

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

**EFFECTO DE TRES LAMINAS DE RIEGO SOBRE EL  
ESTABLECIMIENTO-MACOLLAMIENTO Y PRODUCCION DE LA CAÑA  
DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.), BAJO LAS CONDICIONES DE  
SUELO ARCILLOSO EN SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA,  
ESCUINTLA.**

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

POR

**JORGE LUIS GOMEZ HERNANDEZ**

En el acto de investidura como

**INGENIERO AGRONOMO**

EN

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

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1997.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA****RECTOR****DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr. Juan José Castillo Mont</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. William Roberto Escobar López</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br. Estuardo Enrique Lira Prera</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Agr. Edgar Danilo Juárez Quim</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta.</b>

Guatemala, noviembre 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 LAMINAS DE RIEGO SOBRE EL ESTABLECIMIENTO-MACOLLAMIENTO Y PRODUCCION DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.), BAJO LAS CONDICIONES DE SUELO ARCILLOSO EN SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, 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



Jorge Luis Gómez Hernández

**ACTO QUE DEDICO****A:**

DIOS	Todo poderoso
MIS PADRES	Alejandro Gómez Rivas Nieves Hernández de Gómez Que sea este el fruto de sus jornadas llenas de lucha, amor y esperanza.
MI ESPOSA	Carmelina Martínez Castillo y futuro hijo (a)
MIS HERMANOS	Rolando, Martita y Aury
MI CUÑADA	Rutilda Hernández M.
MI SOBRINO	Brian Rolando
MI PRIMO	José Luis
MI FAMILIA EN GENERAL	Como muestra de cariño y respeto
MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS	Respetuosamente, en especial a la promoción 88-91 de de la Escuela Nacional Central de Agricultura

## TESIS QUE DEDICO

A:

MI PATRIA GUATEMALA

DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

SECTOR AGRICOLA DEL PAIS

MIS MAESTROS Y CATEDRATICOS EN GENERAL

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON CON MI  
FORMACION

## SINCEROS AGRADECIMIENTOS

A:

### MIS ASESORES.

Ing. Agr. Msc. David Juárez Quim.

Ing. Agr. Msc. Victor Cabrera Cruz.

Por su Asesoría, Supervisión, Revisión y toda la ayuda brindada a la elaboración del presente trabajo.

### CENTRO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZUCAR.

Por el apoyo logístico y económico para el desarrollo de la investigación.

### DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE DEL INGENIO TIERRA BUENA.

Por la colaboración brindada.

### AL PERSONAL DE CAMPO DE LA SECCION DE RIEGO DE LA FINCA EL JABALI.

Por la colaboración a la ejecución de la fase de campo de la investigación.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE ALGUNA FORMA HICIERON POSIBLE LA EJECUCION DEL PRESENTE TRABAJO.

## CONTENIDO

	<b>PAGINA</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>3. MARCO TEORIO</b>	<b>3</b>
<b>3.1. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>3</b>
3.1.1. <b>Importancia del riego</b>	<b>3</b>
3.1.2. <b>Importancia del riego en caña de azúcar</b>	<b>3</b>
3.1.3. <b>Riego en caña de azúcar</b>	<b>4</b>
3.1.4. <b>El agua y sus relaciones con los suelos y la caña</b>	<b>4</b>
3.1.5. <b>La humedad como factor indispensable para el establecimiento, crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar</b>	<b>4</b>
3.1.6. <b>Requerimientos de agua de la caña de azúcar</b>	<b>5</b>
3.1.7. <b>Frecuencia y programación del riego</b>	<b>6</b>
3.1.8. <b>Evapotranspiración. disponibilidad de agua y frecuencia de riego</b>	<b>7</b>
3.1.8.A. <b>Evapotranspiración</b>	<b>7</b>
3.1.8.B. <b>Uso-consumo o uso consuntivo</b>	<b>8</b>
3.1.8.C. <b>Determinación de la evapotranspiración</b>	<b>8</b>
3.1.8.D. <b>Evapotranspiración del cultivo de referencia</b>	<b>8</b>
3.1.8.E. <b>Evapotranspiración real</b>	<b>8</b>
3.1.8.F. <b>Métodos para determinar la evapotranspiración de referencia</b>	<b>9</b>
3.1.8.F.a. <b>Cálculo de la evapotranspiración de referencia basado en consideraciones energéticas</b>	<b>9</b>
3.1.8.F.b. <b>Cálculo de la evapotranspiración de referencia basado en relaciones empíricas</b>	<b>9</b>
3.1.9. <b>Fisiología de la caña de azúcar</b>	<b>9</b>
3.1.9.A. <b>Germinación de yemas</b>	<b>9</b>
3.1.9.B. <b>La humedad como factor primordial para la germinación</b>	<b>9</b>
3.1.6.C. <b>Crecimiento de raíces</b>	<b>10</b>
3.1.6.D. <b>Desarrollo del sistema radicular</b>	<b>10</b>
3.1.6.E. <b>Sistema radicular de las socas</b>	<b>10</b>
3.1.6.F. <b>La humedad como factor importante en el crecimiento de raíces</b>	<b>11</b>
<b>3.2. MARCO REFERENCIAL</b>	<b>11</b>
3.2.1. <b>Variedad cp-722086</b>	<b>11</b>
3.2.2. <b>Ubicación y descripción del área experimental</b>	<b>12</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>5. HIPOTESIS</b>	<b>17</b>
<b>6. METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
6.1. <b>Características físicas y químicas del área experimental</b>	<b>18</b>
6.2. <b>Manejo del cultivo</b>	<b>19</b>
6.3. <b>Manejo del experimento</b>	<b>21</b>
6.3.1. <b>Descripción de los tratamientos</b>	<b>21</b>

6.3.2.	Diseño experimental	22
6.3.3.	Tamaño de la unidad experimental	23
6.3.4.	Control de riegos experimentales	23
6.3.4.A.	Medida de las láminas de riego	23
6.3.4.B.	Uniformidad de riego	24
6.4.	Consumo de agua	24
6.4.1.	Requerimiento o consumo óptimo de agua del cultivo	24
6.4.2.	Consumo medido	25
6.5.	Variables respuesta	26
6.5.1.	Población	26
6.5.2.	Altura de planta	26
6.5.3.	Producción en toneladas de caña por hectárea	27
6.5.4.	Requerimientos en libras de azúcar por tonelada de caña	27
6.5.5.	Porcentaje de azúcar recuperable	27
6.5.6.	Toneladas de azúcar por hectárea	27
6.6.	Beneficio neto por hectárea por tratamiento	27
6.7.	Análisis de resultados	28
7.	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	29
7.1.	Riegos experimentales	29
7.2.	Control de láminas	31
7.3.	Evapotranspiración o lámina consumida	32
7.3.1.	Requerimiento o consumo óptimo de agua por el cultivo	32
7.3.2.	Consumo medido	34
7.4.	Profundidad de humedecimiento	37
7.5.	Variables respuesta	38
7.5.1.	Población	38
7.5.2.	Altura de planta	41
7.5.3.	Producción	44
7.5.3.A.	Producción relativa	44
7.5.4.	Rendimiento	46
7.5.5.	Azúcar recuperable	47
7.5.6.	Toneladas de azúcar por hectárea	48
7.6.	Beneficio neto por tratamiento por hectárea	50
8.	<b>CONCLUSIONES</b>	51
9.	<b>RECOMENDACIONES</b>	53
10.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	54
11.	<b>APENDICE</b>	57

#### INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1.	Coefficientes de cultivo (Kc) de caña de azúcar	7
2.	Características físicas de los suelos de la finca el jabalí	18
3.	Análisis químico de los suelos de la finca el jabalí	19
4.	Láminas de riego aplicadas en seis riegos experimentales	21
5.	Registro de láminas de riego en mm, aplicadas en cada tratamiento	29



