún estrato a punto de marchites permanente.

A pesar de este alto porcentaje, en las observaciones de campo no se presentó una marcada diferencia en el tamaño y vigor de las plantas en las frecuencias de 20 y 30 días

7.8. Análisis económico.

Lo discutido anteriormente se fundamenta en el comportamiento de cada uno de los tratamientos en cuanto a mayor o menor producción, sin embargo, es importante establecer un análisis de costo para tomar las decisiones adecuadas en la práctica de riego.

Para determinar la mejor programación de riego se realizó un análisis de presupuesto parcial (lo cual implica que todos los demás costos se tomaron como constantes), a efecto de obtener los costos y beneficios de

los tratamientos evaluados. Los resultados se presentan en el cuadro 28A. Se puede observar que el tratamiento 3 (3 riegos) ofrece el mayor ingreso bruto por hectárea, seguido del tratamiento 4 (2 riegos) y por último el tratamiento 2 (5 riegos), por lo que se procedió a realizar un análisis de dominancia. Los tratamientos se ordenaron en una escala ascendente de los totales de los costos que varían. Se nota que los beneficios netos también aumentan, a excepción del tratamiento 2 cuyos beneficios netos son menores que los del tratamiento 3, por lo que el tratamiento 2 es dominado y por consiguiente se excluye del análisis de la tasa de retorno marginal. En el cálculo de la tasa de retorno marginal se busca revelar exactamente cómo los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida. El cuadro 14 presenta el resumen del análisis marginal de los beneficios netos (tratamientos no dominados).

Cuadro 14. Análisis marginal de los beneficios netos

Tratamiento	Número de riegos	Costo/ha/trat. (Q)	Ingreso neto/ha (Q)	Tasa de retorno marginal (%)
1	0	0.00	6,757.09	0.00
4	2	166.32	7,190.06	260.32
3	3	249.48	7,577.06	465.37

En este sentido, se tiene que para el tratamiento 4 la tasa de retorno marginal es de 260.32%, lo cual representa una proporción de 2.6/1. Significa que por cada quetzal invertido, el productor recupera Q 1.0 invertido y obtiene Q 2.6 adicionales. Para el tratamiento 3, el beneficio marginal o tasa de retorno marginal neto es de 465.48% (proporción 4.65/1). Al aplicar 3 riegos, por cada Q 1.0 invertido recuperará su Q1.0 más Q4.65 adicionales.

De lo anterior se deduce que el productor obtiene el mejor ingreso adicional con el tratamiento 3.

8. CONCLUSIONES

- 8.1. No existió respuesta a la aplicación de riego durante la etapa de macollamiento en las variables población, longitud y diámetro del entrenudo central, número de entrenudos, y rendimiento expresado en libras de azúcar por tonelada métrica y toneladas métricas de azúcar por hectárea.
- 8.2. La variable producción en toneladas métricas de caña por hectárea mostró diferencias significativas entre tratamientos, presentando las mayores producciones las frecuencias de 30 y 20 días, con producciones de 118.19 Tm/ha y 113.19 Tm/ha, respectivamente, siendo ambas estadísticamente iguales. El tratamiento sin riego reportó la menor producción con 102.04 Tm/ha.
- 8.3. La variable altura de plantas fue estadísticamente diferente hasta la cuarta lectura (141 días después del corte) mostrando diferencias significativas entre tratamientos, siendo estadísticamente iguales las frecuencias de riego cada 20 y 30 días. A los 166 y 191 días después del corte hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, reportando los valores más altos las frecuencias de 30 y 20 días, respectivamente, siendo estadísticamente iguales.
- 8.4. El testigo retrasó el inicio de la etapa de rápido crecimiento aproximadamente hasta los 141 días después del corte debido principalmente a que el suelo alcanzó el punto de marchites permanente. Al establecerse las lluvias (mayo), el cultivo inició su recuperación en crecimiento a una tasa superior a la del resto de tratamientos. Los tratamientos de riego cada 20, 30 y 40 días iniciaron el período de elongación aproximadamente a los 117 días después del corte.

- 8.5. Las diferentes frecuencias de riego utilizadas influyeron en las tasas de evapotranspiración del cultivo. La lámina de agua consumida por el cultivo en el período evaluado aumentó conforme el intervalo de tiempo fue más estrecho, siendo los consumos totales durante el período evaluado de 315.67 mm para la frecuencia de 20 días, 239.28 mm y 223.28 mm para las frecuencias de 30 y 40 días, respectivamente y, 152.02 mm para el testigo (sin riego).
- 8.6. Los requerimientos de riego que conllevaron a las mejores producciones fueron a partir de la aplicación de 3 riegos (150 mm).
- 8.7. El agotamiento de la humedad aprovechable alcanzó valores de punto de marchites permanente para el tratamiento 1 (sin riego), principalmente en el estrato de 20-40 cm, con valores de 110.67% de agotamiento. El menor agotamiento se presentó en la frecuencia de 30 días (3 riegos) en el estrato de 0-20 cms. con 35.16%.
- 8.8. Las láminas recibidas para la etapa de macollamiento y parte de elongación (enero-abril) varió desde 53.6 mm ($K=0.08$) para el tratamiento sin riego a 300.0 mm ($K=0.46$) para el tratamiento cada 20 días, y para el ciclo completo fue de 910.21 mm ($K=0.50$) para el tratamiento sin riego a 1,105.86 mm ($K=0.61$) para el tratamiento cada 20 días.
- 8.9. El consumo óptimo total según el método del tanque para el período comprendido entre los 20-117 días después del corte, fue de 371.60 mm, al compararlo con los consumos medidos con la sonda de neutrones, el tratamiento sin riego consumió el 41% del consumo óptimo total, mientras que el tratamiento con riego cada 20 días consumió el 85% del consumo óptimo total estimado.
- 8.10. El tratamiento 3 (frecuencia de 30 días) es el que presenta la mayor tasa de retorno marginal con un 465.37% en relación a la no aplicación de riego.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1. Continuar con este tipo de experimentos en la misma región, época, tipo de suelo y variedad, con el fin de validar los resultados obtenidos, ya que las condiciones del área bajo estudio son específicas lo que no permite generalizar, al mismo tiempo se recomienda realizar estudios con láminas de riego para poder comparar consistentemente el número de riegos evaluados.**

- 9.2. Diseñar e instalar una red de tanques de evaporación, con el fin de predecir las necesidades de agua del cultivo en períodos de tiempo determinados, y en función de esto poder programar los riegos.**

10. BIBLIOGRAFIA

- (1) ANDRINO ALVAREZ, L. 1984. Determinación experimental de la evapotranspiración en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y evaluación del efecto de cinco frecuencias de riego y verificación de la adaptabilidad de fórmulas empíricas para estimación de evapotranspiración en El Oasis La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 99 p.
- (2) AYALA MARROQUIN. 1992. Efecto de cuatro frecuencias de riego en el rendimiento y la evapotranspiración del maíz (*Zea mays* L.), en la unidad riego San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 101 p.
- (3) BUENAVENTURA OSORIO, C. 1982. El cultivo de la caña de azúcar. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 93 p.
- (4) CHAPMAN, L.S.; CHARDON, C.W.C. 1979. An evaluation of irrigation at Mackay. En Annual Conference (16, 1979, Australia). Proceedings. Australia, Australian Society Sugarcane Technologist. p 117 - 123.
- (5) CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- (6) DONAHUE, R.L.; MILLER, A.H.; SHICKLUNA, J.C. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Mexico, Prentice-Hall Hispanoamericana. 624 p.
- (7) DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, Italia, FAO. Serie de Riego y Drenaje no. 33. 212 p.
- (8) EMPRESA PANTALEON. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION (Gua). Descripción de variedades de Caña de Azúcar.

Sin publicar.
- (9) ----- Reporte de floración en Caña de Azúcar.

Sin publicar.
- (10) FLORES, S. 1976. Manual de la caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
- (11) GARCIA SANCHEZ, A. et al. 1996. Estudio semidetalldo de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 2 ed. Guatemala, CENGICANA. v. 1, 216 p.