6.	Presiones, coeficientes de uniformidad y uniformidades de distribución promedios en cada uno de los riegos aplicados	30
7.	Resumen sobre el control de láminas de riego aplicadas y lámina total recibida en cada tratamiento	31
8.	Evapotranspiración de referencia en mm/día según datos metereológicos de la estación Belén del período de 1986 a 1994	32
9.	Consumo potencial desde el momento de la siembra hasta 84 días después de la siembra	34
10.	Evapotranspiración o consumo total medido y en mm/día entre cada riego hasta 84 días después de la siembra	35
11.	Profundidad promedio de humedecimiento en centímetros después de los riegos durante el establecimiento-macollamiento	38
12.	Registros de población en 5 metros lineales durante el establecimiento-macollamiento	39
13.	Registros de altura de planta durante el establecimiento-macollamiento	42
14.	Producción en toneladas de caña por hectárea para cada tratamiento	44
15	Lámina consumida y producción relativa obtenida a los 335 días después de la siembra	45
16.	Rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña	46
17.	Porcentaje de azúcar recuperable	48
18.	Toneladas de azúcar por hectárea producidas en cada tratamiento	48
19.	Beneficio neto para cada uno de los tratamiento	50
20A.	Lecturas de población 20 días después de la siembra	58
21A.	Análisis de varianza para población 20 días después de la siembra	58
22A.	Lecturas de población 30 días después de la siembra	58
23A.	Análisis de varianza para población 30 días después de la siembra	59
24A.	Lecturas de población 45 días después de la siembra	59
25A.	Análisis de varianza para población 45 días después de la siembra	59
26A.	Lecturas de altura de planta 30 días después de la siembra	60
27A.	Análisis de varianza para altura de planta 30 días después de la siembra	60
28A.	Lecturas de población cincuenta días después de la siembra	60
29A.	Análisis de varianza para población 50 días después de la siembra	61
30A.	Lecturas de población 65 días después de la siembra	61
31A.	Análisis de varianza para población 75 días después de la siembra	61
32A.	Lecturas de población 95 días después de la siembra	62
33A.	Análisis de varianza para población 95 días después de la siembra	62
34A.	Lecturas de altura de planta 60 días después de la siembra	62
35A.	Análisis de varianza para altura de planta 65 días después de la siembra	63
36A.	Lecturas de altura de planta 95 días después de la siembra	63
37A.	Análisis de varianza para altura de planta 95 días después de la siembra	63
38A.	Análisis de varianza para libras de azúcar por tonelada de caña	64
39A.	Análisis de varianza para toneladas de caña por hectárea	64
40A.	Análisis de varianza para azúcar recuperable	64
41A.	Análisis de varianza para toneladas de azúcar por hectárea	65
42A.	Análisis de varianza para beneficios netos por hectárea	65
43A.	Registros de humedad antes y después de cada riego	66

44A.	Datos metereológicos promedios anuales de 1986-1994, de la estación Belén	66
45A.	Registros de precipitación en mm para el período de 1991 a 1996 de la finca el jabalí	67
46A.	Registro mensual de temperatura para 1996 en la finca el jabalí	67
47A.	Costo de riego en quetzales por hectárea para tres turnos de riego	68
48A.	Datos del cultivo de caña de azúcar para la corrida del programa Cropwat de la FAO	69
49A.	Salida del programa cropwat con datos del cultivo y Eto según tanque A	70
50A.	Salida del programa cropwat para el tratamiento de 2.5 horas de riego por aspersión	71

### INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1.	Ubicación del área experimental	13
2.	Climadiagrama para el año de 1996 con datos de precipitación temperatura y evaporación	16
3A.	Unidad experimental	72
4A.	Croquis de campo y distribución de tratamientos	73
5A.	Disposición de recipientes para el control de láminas	74
6.	Comportamiento de la evapotranspiración de referencia y la evaporación del tanque tipo A	33
7.	Valores de K entre cada uno de los riegos experimentales hasta los 84 días después de la siembra	36
8.	Lámina consumida en mm/día entre cada riego	37
9.	Comportamiento de la población durante el ciclo del cultivo	40
10.	Tasa de incremento poblacional para el ciclo del cultivo	41
11.	Comportamiento de la altura de planta durante el ciclo del cultivo	42
12.	Tasa de incremento longitudinal durante el ciclo del cultivo	43
13.	Relación entre la producción relativa y lámina consumida	45
14.	Comportamiento de la producción y rendimiento	44
15.	Relación de isoproductividad entre tratamientos	49
16A.	Sistema de riego por aspersión de la finca el Jabalí.	75

**EFFECTO DE TRES LAMINAS DE RIEGO SOBRE EL ESTABLECIMIENTO-MACOLLAMIENTO Y PRODUCCION DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) BAJO LAS CONDICIONES DE SUELO ARCILLOSO EN SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.**

**EFFECT OF THREE DIFFERENT WATER TABLE IRRIGATION ON THE ESTABLISHMENT-TILLERING AND PRODUCTION OF SUGAR CANE (Saccharum officinarum L.) UNDER THE CONDITIONS OF CLAY SOIL IN SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA ESCUINTLA.**

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en la finca el Jabalí del Ingenio Tierra Buena, durante el período comprendido del 18 de enero de 1996 al 14 de diciembre del mismo año, bajo condiciones de suelo arcilloso.

Los objetivos de la presente investigación consistieron en evaluar el efecto de tres diferentes láminas de riego, sobre el establecimiento-macollamiento del cultivo, así como determinar su efecto sobre la producción y rendimiento final de la caña de azúcar.

La etapa de establecimiento-macollamiento se consideró hasta los 95 días después de la siembra, ya que según Juárez (15) esta etapa finaliza aproximadamente a los 90 días después de la siembra. Durante este período se aplicaron 6 riegos, iniciando el primero a los 5 días después de la siembra y los restantes cinco a los 15, 30, 49, 66 y 85 días después de la siembra, evaluando láminas de 32.50 mm, 40.50 mm y 47.50 mm aplicadas en tiempos de riego por aspersión de 2, 2.5 y 3 horas, respectivamente. La uniformidad de aplicación de las láminas vario de un 60.59 a un 63.33%, con un coeficiente de uniformidad de 65.33 a 70.01%.

Para la ejecución de la investigación se utilizó un diseño de bloques al azar con submuestras, donde la unidad experimental sobre la cual se aplicaron los tratamientos fue el área ubicada entre dos laterales de riego por aspersión, con cañones aplicando la misma lámina. Debido al tamaño de la unidad

experimental (1.84 ha) no se utilizó un testigo absoluto (sin riego) tomando la lámina aplicada en tres horas de riego por aspersión como un testigo comercial.

El total de lámina aplicada 84 días después de la siembra un día antes de efectuar el sexto riego en cada uno de los tratamientos fue de 181.19 mm, 221.83 mm y 256.67 mm, de los cuales según el balance hídrico, el cultivo consumió 137.08 mm 175.95 mm y 220.86 mm en los tratamientos de 2.0, 2.5 y 3.0 horas de riego.

Según los muestreos de población realizados a los 20, 30, 45, 60, 75, y 95 días después de la siembra y muestreos de altura de planta a los 30, 60 y 95 días después de la siembra, la etapa de establecimiento-macollamiento, finalizó aproximadamente a los 95 días después de la siembra. Se estableció, según los análisis de varianza, que las variables citadas no presentaron diferencias significativas. En consecuencia las tres láminas tuvieron el mismo efecto sobre el establecimiento-macollamiento del cultivo de la caña de azúcar.

Para evaluar el efecto de las láminas aplicadas sobre la producción final de caña y azúcar se tomaron en consideración las variables producción en toneladas de caña por hectárea, libras de azúcar por tonelada de caña y toneladas de azúcar por hectárea. Los análisis de estas variables indicaron que las tres láminas, estadísticamente tuvieron el mismo efecto sobre la producción y el rendimiento final.

## 1. INTRODUCCION

El riego representa un porcentaje significativo en los costos de producción, representando según estadísticas del Ingenio Tierra Buena, valores de Q 274.00 por hectárea regada<sup>1</sup> por aspersion; por tal razón este debe ser manejado eficientemente, aplicando las cantidades que sean necesarias para una buena producción.

Tradicionalmente, la programación de riegos en el cultivo de la caña de azúcar, en su mayoría en la zona cañera, se hace según la experiencia del personal encargado y casi siempre sin tomar en cuenta las relaciones suelo-agua-clima, implicando el riesgo de aplicar un número excesivo de riegos o de someter al cultivo a períodos de déficit de humedad que puedan afectar la producción (Juárez 1993).

Cada año es renovado entre el 15-20% del área cañera del país (CENGICANA 1995), gran parte de esta renovación es realizada en la época seca por las ventajas que la misma conlleva. El resto es realizado en la época lluviosa por la falta de riego, presentando estos una baja producción en el primer corte por su relativa corta edad al momento del mismo.

Con el presente estudio realizado conjuntamente con el Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se determinó el efecto de tres láminas de riego sobre el establecimiento-macollamiento y producción de la caña de azúcar, bajo las condiciones de suelo arcilloso en la finca el Jabalí, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla.

---

<sup>1</sup> Finca El Jabalí, Departamento de Riego y Drenaje, Ingenio Tierra Buena

## 2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

En Guatemala el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en 1995 tenía un área de 160,000 hectáreas. En la década presente, Guatemala ocupa el séptimo lugar entre los países exportadores de azúcar en el mercado internacional. Además el cultivo de la caña de azúcar es a nivel nacional el de mayor expansión territorial, ocupando el segundo lugar en el proceso de generación de divisas para el país (US \$ 235.8 millones en 1,995). Otro aspecto relevante de gran valor económico es que genera alrededor de 50 mil empleos directos, con ingresos muy superiores al promedio de las actividades agrícolas. (1)

El riego para el establecimiento de la caña de azúcar que generalmente es por aspersión es de los de mayor costo, dada la inversión en equipos, repuestos, combustibles y mano de obra. Actualmente, existe una gran inversión en equipos de riego por aspersión, los cuales en su mayoría son destinados para las renovaciones en la época seca.

Actualmente, en la zona cañera de la costa sur, existe variabilidad en el manejo del riego, principalmente en cuanto a las láminas de riego aplicadas para el establecimiento del cultivo. Dichas variaciones oscilan desde cero riegos hasta cuatro riegos, con duraciones desde dos a cinco horas por turno, observándose diferencias en las láminas de riego aplicadas. Al no tener definida la lámina de riego necesaria para un buen establecimiento y macollamiento del cultivo en los diversos suelos, muchas veces se aplican láminas innecesarias provocando incremento en los costos de producción y reducción del área regada. Por el contrario, la aplicación de una lámina pequeña puede incidir en un mal establecimiento y macollamiento y en la producción final. (Juárez, 1996).

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1. MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1. Importancia del riego**

El desarrollo económico y social de un país depende en gran medida de sus posibilidades para lograr una producción del sector agrícola acorde a sus necesidades de alimento, y además, tener un excedente para exportar a otros países y servir de base a un desarrollo industrial. Los programas nacionales de desarrollo en la actualidad, deben considerar la incorporación dentro del sector agrícola, nuevas áreas de cultivo e intensificar el uso de aquellas tierras que han dependido del régimen de lluvias. La utilización adecuada del recurso agua con fines de riego tiene impacto significativo en la economía del país.(8)

##### **3.1.2. Importancia del riego en caña de azúcar**

Flores (6), apunta que "el agua es la sangre de la agricultura", lógicamente esto incluye a el cultivo de la caña de azúcar y esto se refleja en los resultados de los rendimientos obtenidos por unidad de área en las fincas que disponen de agua para riego.

La caña es tolerante a la sequía, sin embargo llega un punto en que la sequía es desesperante y la planta comienza a secarse lógicamente esta es más grave en suelos de textura arenosa, y aquellos suelos que no retienen la humedad. Esta situación trae muchos efectos negativos ya que se hace necesario cosechar mucha caña 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, reduciéndose la población en la próxima soca.(6)

En general, algunos de los campos cañeros se ven abastecidos de agua únicamente en los meses de lluvia, siendo esta en algunas ocasiones desuniforme, ocurriendo un retraso en el crecimiento de la caña durante este período.(6)

### **3.1.3. Riego en caña de azúcar**

El riego es una operación costosa, por lo que el mismo amerita realizar estudios para establecer pautas científicas en cuanto al uso racional del agua. Juárez (16), define los siguientes beneficios o ventajas del riego en 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 en suelos difíciles de cultivar.
- \_Incrementa la flexibilidad para realizar labores culturales (cultivo, fertilización, etc). (16)

### **3.1.4. El agua y sus relaciones con los suelos y la caña**

Para entender el comportamiento complejo de la caña de azúcar bajo diferentes regímenes de agua y medio ambiente, es esencial entender la dinámica del agua a través del sistema complejo suelo-planta-atmósfera. La caña de azúcar es una planta notablemente tolerante, se le ve crecer en condiciones de severa sequía y también donde su sistema radicular prácticamente está sumergido en el agua. Como la demanda de azúcar continúa en aumento, será necesario abastecer nuestra caña con las cantidades de agua requeridas y a los intervalos adecuados para asegurar una producción óptima. Las mejoras en la captación, almacenamiento, distribución, aplicación y uso eficiente por la planta. (12)

### **3.1.5. La humedad como factor indispensable para el establecimiento, crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar**

El agua es un factor indispensable para el buen desarrollo del cultivo, ya que es necesario para que ocurran todos los procesos internos de la planta. Es la base para la formación de azúcares y es además:



alimento, medio de transporte y turgencia (24). Buenaventura (2) menciona, que la caña necesita de 8 a 9 mm de agua por hectárea durante los días cálidos y aproximadamente 3 mm en la época más fría.

Cuando existe deficiencia de agua, la fotosíntesis se puede reducir hasta en un 42% en los entrenudos primarios y un 32% en los chulquines y este efecto negativo es mayor en los días de mayor radiación que en los días nublados (2). La humedad es importante durante los estados de germinación, macollamiento y crecimiento.

En el estado de maduración del cultivo, la deficiencia de humedad afecta la concentración de azúcar en el tallo. La caña necesita por lo menos 60 días de estrés de agua para que pueda concentrar al máximo la sacarosa en el tallo. (2).

### **3.1.6. Requerimientos de agua de la caña de azúcar**

Los requerimientos de agua de la caña de azúcar varía de acuerdo con la etapa de crecimiento, distribución y cantidad de lluvias. El período vegetativo de la caña de azúcar puede ser dividido en 3 etapas: establecimiento y macollamiento (0-4.5 meses), rápido crecimiento (4.5-9.5 meses) y maduración (9.5-13 meses); esto para un ciclo de cultivo de 13 meses. En los primeros estados de cultivo, las plantas son pequeñas y los requerimientos de riego no son muy altos; cuando el cultivo entra en la etapa de rápido crecimiento la población se estabiliza, durante este período los requerimientos de agua y nutrientes son altos y el cultivo no debe ser sometido a déficit de humedad, de lo contrario la producción puede ser afectada. En el período de maduración, el crecimiento de la caña disminuye y la planta concentra azúcares en los tallos; en este período es conveniente restringir los riegos con el propósito de no re-estimular el crecimiento, lo cual afectaría la calidad de la caña. Para obtener una máxima producción de azúcar por unidad de área, es necesario aplicar suficiente agua en el período de rápido crecimiento, restringir los riegos y no aplicar fertilizantes nitrogenados en el período de maduración. (24)

### 3.1.7. Frecuencia y programación del riego

En terminos generales los factores que influyen sobre el momento más oportuno para regar son: factores edáficos, climáticos, épocas de siembra, renovaciones, necesidades de agua del cultivo, disponibilidad de agua a capacidad de la zona radicular para el almacenamiento. (14)

La textura del suelo influye directamente en la frecuencia y lámina de agua por cada aplicación. Los suelos arenosos requieren mayor frecuencia de riego, en cambio los suelos limosos tienen la capacidad de almacenar mayor cantidad de agua, por lo tanto requieren de menor frecuencia pero mayor cantidad de aplicación. (14)

Existen varios métodos para determinar la frecuencia de riego de caña, dichos métodos lo hacen de manera indirecta y se basan en el contenido de humedad del suelo; entre estos métodos tenemos los siguientes: **Evaporímetros clase A:** Ultimamente, para resolver los problemas de necesidades hídricas en caña de azúcar se ha recurrido a un método basado en la integración de los factores climáticos que afectan la evaporación del agua: Los evaporímetros de clase A. (11)

Los evaporímetros clase A, son tanques colocados a la intemperie con el fin de que sean afectados por los mismos factores climáticos que al cultivo, con lo cual se logra establecer el consumo de agua por períodos en función de datos de evaporación, los cuales correlacionados con un factor K del cultivo, proporcionan valores de evapotranspiración; mediante la aplicación de la ecuación: (11)

$$E_t = K \cdot E_v \quad \text{ó} \quad E_t/E_v = K$$

Donde:

$E_t$  = Evapotranspiración real (mm)

$E_v$  = Evaporación en el tanque A (mm)

$K$  = Coeficiente intrínseco del tanque, del cultivo y de la humedad del suelo.