- (12) GRASSI, C.J. 1978. Aspectos metodológicos para la determinación experimental de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Venezuela, CIDIAT. Serie de Riego y Drenaje, texto no. 26. 110 p.
- (13) HUMBERT, R.P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Amsterdam, Holanda, Elsevier. 772 p.
- (14) ISRAELSEN, O.N.; HANSEN, V.E. 1980. Principios y aplicaciones del riego. Trad. por Alberto García Barcelona, España, Reverte. 366 p.
- (15) JUAREZ, D. 1994. Requerimiento de riego en caña de azúcar en la costa sur de Guatemala. Guatemala, CENGICANA. 40 p.
- (16) OROZCO, H; SOTO, G.J.; PEREZ, O. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de azúcar. Documento técnico no.6. 36 p.
- (17) PEREZ, P. H. 1980. Efecto del régimen de riego sobre el comportamiento de variedades de caña de azúcar en el sistema de riego Río Guanare. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 46 p.
- (18) SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
- (19) VALENZUELA, R.; CARRILLO, E. 1997. Plan regional para el manejo integrado de la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp) en la zona cañera guatemalteca - 1997. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de azúcar. Documento técnico no.11. 51 p.
- (20) WITHERS, R; STANLEY, P. 1979. El riego diseño y práctica. México, Diana. p. 15 - 16, 81 - 82.
- (21) YANG, S.J.; TORRES, J. 1984. El papel de la humedad del suelo en el crecimiento y rendimiento de la caña de azúcar en el clima subtropical. Cali, Colombia, CENICANA. p. 330 - 334.
- (22) ----- 1984. Estudio preliminar sobre los requerimientos de agua y riego de la caña de azúcar en el valle del Cauca. Cali, Colombia, CENICANA. p. 330 - 334.

Vo. Bo. Rolando B...



UNIVERSIDAD DE SAN C.
Centro de Documentación e Información Agrícola
FACULTAD DE AGRONOMÍA

11. APENDICE



Cuadro 15A. Resumen de lecturas de crecimiento longitudinal en metros

Días después del corte	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
62 días	Sin riego	0.34	0.26	0.26
	Frecuencia de 20 días	0.27	0.32	0.29
	Frecuencia de 30 días	0.34	0.29	0.25
	Frecuencia de 40 días	0.38	0.32	0.29
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
85 días	Sin riego	0.50	0.29	0.24
	Frecuencia de 20 días	0.47	0.32	0.32
	Frecuencia de 30 días	0.41	0.47	0.47
	Frecuencia de 40 días	0.50	0.36	0.36
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
117 días	Sin riego	0.72	0.46	0.25
	Frecuencia de 20 días	0.61	0.56	0.56
	Frecuencia de 30 días	0.76	0.68	0.47
	Frecuencia de 40 días	0.82	0.48	0.47
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
141 días	Sin riego	0.66	0.58	0.56
	Frecuencia de 20 días	1.28	1.22	1.25
	Frecuencia de 30 días	1.16	1.77	1.12
	Frecuencia de 40 días	1.22	1.10	1.01
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
166 días	Sin riego	1.25	1.20	1.11
	Frecuencia de 20 días	1.77	1.91	2.01
	Frecuencia de 30 días	1.73	1.70	1.73
	Frecuencia de 40 días	1.77	1.47	1.72
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
191 días	Sin riego	1.72	1.66	1.65
	Frecuencia de 20 días	2.03	2.01	2.19
	Frecuencia de 30 días	1.87	1.96	2.13
	Frecuencia de 40 días	1.87	1.68	1.91

**Cuadro 16A. Resumen de lecturas de población de plantas por hectárea,
expresada en miles de plantas**

Días después corte	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
117 días	Sin riego	172000.0	155333.3	140666.7
	Frecuencia de 20 días	161333.3	138000.0	141333.3
	Frecuencia de 30 días	125777.8	144000.0	147333.3
	Frecuencia de 40 días	196666.7	194000.0	136666.7
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
141 días	Sin riego	107555.6	85333.3	78000.0
	Frecuencia de 20 días	100000.0	118666.7	121333.3
	Frecuencia de 30 días	110666.7	112000.0	103333.3
	Frecuencia de 40 días	117333.3	107555.6	110000.0
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
166 días	Sin riego	112000.0	105333.3	103333.3
	Frecuencia de 20 días	86000.0	118000.0	116666.7
	Frecuencia de 30 días	114666.7	110000.0	110666.7
	Frecuencia de 40 días	110000.0	111333.3	114666.6
	Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
191 días	Sin riego	108000.0	106666.7	105333.3
	Frecuencia de 20 días	76666.7	155333.3	113333.3
	Frecuencia de 30 días	109333.3	108666.7	108000.0
	Frecuencia de 40 días	108000.0	107333.3	111333.3

Cuadro 17A. Resumen de análisis de varianza para la variable crecimiento longitudinal para las seis lecturas

Variable	Indicadores	Días después del corte (DDC)					
		62	85	117	141	166	191
Crecimiento longitudinal	C.V.	10.96	18.66	18.24	18.10	7.13	4.58
	F.c.	1.07	1.20	1.26	8.75	20.81	12.63
	Pr > F	0.4298	0.3872	0.3695	0.0131	0.0014	0.0053
	Signific.	NS	NS	NS	*	**	**

* = Significativo ** = Altamente significativo NS= No significativo

Cuadro 18A. Resumen de análisis de varianza para la variable población de plantas por hectárea para las cuatro lecturas

Variable	Indicadores	Días después del corte (DDC)			
		117	141	166	191
Población de plantas	C.V.	12.68	10.71	9.42	18.71
	F.c.	1.96	2.63	0.24	0.10
	Pr > F	0.2212	0.1447	0.8686	0.9566
	Signific.	NS	NS	NS	NS

NS = No significativo

Cuadro 19A. Análisis múltiple de medias Duncan para altura de plantas durante la cuarta lectura

Tratamiento	Media	
Frecuencia 30 días	1.3500	A
Frecuencia 20 días	1.2500	A
Frecuencia 40 días	1.1100	A
Sin riego	0.6000	B

Cuadro 20. Análisis múltiple de medias Duncan para altura de plantas durante la quinta lectura

Tratamiento	Media	
Frecuencia 20 días	1.89667	A
Frecuencia 30 días	1.72000	AB
Frecuencia 40 días	1.65333	B
Sin riego	1.18667	BC

Cuadro 21A. Análisis múltiple de medias Duncan para altura de plantas durante la sexta lectura

Tratamiento	Media	
Frecuencia 20 días	2.07667	A
Frecuencia 30 días	1.98667	AB
Frecuencia 40 días	1.82000	BC
Sin riego	1.67667	C

Cuadro 22A. Resumen de lecturas antes de la cosecha para las variables diámetro del entrenudo central, longitud del entrenudo central y número de entrenudos

Variable	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Diámetro del entrenudo central	Sin riego	1.20	1.45	1.55
	Frecuencia 20 días	1.15	1.20	1.15
	Frecuencia 30 días	1.15	1.15	1.25
	Frecuencia 40 días	1.25	1.25	1.20
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Longitud de entrenudo central	Sin riego	19.0	15.0	15.5
	Frecuencia 20 días	16.0	13.5	13.5
	Frecuencia 30 días	13.0	20.0	12.5
	Frecuencia 40 días	16.0	17.0	14.5
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Número de entrenudos	Sin riego	14	13	16
	Frecuencia 20 días	18	17	18
	Frecuencia 30 días	21	14	13
	Frecuencia 40 días	18	19	15

Cuadro 23A. Resumen de análisis de varianza para las variables, diámetro del entrenudo central, longitud del entrenudo central y número de entrenudos antes de la cosecha

Indicadores	VARIABLES		
	Diámetro entrenudo	Longitud entrenudo	Número entrenudos
C.V.	7.567	16.483	15.775
Fc.	3.84	0.40	1.04
Pr > F	0.0758	0.7604	0.44
Significancia	NS	NS	NS

NS = No significativo

Cuadro 24A. Resumen de datos de producción y rendimiento en el área bajo estudio

Variable	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Producción de caña (Tm/ha)	Sin riego	102.21	105.43	98.59
	Frecuencia 20 días	112.89	113.81	113.19
	Frecuencia 30 días	115.81	121.89	118.19
	Frecuencia 40 días	102.61	111.88	111.09
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Rendimiento (Lb Az/Tm)	Sin riego	181.64	163.69	159.71
	Frecuencia 20 días	177.96	193.36	156.48
	Frecuencia 30 días	198.25	150.43	152.33
	Frecuencia 40 días	193.33	203.52	145.26
	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Rendimiento (Tm Az/hectárea)	Sin riego	8.43	7.83	7.15
	Frecuencia 20 días	9.11	9.91	8.02
	Frecuencia 30 días	10.42	7.98	8.08
	Frecuencia 40 días	9.05	10.47	7.83