Se han establecido para la caña de azúcar los valores de K de cultivo (FAO, 1979) que se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Coeficientes de cultivo (Kc) de acuerdo al estado de crecimiento vegetativo de la Caña de azúcar.

ETAPA	EDAD (MESES)	Kc
Establecimiento	00 - 1 mes	0.55
Desarrollo Vegetativo	1.0 - 2.0	0.80
	2.0 - 2.5	0.90
	2.5 - 4.0	1.00
	4.0 - 10	1.15
Maduración	10 - 12	de 1.15 decrece a 0

Fuente: FAO, 1979

**Tensiometros:** Son aparatos que miden la tensión (succión) con que el suelo retiene el agua. Básicamente constan de una cápsula de cerámica porosa conectada a un tubo de plástico o metal lleno de agua, y un manómetro graduado para indicar el valor del vacío creado en el tubo cuando el agua sale hacia el suelo a través de la cápsula porosa. Su máxima operación es de 0.85 atmósferas y opera muy bien en suelos con bajas tensiones como son los suelos arenosos o francos. (10)

### 3.1.8. Evapotranspiración, disponibilidad de agua y frecuencia de riego

**3.1.8.A. Evapotranspiración:** La evapotranspiración, no es más que el gasto de agua en el suelo, debida a la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas. La transpiración está causada por un gradiente de presión entre las hojas y la atmósfera que las rodea, más que por el crecimiento de los vegetales. (11)

**3.1.8.B. Uso-consumo o uso consuntivo:** Se define como "La cantidad de agua utilizada por los cultivos para la formación de tejidos más la cantidad que se pierde por las hojas para ser reintegrada a la atmósfera.(11)

A dicha cantidad de agua, utilizada por las plantas en cantidades variadas, dependiendo de su requerimiento en sus diferentes etapas de desarrollo, se le conoce como coeficiente de uso hídrico coeficiente de uso hídrico (Kc). (11)

**3.1.8.C. Determinación de la evapotranspiración:** Los distintos procesos por los cuales el agua puede ser añadida o eliminada de la zona radicular del suelo están íntimamente relacionados entre si debido a la exigencia física de la conservación de la materia.(17)

La evapotranspiración es el efecto combinado de la evaporación del agua del suelo húmedo y la transpiración por un cultivo en crecimiento activo. Al aplicar el balance de agua, generalmente es necesario hacer suposiciones al menos con respecto a una de las variables. Por ejemplo, en muchas estimaciones de la evapotranspiración en zonas regables se supone despreciable el termino drenaje. Es importante no pasar por alto estas suposiciones particulares al transferir métodos de un campo de investigación a otro. (17)

**3.1.8.D. Evapotranspiración del cultivo de referencia:** Es la evaporación del suelo cubierto con un cultivo en crecimiento activo denso con agua disponible en condiciones óptimas bajo las condiciones meteorológicas existentes. Generalmente se toma una pradera como cultivo standard. (17)

**3.1.8.E. Evapotranspiración real:** Es la cantidad real de vapor transferido a la atmósfera, que depende no solo de las condiciones meteorológicas existentes, sino también de las disponibilidades de agua para satisfacer la demanda atmosférica y el tipo de vegetación, de su capacidad para extraer la humedad del suelo.(17)

### **3.1.8.F. Métodos para determinar la evapotranspiración de referencia**

El cálculo de la evapotranspiración potencial puede realizarse basado en varias consideraciones y en tal sentido pueden mencionarse las siguientes:

#### **3.1.8.F.a. Cálculo de la evapotranspiración de referencia basado en consideraciones energéticas**

Tomando en cuenta el aspecto energético, la medición de la evapotranspiración potencial puede realizarse por: El balance de energía en la superficie del suelo, por la evaporación en una superficie libre y por la evapotranspiración potencial de los cultivos. (17)

#### **3.1.8.F.b. Cálculo de la evapotranspiración de referencia basado en relaciones empíricas**

Toman en cuenta la temperatura, la radiación solar y la longitud del día. En estas están las ecuaciones de Penman, de Blaney y Criddle (17)

### **3.1.9. Fisiología de la caña de azúcar**

#### **3.1.9.A. Germinación de yemas**

La germinación de las yemas es el paso de los órganos primordios, latentes en la yema, al estado activo del crecimiento y desarrollo. Es un conjunto de fenómenos bioquímicos complejos, caracterizados principalmente por las transformaciones de las reservas nutritivas y por la actividad de enzimas y auxinas.(3)

Habiendo buenas condiciones de humedad y de temperatura y buen nivel de nitrógeno, un trozo germina; esto es, sus yemas se desarrollan en un nuevo tallo y sus primordios radiculares, en raíces.(3)

#### **3.1.9.B. La humedad como factor primordial para la germinación:**

La humedad del suelo es de gran importancia en la germinación, especialmente cuando los trozos no están embebidos de agua antes de la siembra.

En la India el contenido óptimo para los 15 cm superficiales del suelo es de 15% y en las Filipinas y Formosa es de 25%. Estos resultados son de experimentos que hoy son más o menos difíciles de interpretar,

en virtud de los conceptos modernos relativos a la distribución y disponibilidad de humedad del suelo.(3)

### **3.1.9.C. Crecimiento de las raíces**

El sistema radicular de la caña esta formado por las raíces desarrolladas del anillo radicular del trozo de la caña, que son raíces del tallo, las cuales se forman como consecuencia de la germinación de las yemas.

Un buen conocimiento del sistema radicular de la caña de azúcar es importante por las siguientes razones:

- Existe una estrecha relación entre la naturaleza del sistema radicular y su adaptabilidad a desarrollarse en determinadas condiciones (suelo seco, suelo húmedo, incidencia de plagas de la raíz, etc.) (3)
- El conocimiento de la distribución del sistema radicular permite orientar mejor la aplicación de los abonos, de los riegos y métodos de cultivo.

El estudio de las raíces auxilia a la hibridación, cuando se desean transmitir caracteres (por ejemplo: raíces profundas para la resistencia a la sequía, etc.).(3)

### **3.1.9.D. Desarrollo del sistema radicular**

El crecimiento del sistema radicular presenta un período de auge del desarrollo. Es lento al principio, cuando las raíces del trozo de caña están activas. Luego aumenta la velocidad de crecimiento, durante el establecimiento de la planta, para después declinar. (3)

A la edad de 2 a 3 meses, el suelo entre las hileras de plantas ya está muy poblado de raíces. Por consiguiente, los cultivos entre surcos no son aconsejables.(3)

### **3.1.9.E. Sistema radicular de las socas**

El sistema radicular de las socas es más superficial que el de la caña-planta, al menos en cuanto a sistema absorbente se refiere. Evans (1934) observó que una semana después del corte, ya el suelo de los entresurcos estaba completamente invadido por las raíces de la soca y se entrelazaban profusamente entre las hileras de plantas. Hasta la profundidad de 15 cm o más, las raíces eran blancas y no tenían pelos absorbentes pero las ramificaciones estaban cubiertas de pelos absorbentes.(3)

### **3.1.9.F. La humedad como factor importante en el crecimiento de las raíces**

Es muy importante para el desarrollo de las raíces en los casos de alta humedad atmosférica, por ejemplo, los tallos enraizan dentro de las vainas produciendo raíces aéreas, que es una característica desfavorable. Las cañas cultivadas en condiciones de riego producen muchas raíces aéreas en la base de los tallos. La mayor cantidad de agua que la caña absorbe a través de los pelos absorbentes. La capacidad de absorción del agua no depende de la masa de raíces, sino de su área de pelos absorbentes y esta depende a su vez de la variedad y de la edad de la planta. El área de absorción aumenta hasta los seis meses de edad, después decrece hasta los 16 meses.