Cuadro 25A. Resumen de análisis de varianza para la variable producción (Tm/ha), rendimiento (Lb Az/Tm) y rendimiento (Tm Az/hectárea)

Indicadores	VARIABLES		
	Producción (Tm/ha)	Rendimiento (Lb Az/Tm)	Rendimiento (Tm Az/ha)
C.V.	4.127	10.195	13.036
Fc.	6.50	2.01	1.43
Pr > F	0.02	0.214	0.32
Significancia	*	NS	NS

* = Significativo NS = No significativo

Cuadro 26A Análisis múltiple de medias Duncan para producción expresado en Tm/ha

Tratamientos	Media	
Frecuencia 30 días	118.193	A
Frecuencia 20 días	113.197	A
Frecuencia 40 días	111.093	AB
Sin riego	102.040	B

Cuadro 27A. Evaporación y precipitación durante el ciclo del cultivo

Meses	Evaporación (mm)*	Precipitación (mm)**
Diciembre/95	11.80	0.00
Enero	144.34	1.00
Febrero	173.90	5.00
Marzo	165.40	6.00
Abril	187.40	55.00
Mayo	127.20	290.00
Junio	115.84	249.00
Julio	135.81	302.00
Agosto	139.60	323.50
Septiembre	144.82	415.00
Octubre	126.60	15150
Noviembre	139.90	24.00
Diciembre	1 60.76	17.00
Enero/97	47.80	0.00

Fuente: (*) = Datos proporcionados de estación California

(**) = Datos proporcionados de finca Playa Grande

Cuadro 28A. Resumen de presupuesto parcial para las frecuencias de riego evaluadas

Tratamiento	costo/ha regada	No. de riegos	Costo/ha/trat.	TCH	Precio campo/Tm	I bruto/ha	I neto/ha
1	83.16	0	0	102.04	66.22	6,757.09	6,757.09
2	83.16	5	415.80	113.19	66.22	7,495.44	7,079.64 *
3	83.16	3	249.48	118.19	66.22	7,826.54	7,577.06
4	83.16	2	166.32	111.09	66.22	7,356.38	7,190.06

*= Tratamiento dominado

Cuadro 29A. Balance hídrico para un cultivo de 12.5 meses de edad en condiciones óptimas

BALANCE HIDRICO
K = 0.4MES: DICIEMBRE
AÑO: 1995

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1						0.00	0.00
2						0.00	0.00
3						0.00	0.00
4						0.00	0.00
5						0.00	0.00
6						0.00	0.00
7						0.00	0.00
8						0.00	0.00
9						0.00	0.00
10						0.00	0.00
11						0.00	0.00
12						0.00	0.00
13						0.00	0.00
14						0.00	0.00
15						0.00	0.00
16						0.00	0.00
17						0.00	0.00
18						0.00	0.00
19						0.00	0.00
20						0.00	0.00
21						0.00	0.00
22						0.00	0.00
23						0.00	0.00
24						0.00	0.00
25						0.00	0.00
26						0.00	0.00
27						0.00	0.00
28		3.80	1.52			0.00	1.52
29		4.50	1.80			0.00	1.80
30		3.50	1.40			0.00	1.40
31		4.60	1.84			0.00	0.00
SUMATORIAS		11.8	4.72	0	0	0	4.72

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuacion cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

MES: ENERO

K = 0.4

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1		4.9	1.96				
2		3.2	1.28				
3		3.6	1.44				
4		1.8	0.64				
5		4.1	1.64				
6		3.5	1.40				
7		3.2	1.28				
8		4.7	1.88				
9		4.4	1.76				
10		6.3	2.52				
11		5	2.00				
12		5.8	2.32				
13		6.5	2.60				
14		7.3	2.92				
15		5.2	2.08				
16		4.6	1.84				
17	60.00	6.00	2.40		60.00	0.00	0.00
18	47.60	5.70	2.28			0.00	0.00
19	45.32	4.50	1.80			0.00	0.00
20	43.52	5.10	2.04			0.00	0.00
21	41.48	5.50	2.20			0.00	0.00
22	39.28	5.20	2.08			0.00	0.00
23	37.20	6.30	2.52			0.00	0.00
24	34.88	5.10	2.04			0.00	0.00
25	32.64	6.10	2.44			0.00	0.00
26	30.20	1.50	0.60			0.00	0.00
27	29.60	6.22	2.09			0.00	0.00
28	27.51	5.42	2.17			0.00	0.00
29	25.34	4.20	1.68			0.00	0.00
30	23.66	4.60	1.84			0.00	0.00
31	21.82	4.20	1.68			0.00	0.00
	20.14		0.00			0.00	0.00
SUMATORIAS		144.34	57.736	0	50	0	0

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuacion cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.64

MES: FEBRERO

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	20.14	5.10	3.26			0.00	0.00
2	17.88	6.20	3.97			0.00	0.00
3	13.91	5.20	3.33			0.00	0.00
4	10.58	4.80	3.07			0.00	0.00
5	7.51	6.80	4.35			0.00	0.00
6	3.16	7.50	4.80			0.00	1.64
7	-1.64	8.40	5.38		50.00	0.00	7.02
8	60.00	7.40	4.74			0.00	0.00
9	45.26	4.50	2.88			0.00	0.00
10	42.38	6.90	4.42			0.00	0.00
11	37.97	5.00	3.20			0.00	0.00
12	34.77	4.20	2.69			0.00	0.00
13	32.08	8.50	5.44			0.00	0.00
14	26.64	6.00	3.84			0.00	0.00
15	22.80	5.70	3.65			0.00	0.00
16	19.15	6.80	4.35			0.00	0.00
17	14.80	6.30	3.39			0.00	0.00
18	11.41	4.80	3.07			0.00	0.00
19	8.34	5.20	3.33			0.00	0.00
20	5.01	5.10	3.26			0.00	0.00
21	1.74	5.40	3.46			0.00	1.71
22	-1.71	5.50	3.52		50.00	0.00	5.23
23	50.00	5.00	3.20			0.00	0.00
24	46.80	6.10	3.90			0.00	0.00
25	42.90	6.10	3.90			0.00	0.00
26	38.99	4.90	3.14	5.00		0.00	0.00
27	40.86	6.80	4.35			0.00	0.00
28	36.50	7.20	4.61			0.00	0.00
29	31.90	7.50	4.80			0.00	0.00
30	27.10		0.00			0.00	0.00
31							
SUMATORIAS		173.9	111.296	5	100	0	15.609

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuacion cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

MES: MARZO

K = 0.72

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	27.10	4.20	3.02			0.00	0.00
2	24.08	5.50	3.96			0.00	0.00
3	20.12	4.80	3.46			0.00	0.00
4	18.66	4.60	3.31			0.00	0.00
5	13.35	6.30	4.54			0.00	0.00
6	8.81	8.20	5.90			0.00	0.00
7	2.91	4.00	2.88			0.00	0.00
8	0.03	6.50	3.96			0.00	3.93
9	-3.93	4.20	3.02		60.00	0.00	6.96
10	50.00	4.70	3.38			0.00	0.00
11	46.62	5.60	4.03			0.00	0.00
12	42.58	6.90	4.97			0.00	0.00
13	37.62	6.00	4.32			0.00	0.00
14	33.30	6.70	4.82	6.00		0.00	0.00
15	34.47	6.10	4.39			0.00	0.00
16	30.08	5.00	3.60			0.00	0.00
17	26.48	4.50	3.24			0.00	0.00
18	50.00	4.80	3.46			0.00	0.00
19	50.00	5.00	3.60			0.00	0.00
20	48.40	4.80	3.48			0.00	0.00
21	42.94	3.60	2.59			0.00	0.00
22	40.35	5.80	4.18			0.00	0.00
23	36.18	4.50	3.24			0.00	0.00
24	32.94	6.20	4.46			0.00	0.00
25	28.47	5.90	4.25			0.00	0.00
26	24.22	7.80	5.62			0.00	0.00
27	18.61	6.00	4.32			0.00	0.00
28	14.29	6.90	4.97			0.00	0.00
29	9.32	4.50	3.24			0.00	0.00
30	6.08	6.80	4.90			0.00	0.00
31	1.18	7.60	5.47				
	-4.29						
SUMATORIAS		165.4	119.088	6	60	0	10.888

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuacion cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.80