La distribución del sistema radicular es afectada considerablemente por la humedad del suelo. Durante la estación lluviosa las raíces que nacen se desarrollan superficialmente, mientras que en la estación seca se profundizan hasta las capas más húmedas del suelo.

También los pelos absorbentes son afectados por la humedad del suelo. Evans (1939) afirma que en terrenos secos la caña produce un área de pelos absorbentes tres o cuatro veces mayor que en los suelos húmedos. Como la superficie absorbente está grandemente restringida a los pelos radiculares, esto implica un efecto muy marcado de la humedad del suelo sobre el desarrollo de estos órganos.(3)

## **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 un 99%), de fácil corte y desbajado 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.

Es de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha para los meses 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 Kg de azúcar por tonelada de caña y 130 toneladas de caña por hectárea.(5)

### 3.2.2. Ubicación y descripción del área experimental

El presente estudio se efectuó en el Estrato III de la Región Cañera de la Costa Sur de Guatemala, correspondiente a las zonas bajas, en la finca el Jabalí ubicada en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del Departamento de Escuintla. Dicha finca cuenta con un área de 462.12 ha cultivadas de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.). Se localiza a una distancia de 141 Km de la Ciudad Capital a 7 Km de la carretera que conduce de Coteles hacia la Nueva Concepción desviándose por el Km 134 sobre la carretera de terracería.(figura 1)

Sus coordenadas son 14°13'24" de Latitud Norte y 91°10' de Longitud Oeste, a una altura de 70 msnm. La finca limita al Norte con la finca San Miguel Mapan, finca San Antonio y el río Mapan, al Sur con el parcelamiento el Jabalí, al Este con la finca San Ignacio y al Oeste con el parcelamiento el Jabalí. Se encuentra localizada en la división fisiográfica del litoral del pacífico, el cual es considerado con un llano semiplano que limita al Sur con el Océano Pacífico. El clima de la región según el sistema de clasificación climático de Thornthwaite es cálido sin estación fría bien definida, húmedo y con invierno seco.(21)

La finca el Jabalí esta comprendida dentro de la zona de vida "Bosque Muy Húmedo Subtropical Seco". El relieve va desde suavemente ondulado hasta ondulado, en algunos lotes se ha realizado nivelación para facilitar el riego, la topografía varia de ligeramente plana a plana. (21)



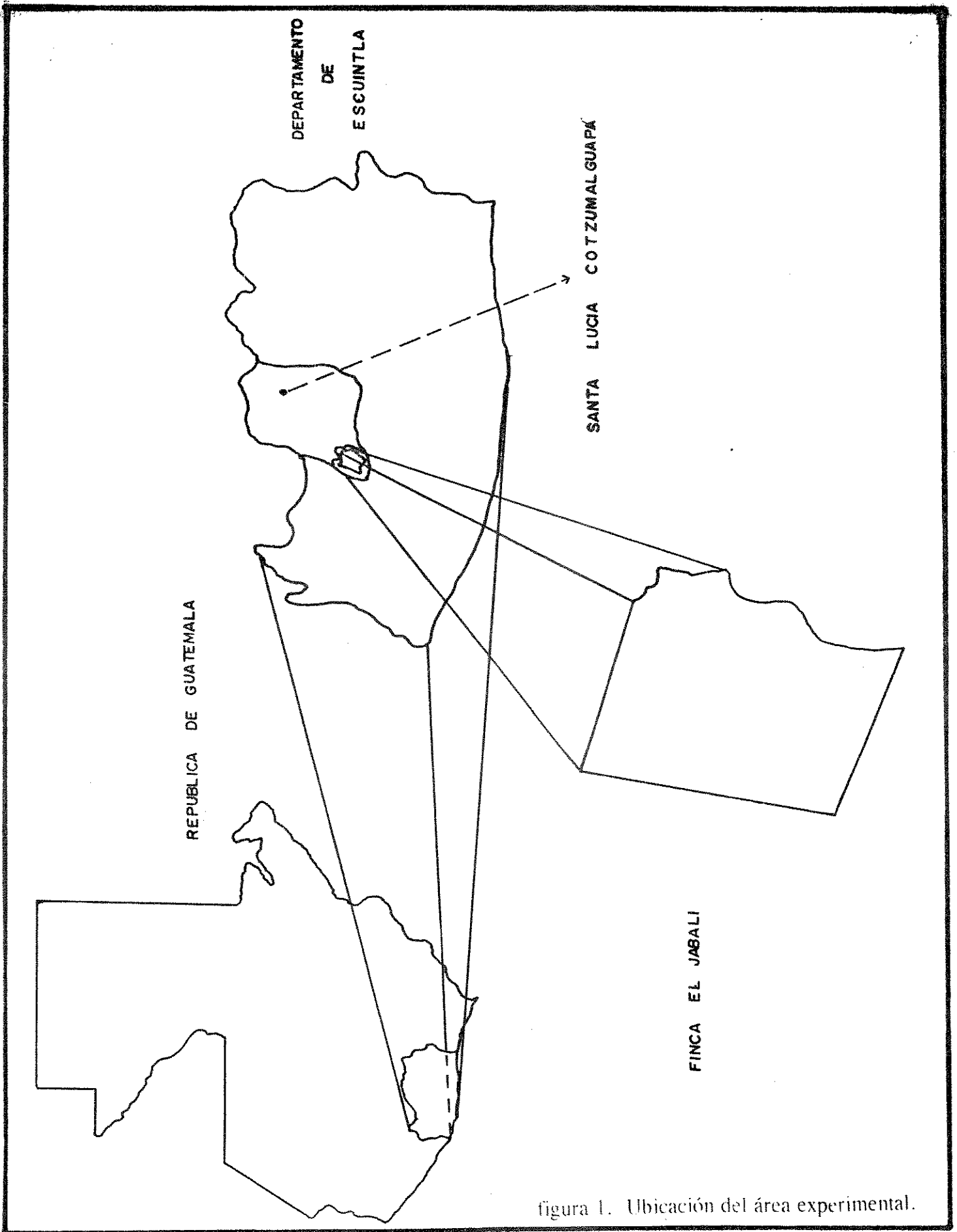


figura 1. Ubicación del área experimental.

Según el estudio semidetallado de suelos realizada por CENGICAÑA, predominan suelos del orden Inceptisol que presentan relieve plano a ligeramente inclinado, desarrollados principalmente sobre materiales arcillosos, mezclados con cenizas volcánicas y fragmentos de roca. Son suelos medianamente evolucionados y presentan horizontes de alteración con estructuras bien desarrolladas que han perdido bases de hierro y aluminio, pero aún retienen ciertos minerales fácilmente alterables lo que los hace tener capacidades medias a altas de intercambio catiónico. Son de textura franca y arcillosa sobre un sub-suelo arcilloso.(7)

El perfil P-107 del estudio efectuado por CENGICAÑA (7) en la finca el Jabalí, se describe detalladamente las características del suelo de la siguiente forma:

Perfil Número:	P-107
Unidad Cartográfica:	Consociación METAPA (ME)
Conjunto:	METAPA
Fecha:	Julio 20 de 1993
Localización Geográfica:	Finca el Jabalí, Ingenio Tierra Buena
Fotografía Aérea:	Vuelo R-2-L-6A
Posición Geomorfológica:	Cuerpo de abanico
Uso Actual:	Caña
Relieve:	Plano
Pendiente:	1-3 %
Nivel Freático:	Muy profundo
Drenajes:	Externo moderado, interno moderado, natural bien drenado.
Profundidad Efectiva:	Muy Profundo
Material Parental:	Arcillas
Regimen de Humedad del Suelo:	Udico

Epipedón:	Umbrico
Endopedón:	Cámbico
Taxomía del Perfil, Subgrupo:	Typic Humitropepts
Familia:	Arcillosa fina

Se registraron precipitaciones anuales de 2054.25 mm , 1792.50 mm, 2148.00 mm, 1971.50 mm, 2,354 mm y 2,438 mm para los años de 1991, 1992, 1993, 1994, 1995 y 1996. Los datos de precipitación mensual para cada año se resumen en el cuadro 45 del apéndice. En la figura 2 se puede observar el comportamiento de la precipitación para los años de 1994 a 1996, donde se puede apreciar un ligero aumento de la precipitación en el año de 1996 año en que se efectuó el estudio.