MES: ABRIL

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX	DEF.
1	-4.29	5.50	4.40		50.00	0.00	8.69
2	50.00	6.70	5.36			0.00	0.00
3	44.64	6.50	5.20			0.00	0.00
4	39.44	6.45	5.16			0.00	0.00
5	34.28	6.80	4.64			0.00	0.00
6	29.64	7.00	5.60			0.00	0.00
7	24.04	7.20	5.76			0.00	0.00
8	18.28	6.50	5.20			0.00	0.00
9	13.08	6.80	4.64			0.00	0.00
10	8.44	5.60	4.48			0.00	0.00
11	3.96	5.15	4.12			0.00	0.16
12	-0.16	6.80	5.44	44.00	50.00	0.00	0.00
13	50.00	5.80	4.64			0.00	0.00
14	45.36	9.40	7.52			0.00	0.00
15	37.84	4.70	3.76			0.00	0.00
16	34.08	9.80	7.84			0.00	0.00
17	26.24	5.90	4.72			0.00	0.00
18	21.52	6.50	5.20			0.00	0.00
19	16.32	5.70	4.56			0.00	0.00
20	11.76	5.80	4.64			0.00	0.00
21	7.12	7.70	6.16			0.00	0.00
22	0.96	5.00	4.00			0.00	3.04
23	-3.04	6.40	5.12		50.00	0.00	8.16
24	50.00	5.50	4.40			0.00	0.00
25	45.60	5.30	4.24			0.00	0.00
26	41.36	7.70	6.16			0.00	0.00
27	35.20	6.70	5.36			0.00	0.00
28	29.84	2.70	2.16			0.00	0.00
29	27.88	5.70	4.56			0.00	0.00
30	23.12	6.10	4.88			0.00	0.00
31	18.24		0.00			0.00	0.00
	18.24						
SUMATORIAS		187.4	149.92	44	150	0	20.06

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuacion cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

MES: MAYO

K = 0.85

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	18.24	5.10	4.34			0.00	0.00
2	13.90	5.00	4.25			0.00	0.00
3	9.65	6.30	5.36			0.00	0.00
4	4.30	6.50	5.53			0.00	1.23
5	-1.23	2.80	2.38		50.00	0.00	3.61
6	50.00	4.60	3.91			0.00	0.00
7	46.09	6.70	5.70			0.00	0.00
8	40.40	2.50	2.13			0.00	0.00
9	38.27	5.00	4.26			0.00	0.00
10	34.02	4.50	3.83			0.00	0.00
11	30.20	4.90	4.17	10.00		0.00	0.00
12	36.03	7.00	5.95			0.00	0.00
13	30.08	5.80	4.93	10.00		0.00	0.00
14	35.15	2.40	2.04	28.00		0.00	0.00
15	50.00	3.10	2.64	50.00		47.37	0.00
16	50.00	5.30	4.51	38.00		33.50	0.00
17	50.00	2.70	2.30			0.00	0.00
18	47.71	1.90	1.62	16.00		12.09	0.00
19	50.00	1.60	1.36	19.00		17.64	0.00
20	50.00	4.40	3.74			0.00	0.00
21	46.26	5.90	5.02			0.00	0.00
22	41.25	2.30	1.96	62.00		51.29	0.00
23	50.00	4.30	3.66	32.00		0.00	0.00
24	50.00	2.40	2.04			0.00	0.00
25	47.96	1.20	1.02			0.00	0.00
26	46.94	5.70	4.85	23.00		15.10	0.00
27	50.00	6.70	5.70			0.00	0.00
28	44.31	7.90	6.72	2.00		0.00	0.00
29	39.59	1.70	1.45			0.00	0.00
30	38.15	1.00	0.85			0.00	0.00
31	37.30	7.80	6.63			0.00	0.00
	30.67						
SUMATORIAS		127.2	106.848	290	50	176.975	4.83

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($E_t = K * E_v$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuacion cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.85

MES: JUNIO

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	30.67	-32.10	-32.10			12.77	0.00
2	50.00	5.40	5.40	12.00		6.60	0.00
3	50.00	2.90	2.44	20.00		17.56	0.00
4	50.00	1.60	1.34			0.00	0.00
5	48.66	4.50	3.78			0.00	0.00
6	44.88	6.80	5.71			0.00	0.00
7	39.16	7.60	6.38			0.00	0.00
8	32.78	6.50	4.62			0.00	0.00
9	28.16	5.40	4.54			0.00	0.00
10	23.62	7.90	6.64			0.00	0.00
11	16.99	3.30	2.77	4.00		0.00	0.00
12	18.22	4.90	4.12	2.00		0.00	0.00
13	16.10	3.50	2.94			0.00	0.00
14	13.16	5.74	4.82			0.00	0.00
15	8.34	4.70	3.95	3.00		0.00	0.00
16	7.39	8.50	7.14	4.00		0.00	0.00
17	4.25	3.60	3.02	91.20		42.43	0.00
18	50.00	5.40	4.54	32.00		27.46	0.00
19	50.00	4.50	3.78	3.00		0.00	0.00
20	49.22	7.30	6.13			0.00	0.00
21	43.09	4.50	3.78			0.00	0.00
22	39.31	8.50	7.14			0.00	0.00
23	50.00	3.70	3.11			0.00	0.00
24	46.89	6.50	5.46	21.00		12.43	0.00
25	50.00	3.50	2.94	30.00		27.06	0.00
26	50.00	6.00	5.04	4.00		0.00	0.00
27	48.96	4.00	3.36	2.00		0.00	0.00
28	47.60	4.50	3.78			0.00	0.00
29	43.82	5.30	4.45	21.00		10.37	0.00
30	50.00	2.40	2.02			0.00	0.00
31	47.98		0.00			0.00	0.00
	47.98						
SUMATORIAS		115.84	127.8312	249.2	0	156.6844	0

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.85

MES: JULIO

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	47.98	0.80	0.67	6.00		3.31	0.00
2	50.00	4.06	3.41	22.00		18.59	0.00
3	50.00	3.46	2.90	13.00		10.10	0.00
4	50.00	6.00	4.20	8.00		3.80	0.00
5	50.00	2.00	1.68	13.00		11.32	0.00
6	50.00	6.00	4.20			0.00	0.00
7	45.80	10.30	8.65			0.00	0.00
8	37.15	7.00	5.88			0.00	0.00
9	31.27	1.00	0.84			0.00	0.00
10	30.43	6.00	5.04	42.00		17.39	0.00
11	50.00	2.60	2.18	1.00		0.00	0.00
12	48.82	7.40	6.22			0.00	0.00
13	42.60	4.00	3.36	30.00		19.24	0.00
14	50.00	5.00	4.20			0.00	0.00
15	45.80	7.70	6.47			0.00	0.00
16	39.33	2.40	2.02			0.00	0.00
17	37.32	4.80	3.86	60.00		43.46	0.00
18	50.00	3.20	2.69			0.00	0.00
19	47.31	4.50	3.78			0.00	0.00
20	43.53	4.00	3.36			0.00	0.00
21	40.17	6.00	4.20	20.00		6.97	0.00
22	50.00	5.00	4.20			0.00	0.00
23	50.00	7.00	5.88			0.00	0.00
24	44.12	6.00	5.04	55.00		44.08	0.00
25	50.00	2.50	2.10	4.00		1.90	0.00
26	50.00	5.50	4.62	1.00		0.00	0.00
27	46.38	3.80	3.19			0.00	0.00
28	43.19	1.10	0.92	22.00		14.26	0.00
29	50.00	6.90	5.80	4.00		0.00	0.00
30	48.20	3.00	2.52	1.00		0.00	0.00
31	46.88	6.00	5.04			0.00	0.00
	41.64						
SUMATORIAS		135.81	114.0804	302	0	193.4156	0

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.85

MES: AGOSTO

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	41.64	6.00	5.04			0.00	0.00
2	36.60	4.00	3.36			0.00	0.00
3	33.24	4.30	3.61			0.00	0.00
4	29.63	5.70	4.79			0.00	0.00
5	24.84	6.20	5.21	60.00		29.63	0.00
6	50.00	6.20	5.21			0.00	0.00
7	44.79	4.80	4.03	93.00		83.76	0.00
8	50.00	2.70	2.27	6.00		2.73	0.00
9	50.00	3.00	2.52	22.00		19.48	0.00
10	50.00	6.50	5.46	3.00		0.00	0.00
11	47.54	5.00	4.20			0.00	0.00
12	43.34	5.00	4.20	8.00		0.00	0.00
13	47.14	2.00	1.68			0.00	0.00
14	45.46	6.00	5.04	35.00		0.00	0.00
15	50.00	7.00	5.88	26.00		20.12	0.00
16	50.00	5.00	4.20	4.00		0.00	0.00
17	49.80	6.50	4.62	8.00		3.18	0.00
18	50.00	7.70	6.47	11.00		4.53	0.00
19	50.00	1.20	1.01	16.00		14.99	0.00
20	50.00	3.00	2.52	2.00		0.00	0.00
21	49.48	2.10	1.76			0.00	0.00
22	47.72	3.80	3.19	6.00		0.52	0.00
23	50.00	5.50	4.62	6.00		0.00	0.00
24	50.00	4.10	3.44			0.00	0.00
25	46.56	1.10	0.92	6.00		1.63	0.00
26	50.00	7.40	6.22	9.00		2.78	0.00
27	50.00	5.80	4.87	3.00		0.00	0.00
28	48.13	4.00	3.36			0.00	0.00
29	44.77	5.00	4.20			0.00	0.00
30	40.57	4.00	3.36			0.00	0.00
31	37.21	7.00	5.88			0.00	0.00
	31.33						
SUMATORIAS		139.6	117.264	323	0	183.368	0

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración (Et = K * Ev)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

MES: SEPTIEMBRE

K = 0.85

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	31.33	5.20	4.37	10.00		0.00	0.00
2	36.96	5.20	4.37	4.00		0.00	0.00
3	36.59	4.80	4.03	8.00		0.00	0.00
4	40.56	4.00	3.36	17.00		4.20	0.00
5	50.00	6.80	5.71	6.00		0.29	0.00
6	50.00	1.70	1.43	47.00		45.57	0.00
7	50.00	6.70	5.63	30.00		24.37	0.00
8	50.00	4.50	3.78			0.00	0.00
9	46.22	5.60	4.70	6.00		0.00	0.00
10	47.52	1.80	1.51	10.00		6.00	0.00
11	50.00	6.70	5.63			0.00	0.00
12	44.37	5.00	4.20			0.00	0.00
13	40.17	5.70	4.79	15.00		0.38	0.00
14	50.00	7.00	5.88	16.00		0.00	0.00
15	50.00	6.10	5.12			0.00	0.00
16	44.88	5.90	4.98	48.00		37.92	0.00
17	50.00	5.00	4.20	2.00		0.00	0.00
18	47.80	4.00	3.36			0.00	0.00
19	44.44	4.50	3.78	20.00		10.66	0.00
20	50.00	3.20	2.69	4.00		1.31	0.00
21	50.00	5.50	4.62			0.00	0.00
22	45.38	6.20	5.21	15.00		5.17	0.00
23	50.00	4.60	3.86			0.00	0.00
24	46.14	2.50	2.10			0.00	0.00
25	44.04	5.50	4.62	2.00		0.00	0.00
26	41.42	5.00	4.20	18.00		5.22	0.00
27	50.00	2.70	2.27	70.00		67.73	0.00
28	50.00	4.22	3.54	19.00		15.46	0.00
29	50.00	2.10	1.76	30.00		28.24	0.00
30	50.00	7.10	5.96	18.00		12.04	0.00
31	50.00		0.00			0.00	0.00
	50.00						
SUMATORIAS		144.82	121.6488	416	0	284.5612	0

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.85

MES: OCTUBRE

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	50.00	3.20	2.69			0.00	0.00
2	47.31	5.30	4.45	19.00		11.86	0.00
3	50.00	3.10	2.60			0.00	0.00
4	47.40	4.00	3.36			0.00	0.00
5	44.04	5.30	4.45			0.00	0.00
6	39.58	4.10	3.44			0.00	0.00
7	36.14	5.10	4.28			0.00	0.00
8	31.86	5.20	4.37	6.50		0.00	0.00
9	33.99	2.70	2.27	12.00		0.00	0.00
10	43.72	3.90	3.26			0.00	0.00
11	40.44	4.90	4.12	4.00		0.00	0.00
12	40.33	2.20	1.85			0.00	0.00
13	38.48	9.30	7.81	9.00		0.00	0.00
14	39.67	3.80	3.19	42.00		0.00	0.00
15	50.00	2.00	1.68	10.00		8.32	0.00
16	50.00	1.60	1.34	22.00		20.66	0.00
17	50.00	3.00	2.52	8.00		5.48	0.00
18	50.00	2.50	2.10	4.00		1.90	0.00
19	50.00	7.20	6.05			0.00	0.00
20	43.95	4.90	4.12			0.00	0.00
21	39.84	5.70	4.79			0.00	0.00
22	35.05	2.50	2.10	2.00		0.00	0.00
23	50.00	2.60	2.18	12.00		0.00	0.00
24	50.00	4.30	3.61	1.00		0.00	0.00
25	47.38	4.90	4.12			0.00	0.00
26	43.27	2.20	1.85			0.00	0.00
27	41.42	7.20	6.05			0.00	0.00
28	35.38	4.70	3.95			0.00	0.00
29	31.43	4.90	4.12			0.00	0.00
30	27.31	4.30	3.61			0.00	0.00
31	23.70	1.60	1.34			0.00	0.00
	22.36						
SUMATORIAS		126.6	106.344	151.5	0	48.216	0

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

MES: NOVIEMBRE

K = 0.64

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	22.36	4.30	2.75			0.00	0.00
2	19.61	3.40	2.18			0.00	0.00
3	17.43	2.00	1.28	8.00		0.00	0.00
4	24.15	2.70	1.73	7.00		0.00	0.00
5	29.42	4.90	3.14			0.00	0.00
6	26.29	4.80	3.07	8.00		0.00	0.00
7	31.22	5.80	3.71			0.00	0.00
8	27.50	4.99	3.19			0.00	0.00
9	24.31	7.51	4.81			0.00	0.00
10	19.50	6.50	4.16			0.00	0.00
11	15.34	7.50	4.80			0.00	0.00
12	10.54	6.30	4.03			0.00	0.00
13	6.51	8.20	5.25			0.00	0.00
14	1.26	4.30	2.75	1.00		0.00	0.49
15	-0.49	4.30	2.75			0.00	3.24
16	-3.24	4.30	2.75			0.00	5.99
17	-6.99	4.69	3.00			0.00	8.99
18	-8.99	3.40	2.18			0.00	11.17
19	-11.17	2.90	1.86			0.00	13.03
20	-13.03	5.40	3.46			0.00	16.48
21	-16.48	4.10	2.62			0.00	19.11
22	-19.11	2.70	1.73			0.00	20.83
23	-20.83	3.30	2.11			0.00	22.95
24	-22.95	2.60	1.66			0.00	24.61
25	-24.61	3.80	2.43			0.00	27.04
26	-27.04	5.90	3.78			0.00	30.82
27	-30.82	5.80	3.71			0.00	34.53
28	-34.53	4.90	3.14			0.00	37.67
29	-37.67	3.60	2.30			0.00	39.97
30	-39.97	4.70	3.01			0.00	42.98
31	-42.98		0.00			0.00	0.00
	-42.98						
SUMATORIAS		139.59	89.3376	24	0	0	359.8864

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración (Et = K * Ev)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

K = 0.40

MES: DICIEMBRE

AÑO: 1996

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	-42.98	4.40	1.76			0.00	44.74
2	-44.74	4.10	1.64			0.00	46.38
3	-46.38	5.20	2.08			0.00	48.46
4	-48.46	4.20	1.68			0.00	50.14
5	-50.14	4.30	1.72			0.00	51.86
6	-51.86	5.60	2.24			0.00	54.10
7	-54.10	4.56	1.82			0.00	56.92
8	-56.92	5.50	2.20			0.00	58.12
9	-58.12	5.90	2.36			0.00	60.48
10	-60.48	3.40	1.36			0.00	61.84
11	-61.84	5.10	2.04			0.00	63.88
12	-63.88	5.20	2.08			0.00	65.96
13	-65.96	9.70	3.88			0.00	69.84
14	-69.84	7.00	2.80			0.00	72.64
15	-72.64	7.00	2.80			0.00	75.44
16	-75.44	6.00	2.40			0.00	77.84
17	-77.84	6.50	2.20			0.00	80.04
18	-80.04	6.00	2.40	8.00		0.00	74.44
19	-74.44	4.20	1.68			0.00	76.12
20	-76.12	9.80	3.92			0.00	80.04
21	-80.04	5.80	2.32			0.00	82.36
22	-82.36	4.70	1.88			0.00	84.24
23	-84.24	3.30	1.32			0.00	85.56
24	-85.56	5.80	2.32	6.00		0.00	81.88
25	-81.88	4.90	1.96			0.00	83.84
26	-83.84	5.20	2.08			0.00	85.92
27	-85.92	4.60	1.84	3.00		0.00	84.76
28	-84.76	3.80	1.52			0.00	86.28
29	-86.28	5.50	2.20			0.00	88.48
30	-88.48	4.50	1.80			0.00	90.28
31	-90.28	4.60	1.84			0.00	0.00
	-92.12						
SUMATORIAS		160.76	64.304	17	0	0	2121.976