La temperatura promedio mensual registrada en la finca el Jabalí para el año de 1996, fue de 26.13 °C, con una temperatura máxima de 30.92 °C y una mínima de 21.34 °C. Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro 46 del apéndice y en la figura 2.

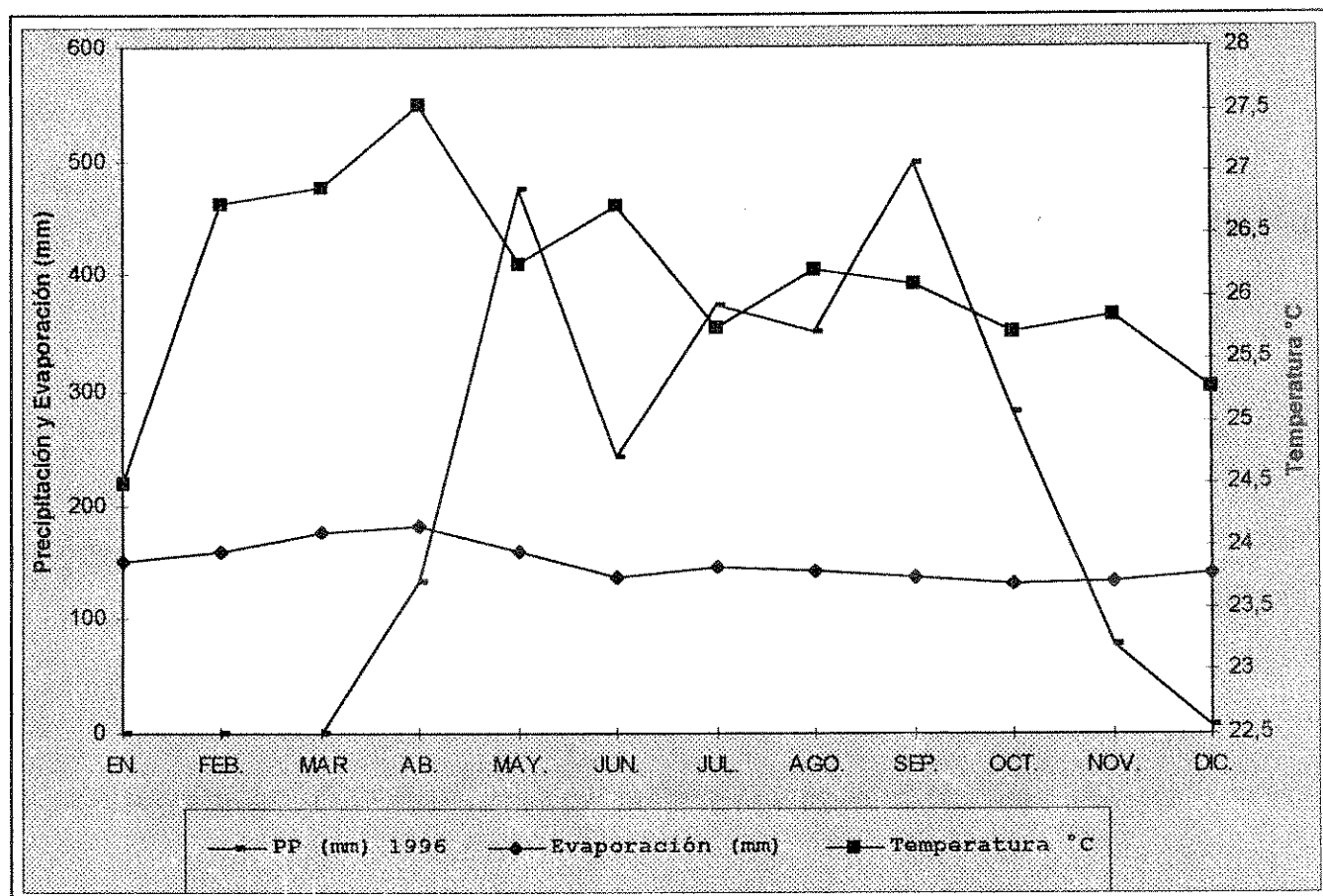


Figura 2. Climadiagrama de los años de 1996 con datos de precipitación y temperatura de la finca el Jabalí y evaporación de registros históricos de la finca Belén.

#### 4. OBJETIVOS

- 4.1. Determinar bajo las condiciones de un suelo arcilloso el efecto de tres láminas de riego sobre el establecimiento-macollamiento y producción de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.).
- 4.2. Determinar las láminas de riego aplicadas y consumidas durante el establecimiento-macollamiento de la caña de azúcar, bajo tres tiempos de riego por turno.
- 4.3. Determinar la calidad de los riegos aplicados, mediante los coeficientes de uniformidad y las uniformidades de distribución en el establecimiento-macollamiento de la caña de azúcar.

#### 5. HIPOTESIS

- 5.1. Con la aplicación de tres diferentes láminas de riego no se obtendrán diferencias en cuanto al establecimiento-macollamiento y producción de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L), bajo las condiciones de suelo arcilloso.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1. Características físicas y químicas del suelo del área experimental

Con el propósito de determinar las características bajo las cuales se desarrollo la presente investigación, se elaboraron cinco calicatas de 1.0 x 1.0 x 1.20 m , representativas del área experimental, tomando una muestra compuesta de cada horizonte para determinar las características físicas y químicas. Las determinaciones físicas del área experimental fueron analizadas, en el laboratorio de suelo y agua Salvador Castillo Orellana de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el laboratorio del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar -CENGICAÑA-, tomando en consideración para el análisis; la Textura, Densidad aparente (Da), características de retención de humedad como; Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchites Permanente (PMP). Los resultados del análisis físico se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características físicas de los suelos de la finca el Jabalí.

HORI	PROP. (Cm)	% ARC.	% LIMO	% ARE.	TEX.	CC	PMP	Da	LAM. APROV	LARA (mm)
A	0-15	41.90	34.41	23.70	ARCILLOSA	31.30	21.33	1.11	16.60	
AB	15-25	53.42	23.06	25.52	ARCILLOSA	31.73	22.84	1.20	10.67	
B	>25	51.75	25.37	22.82	ARCILLOSA	36.81	28.79	1.14	32.00	35.56

Fuente: Laboratorio de suelo y agua, Facultad de Agronomía, Laboratorio de suelo CENGICAÑA.

La lámina de humedad rápidamente aprovechable (LARA) que se reporta corresponde a una profundidad de 60 cm y un umbral de riego del 60%. Se observa que es un suelo con baja retención de humedad.

El análisis químico para cada uno de los horizontes fue realizado en el laboratorio de suelos, del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar -CENGICAÑA-, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 3. Análisis químico de los suelos de la finca el Jabalí.

HOR	PROF. Cm	pH	M.O %	meq/100 g					ppm			
				CIC	Na	Mg	Ca	K	Cu	Fe	Mn	Zn
A	0-15	6.40	4.03	36.47	0.39	0.27	5.77	0.36	5.30	53.00	78.6	3.86
AB	15-25	6.44	4.65	26.52	1.58	0.27	5.64	0.37	6.06	83.95	54.80	3.59
B	> 25	6.66	3.10	22.86	0.95	0.20	5.14	0.36	4.44	54.44	30.40	1.60

Fuente: Laboratorio de suelos, CENGICAÑA.