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

Continuación cuadro 29A

BALANCE HIDRICO

MES: ENERO

K = 0.40

AÑO: 1997

DIA	LARAR	EV	ETR	PP	R	EX.	DEF.
1	-95.12	4.90	1.96			0.00	97.06
2	-97.08	5.00	2.00			0.00	99.08
3	-99.08	4.70	1.88			0.00	100.96
4	-100.96	3.60	1.44			0.00	102.40
5	-102.40	4.70	1.88			0.00	104.28
6	-104.28	1.60	0.64			0.00	104.92
7	-104.92	4.70	1.88			0.00	106.80
8	-106.80	4.10	1.64			0.00	108.44
9	-108.44	6.60	2.20			0.00	110.64
10	-110.64	3.60	1.44			0.00	112.08
11	-112.08	5.40	2.16			0.00	114.24
12	-114.24					0.00	114.24
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
SUMATORIAS		47.8	19.12	0	0	0	1276.16

REFERENCIAS:

LARA = Lámina rápidamente aprovechable (50 mm)

Ev = Evaporación (tanque tipo A)

Et = Evapotranspiración ($Et = K * Ev$)

PP = Precipitación

R = Riego

Ex = Exesos por lluvia

DEF = Déficit por falta de riego

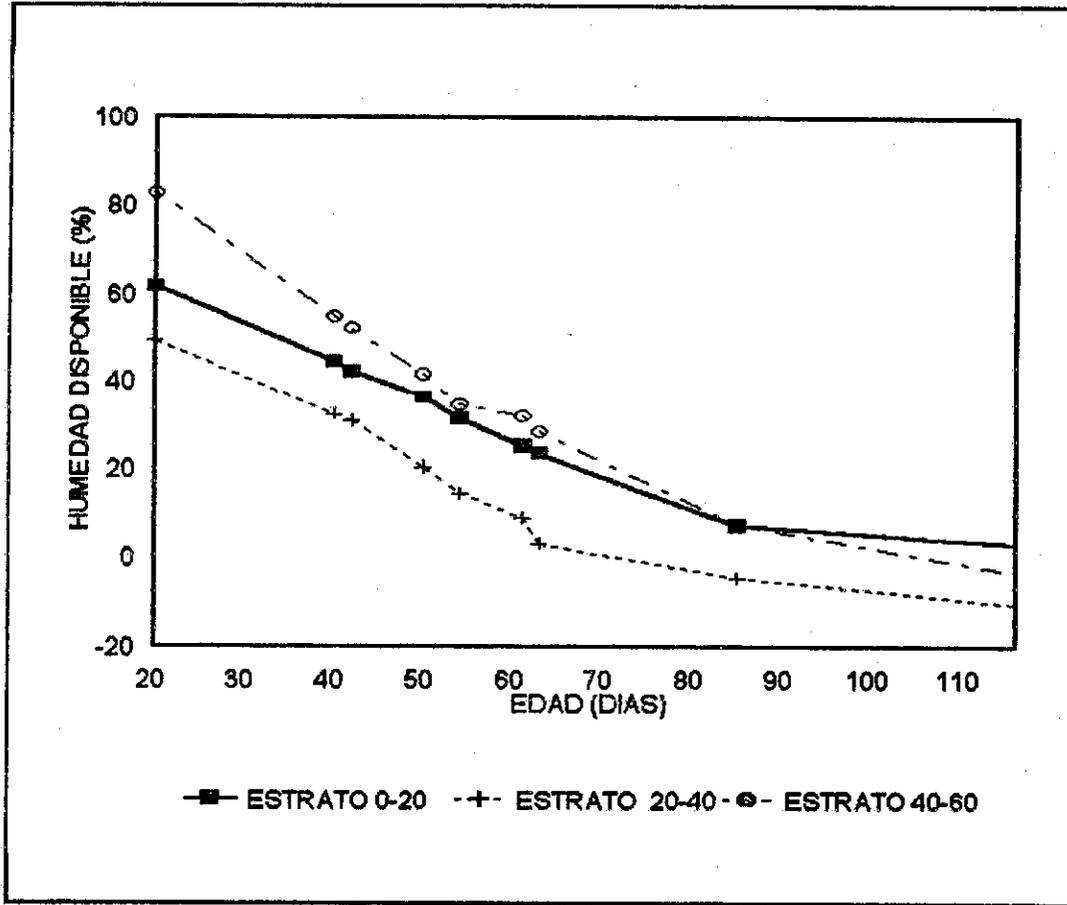


Figura 8A. Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 1 (sin riego)

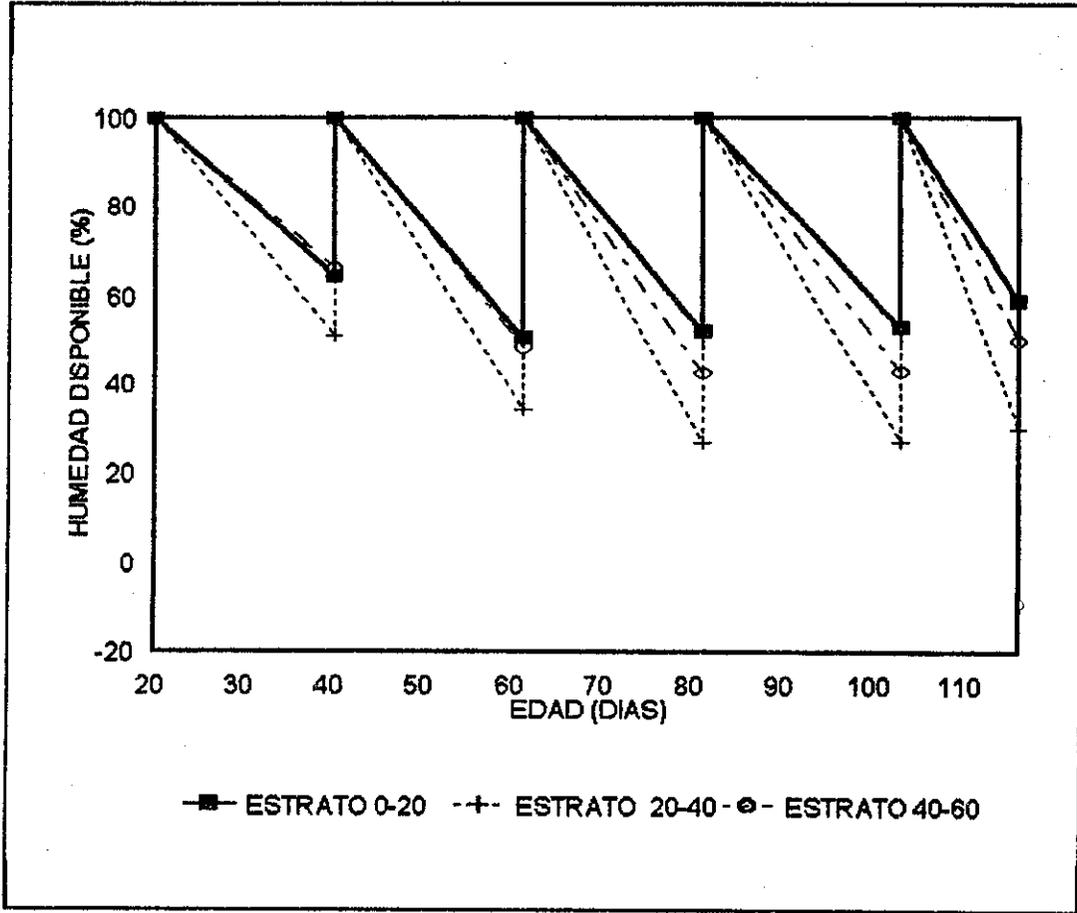


Figura 9A. Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 2 (frecuencia de 20 días)

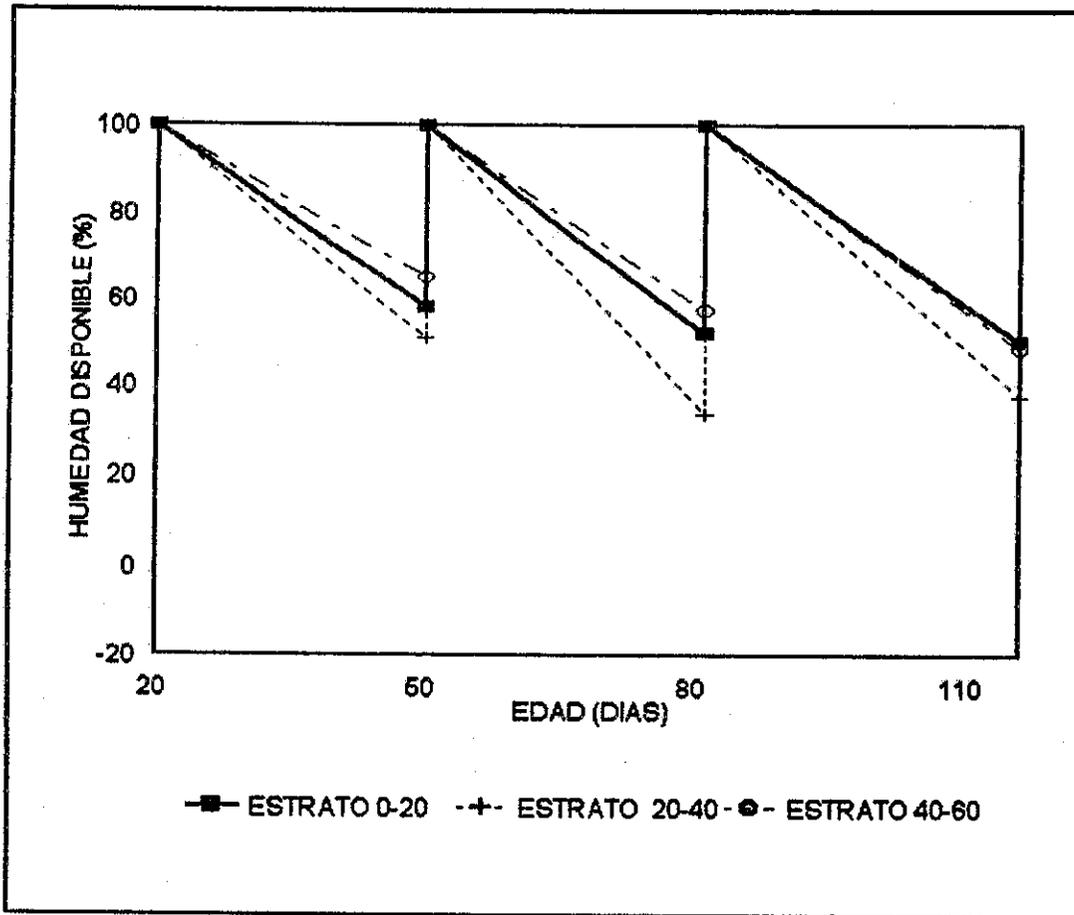


Figura 10A. Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 3 (frecuencia de 30 días)

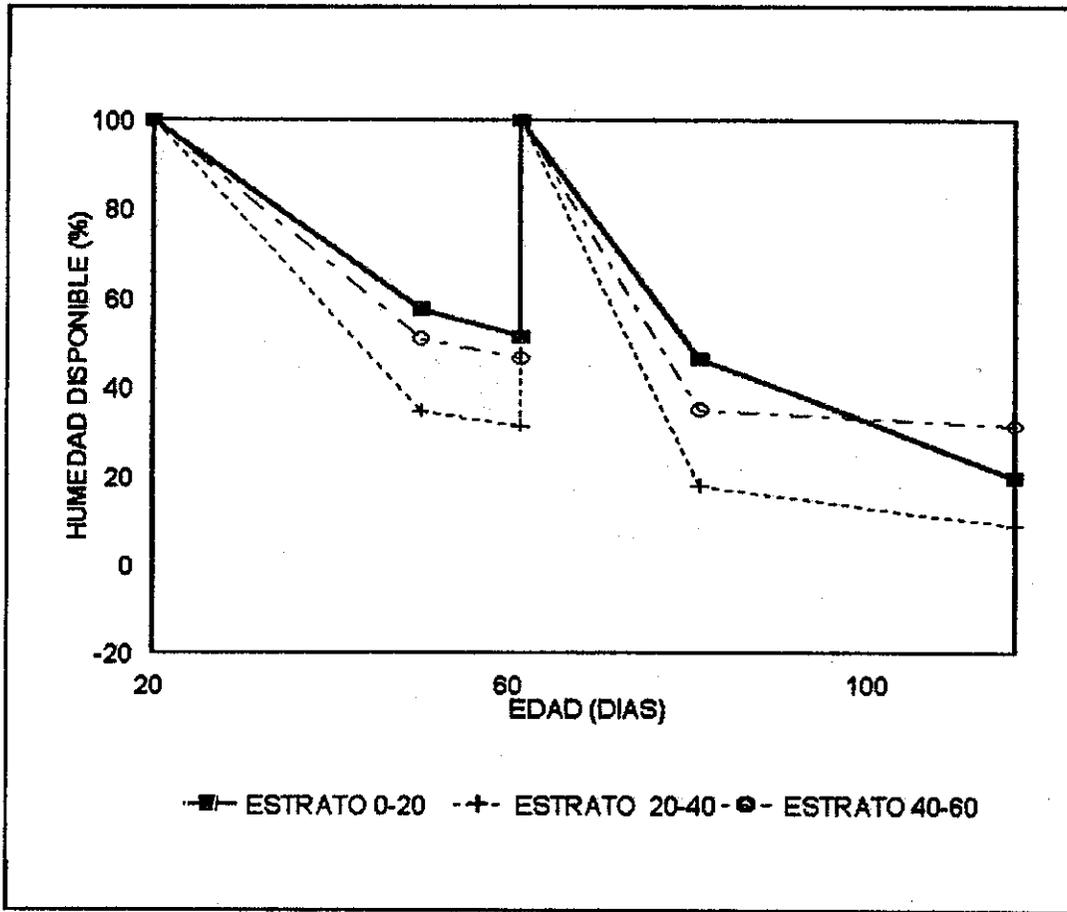
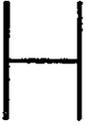
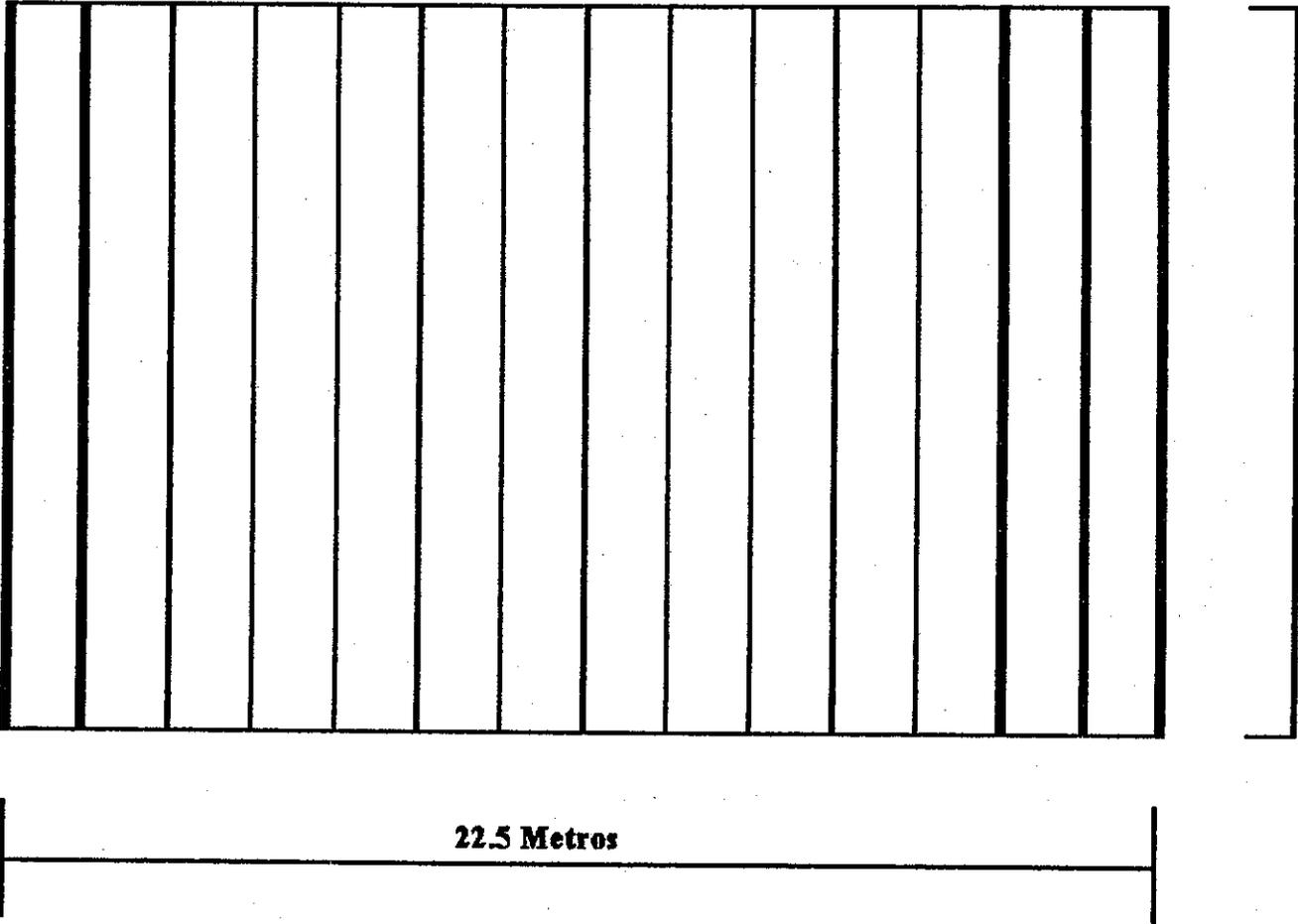