Como puede verse en el cuadro anterior, el suelo posee una alta capacidad de fertilidad ya que presenta valores de Capacidad de Intercambio Cationico (CIC), arriba del nivel normal (20 meq/100g). El porcentaje de saturación de bases (%SB) promedio para las muestras es de un 25%, valor abajo del nivel normal (80%). El bajo porcentaje de saturación de bases indica que se trata de un suelo que necesita fertilización para suplir las bases en el intercambio catiónico. En cuanto al contenido de materia orgánica de estos suelos se puede decir que se encuentra en el nivel normal (3-5%).

## 6.2. Manejo del cultivo

Las labores tomadas en cuenta para el manejo del cultivo incluyen todas las actividades llevadas a cabo hasta los 95 días después de la siembra, período en el cual se considera al cultivo plenamente establecido e iniciando su etapa de elongación.

La preparación del suelo se efectuó en forma mecanizada, iniciando la misma con el volteo, con el propósito de desintegrar el suelo del cultivo anterior. Seguidamente se procedió al rastreo para mullir el mismo y así, efectuar las labores siguientes en forma eficiente. Posterior al rastreo se procedió al

surqueo a una distancia de 1.5 m entre cada surco.

La primera fertilización se realizó conjuntamente con el surqueo en forma mecanizada, aplicando fertilizante a base de nitrógeno y fósforo (18-46-0), a una dosis de 4.29 qq/hectárea.

La siembra se realizó en cadena doble con traslape, para lo cual se utilizaron esquejes de 60 cm de largo de 5-6 yemas por esqueje, con paquetes de 30 esquejes cada uno, con un peso de 22 libras, utilizando un total de 715 paquetes/ha, equivalentes a 7.85 Toneladas por ha.

El primer control de malezas efectuado fue el control químico en forma preemergente, 3 días después del primer riego, utilizando para ello las siguientes mezclas de herbicidas: Pendimentalin (Prowl), Atrazina (Gesaprim) y Ametrina (Gesapax).

EL segundo control se efectuó en forma mecánica mediante el paso de rastra cultivadora 45 días después de la siembra, eliminando las malezas ubicadas entre los surcos de caña. Posterior a este control se efectuó el control Postemergente, 65 días después de la siembra, aplicando Triazina (Velpar) y 2,4-D+Dicamba (Weed Master) a una dosis de 0.7 libras y 0.7 litros por hectárea respectivamente. Sesenta días después de la siembra se efectuó un arranque manual de caminadora (Rottboellia cochinchinensis), en el área experimental y por último una limpieza manual a los 90 días después de la siembra.

La segunda fertilización se llevó a cabo 45 días después de la siembra, conjuntamente con el paso de la rastra cultivadora en forma mecanizada, aplicando para ello 20-0-20 a una dosis de 4.28 qq por hectárea. Además de la segunda fertilización, se efectuó una aplicación foliar con bomba manual de elementos secundarios y menores, 75 días después de la siembra, a una dosis de 4.29 Lt. por hectárea.



### 6.3. Manejo del experimento

#### 6.3.1. Descripción de los tratamientos

Para la presente investigación se evaluaron tres láminas de riego aplicadas a los 5, 15, 30, 49, 66 y 85 días después de la siembra. Las láminas evaluadas se describen en el cuadro siguiente.

Cuadro 4. Láminas de riego aplicadas en seis riegos experimentales en la finca el Jabalí.

TRATAMIENTO (Lamina de riego)	IDENTIFICACION
Lámina aplicada en 2 horas de riego por aspersión. (32.50 mm/turno)	T 1
Lámina aplicada en 2.5 horas de riego por aspersión. (40.50 mm/turno)	T 2
Lámina aplicada en 3 horas de riego por aspersión. (47.50 mm/turno)	T 3

Debido al tamaño de la unidad experimental no se utilizó un testigo absoluto (sin riego), por lo cual se tomó el tratamiento de tres horas como testigo comercial, que corresponde a la lámina de riego que es aplicada por los equipos de riego en la finca el Jabalí.

Las láminas anteriores se obtuvieron con el sistema funcionando bajo las siguientes condiciones:

- Presión de operación medida de aspersores de 40-45 PSI
- \_Motor Perkins 4236 de 62 Hp., trabajando de 1600-1700 revoluciones por minuto.
- Tubería principal de 6 pulgadas y laterales de 5 pulgadas.
- Aspersores tipo cañon Nelson F-150 con boquillas de 1.18 pulgadas.

La investigación fue realizada durante el establecimiento-macollamiento, considerada según Juárez (1995) aproximadamente hasta los 90 días después de la siembra, en la cual se proporcionaron los seis riegos experimentales. Los riegos se aplicaron como normalmente se efectúan en el área de estudio.

### 6.3.2. Diseño experimental

Debido a las variaciones del suelo se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones y tres tratamientos, y por disponer de unidades experimentales muy grandes se realizaron submuestreos en cada una de ellas. Cada unidad experimental estuvo conformada por el área ubicada entre dos laterales de riego (figura 3A).

Para evaluar altura de plantas y población se tomaron siete submuestras a lo largo de la unidad experimental. El comportamiento de la altura de planta fue evaluado marcando 10 plantas en cada submuestra y la población se estudio en cinco metros lineales de dichas submuestras. Para la variable de producción expresada en toneladas de caña por hectárea se efectuaron 5 submuestreos en cada unidad experimental y para evaluar el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña se efectuaron tres submuestreos. Las submuestras para altura de planta y población presentaron las siguientes dimensiones; un ancho de 5 surcos (12.5 m) por 5 m de largo para un área de submuestreo de 62.50 m<sup>2</sup>. Para la variable producción el área de submuestreo fue de 1875 m<sup>2</sup>.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + B_j + T_i + M_k + E_{ijk}$$

donde:

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

$$j = 1, \dots, 2$$

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta en el k-ésimo cuadro muestra de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

$U$  = Efecto de la media general

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$M_k$  = Efecto del k-ésimo cuadro muestral.

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

$ijk$  = Error de muestreo dentro de i-j-k ésima unidad experimental.

La ubicación de los tratamientos quedo como se indica en la figura 4A.

### **6.3.3. Tamaño de la unidad experimental**

Cada tratamiento quedó definido entre dos laterales de riego. La unidad experimental presentó las siguientes dimensiones:

Largo de parcela: 340 m

Ancho de la unidad experimental: 54 m (36 surcos)

Area de unidad experimental: 1.84 ha

Distancia entre unidades experimentales (borde) : 54 m o área de traslape entre dos laterales de riego con diferente lámina.

Area neta del ensayo: 11.02 ha.

Area total del ensayo: 22.03 ha.

### **6.3.4. Control de riegos experimentales**

#### **6.3.4.A. Medida de las laminas de riego**

A efecto de tener un control de las láminas aplicadas así como de la uniformidad de aplicación en cada riego, fue necesario disponer un cuadrículado de recipientes de 6 x 6 m entre dos laterales que conforman una unidad experimental. Los recipientes se colocaron entre 4 aspersores (dos de cada lateral) para un total de 72 recipientes (Figura 5A.), en los cuales se contabilizó la lámina aplicada. Este procedimiento se efectuó por lo menos una vez a lo largo de una unidad experimental, para cada

una de las láminas aplicadas o tratamientos de riego.

Además, fue necesario realizar mediciones de la presión de trabajo de los aspersores. Se calculó la lámina promedio aplicada en cada tratamiento de la siguiente forma:

$$L_{cp} = \frac{L_{ci}}{N}$$

donde:

$L_{cp}$  = Lámina promedio captada

$L_{ci}$  = Lámina colectada en cada recipiente.

$N$  = Numero de recipientes.