Figura 11A. Agotamiento de la humedad disponible para el tratamiento 4 (frecuencia de 40 días)

1.5 Metros



A B 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 C D E

123
Metros

22.5 Metros

REFERENCIAS:

1...10 = Surcos de parcela neta

A...B = Surcos de borde

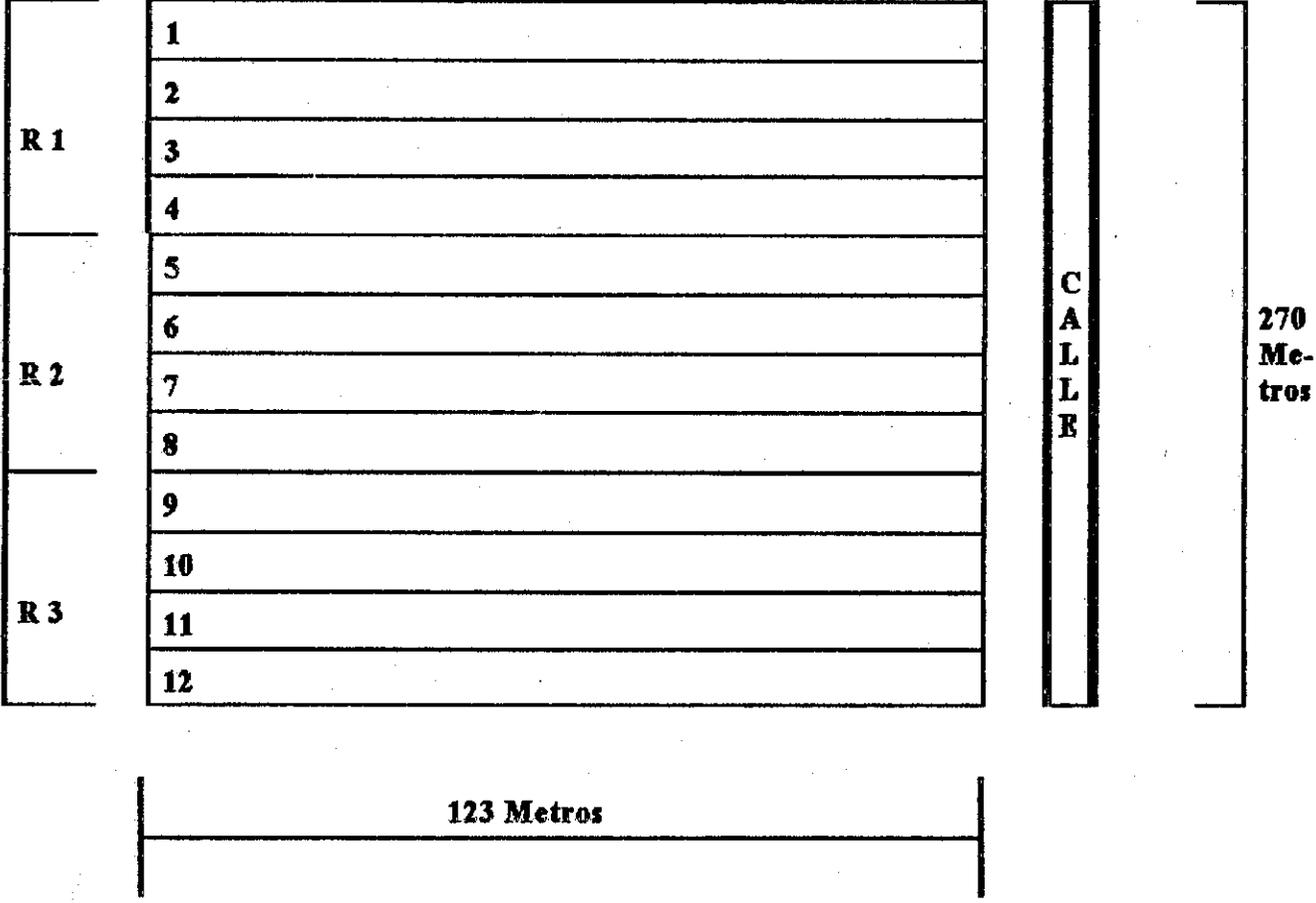
* = Tubos de acceso de la sonda de neutrones

Figura 13A. Dimensiones por unidad experimental

**FINCA LIMONES
LOTE 2402
PANTE 22**

NORTE =====>

PANTE 21



- REFERENCIAS:**
- 1....10 = Unidades experimentales**
 - T1..T4 = Tratamientos**
 - R1..R4 = Repeticiones**
 - * = Tubos de acceso de la sonda de neutrones**

Figura 14A. Croquis de campo



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

Sem-32/97

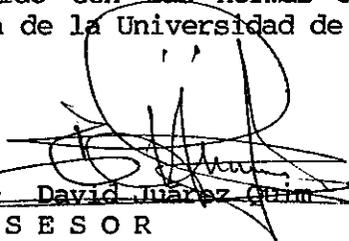
LA TESIS TITULADA: EFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO APLICADOS DURANTE LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.), BAJO LAS CONDICIONES DE LA GOMERA ESCUINTLA.

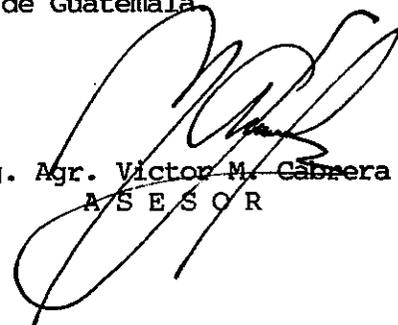
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: VICTOR HUGO GUZMAN SILVA

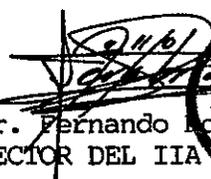
Carnet No: 89-17100

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Eddi Alejandro Vanegas Ch.
 Ing. Agr. Walter Estuardo García T.

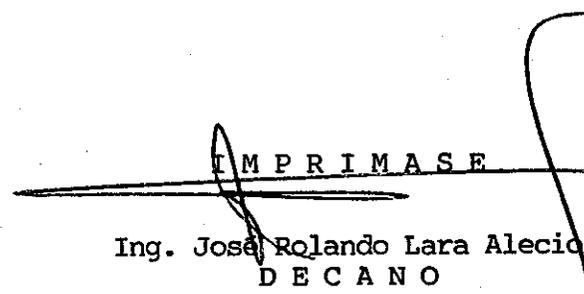
Los asesores y las autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


 Ing. Agr. David Juárez Guim
 ASESOR


 Ing. Agr. Victor M. Cabrera C.
 ASESOR


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez
 DIRECTOR DEL IIA




 IMPRIMASE
 Ing. José Rolando Lara Alecio
 DECANO



APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770