#### 6.3.4.B. Uniformidad del riego

Uno de los parámetros que evalúa la calidad del riego por aspersión es la uniformidad de aplicación de la lámina de riego, para ello se determinaron los índices; coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución.

$$U_d = \frac{\text{Lam. mínima promedio captada en 25\% del Area (Lc min)}}{\text{Lam. promedio captada (Lcp)}}$$

Donde:

$U_d$  = Uniformidad de distribución del agua aplicada

$$C_u = (1.0 - \frac{\sum |X_i|}{L_{cp} * N}) * 100$$

donde:

$C_u$  = Coeficiente de uniformidad

$X_i$  = desviación de los valores captados con respecto a  $L_{cp}$

$N$  = No. de observaciones.

### 6.4. Consumo de agua

#### 6.4.1. Requerimiento o consumo óptimo de agua del cultivo

Para conocer el consumo potencial de agua del cultivo en la zona, se calculó inicialmente la evapotranspiración de referencia ( $E_{To}$ ) para el ciclo de cultivo a partir del 18 de Enero de 1996

(siembra) hasta el 14 de Diciembre (cosecha) y para la etapa de establecimiento-macollamiento (hasta los 84 días después de la siembra), tomando los datos históricos del período de 1986 a 1994 (cuadro 42 del apéndice) de la estación meteorológica Belén, del ingenio la unión, ubicada a 6 Km de la finca el jabalí. Estos registros sirvieron de base para la determinación de la ETo por medio de los métodos indirectos de Penman y Blaney-Criddle. Con el primero de ellos, se calculó la ETo aplicando el modelo Cropwat de la FAO (19), considerando datos de temperatura media, humedad relativa media, velocidad del viento e Insolación. Con el segundo método, se calculó la ETo aplicando la fórmula modificada por la FAO, la cual toma como base la temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa e insolación. Además se determinó la ETo en forma directa tomando el 0.80 de la evaporación del tanque tipo A, según el registro histórico de la estación Belén. El requerimiento o consumo óptimo fue determinado aplicando el modelo Cropwat de la FAO, tomando como base los Coeficientes de desarrollo del cultivo de caña de azúcar (cuadro 48A) y los datos de evapotranspiración de referencia calculados por los métodos indirectos (Penman, Blaney-Criddle) y método directo (método del tanque).

#### **6.4.2. Consumo medido**

Se determinó el consumo en forma directa por medio del balance hídrico. Para la determinación de la lámina de agua consumida se realizaron muestreos de humedad por estratos de 20 centímetros hasta 40 centímetros de profundidad antes y después de cada riego en cada tratamiento (cuadro 41A.), así como de las láminas aplicadas en cada evento de riego. El consumo o evapotranspiración real (Et) entre riegos y el consumo total para la etapa de establecimiento-macollamiento se determinó según la siguiente ecuación de balance hídrico.  $Et = R + Pp + (Si - Sf)/d$

Donde:

R = Lámina de riego recolectada en los recipientes.

Pp = Precipitación efectiva (80% de la precipitación recolectada en el pluviometro)

Si = Lámina almacenada en el suelo previo al riego i.

Sf = Lámina en el suelo previo al riego i + 1.

Et = consumo total para la etapa de establecimiento-macollamiento (período seco) se determinó hasta un día antes del último riego (84 DDS).

d = número de días.

## 6.5. Variables respuesta

### 6.5.1. Población

A partir de los 20 días después de la siembra, se efectuaron lecturas de población en cada submuestra o fracción de surco de 5 m de largo, en las unidades experimentales. Se realizaron muestreos a los 20, 30, 45, 60, 75 y 95 días después de la siembra para evaluar la etapa de establecimiento-macollamiento. Además se hicieron lecturas a los 180 días después de la siembra para evaluar el comportamiento de la población 95 días posteriores a la última aplicación de riego (sexto riego). También se realizó una lectura de población 335 días después de la siembra, previo a la cosecha.

### 6.5.2. Altura de planta

Para las mediciones de altura se marcaron 10 plantas a las cuales se les llevo registro de crecimiento a partir de los 30, 60 y 95 días después de la siembra, evaluando el establecimiento-macollamiento hasta 95 días después de la siembra. Además se efectuaron lecturas de altura de planta a los 180 días después de la siembra y previo a la cosecha (335 días después de la siembra).

### **6.5.3. Producción en toneladas de caña por hectárea**

Para determinar el efecto de los riegos durante el establecimiento-macollamiento sobre la producción de caña por hectárea, se tomaron para el efecto 5 submuestras de dimensiones de 250 m de largo por 7.5 m de ancho (5 surcos, equivalentes a una chorra de corte).

### **6.5.4. Rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña**

Para determinar el rendimiento se efectuó un muestreo previo a la cosecha en tres submuestras de cada unidad experimental, seleccionando al azar 10 tallos, estos fueron analizados en el laboratorio de jugos de CENGICAÑA y, mediante el método de análisis directo se determinó la calidad del jugo (pol %, pureza %, brix %, sacarosa %, y fibra).

### **6.5.5. Porcentaje de azúcar recuperable**

El porcentaje de azúcar recuperable, se cuantificó según las libras de azúcar extraídas por tonelada de caña expresadas en porcentaje.

### **6.5.6. Toneladas de azúcar por hectárea**

Las toneladas de azúcar por hectárea se determinaron mediante el producto entre el porcentaje de azúcar recuperable (%ARE) y las toneladas de caña por hectárea (TCH).

## **6.6. Beneficio neto por tratamiento por hectárea**

El beneficio por hectárea (BH), para cada uno de los tratamientos se determino de la siguiente forma:

$$BH = ((953.4 \times ARE) - CAT) \times TCH - CR$$

Donde:

- BH = Beneficio por hectárea por tratamiento.
- 953.4 = Precio de una tonelada de azúcar en quetzales, según las estadísticas de ASAZGUA (1996)
- ARE = Azúcar recuperable (fracción decimal)
- CAT = Costo del corte, alce y transporte por tonelada de caña. estadísticas de CENGICAÑA (1996), estiman un costo de CAT para la zona de aproximadamente Q 38.00 por tonelada.
- TCH = Toneladas de caña por hectárea.
- CR = Costo del riego por hectárea para cada uno de los tratamientos. El costo según estadísticas del Ingenio Tierra Buena es de Q. 274.51 para el tratamiento de tres horas de riego, Q. 228.76 para el tratamiento de 2.5 horas de riego y para el tratamiento de 2 horas de riego un costo de Q. 183.01 por hectárea regada. (Cuadro 47A)

### 6.7. Análisis de resultados

Para cada una de las variables respuestas se elaboró un cuadro de resultados organizados, los cuales fueron interpretados por un análisis de varianza al 5%, para determinar si estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos. El efecto de las láminas en el establecimiento-macollamiento de la caña de azúcar fue evaluado en población y crecimiento hasta los 95 días después de la siembra, efectuando el análisis de varianza respectivo para seis lecturas de la variable población y tres lecturas para la variable altura de planta. También se efectuó el análisis de varianza respectivo para las lecturas de población y altura de planta tomadas a los 180 y 335 días después de la siembra, y debido a que no existieron diferencias significativas en todas las lecturas de estas dos variables, no se efectuó ninguna comparación de medias.

El mismo análisis se efectuó para las variables producción (ton. de caña/ha) y rendimiento (libras de azúcar/ton de caña y ton. de azúcar/ha) para determinar la influencia de los riegos sobre las mismas.



## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación, para lo cual inicialmente se describen los resultados obtenidos en cuanto a los riegos experimentales, determinando las láminas aplicadas, evaluando en cada riego la uniformidad de aplicación.

Además, se presentan resultados del consumo de agua, determinadas mediante el balance hídrico. Posteriormente se describen las variables respuesta tomadas para evaluar el efecto de los tratamientos.

### 7.1. Riegos experimentales:

Para la presente investigación se aplicaron un total de 6 riegos experimentales, realizandos a los 5, 15, 30, 49, 66, y 85 días después de la siembra. Los datos de láminas aplicadas en cada uno de los riegos experimentales, así como, su coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución y eficiencia de aplicación se resumen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Registro de láminas de riego en mm, aplicadas en cada tratamiento en la finca el Jabalí.

TRATAMIENTO	No RIEGO	FECHA	PRESION (PSI)	LAMINA PROM. CAPTADA (mm)	CU (%)	Ud (%)
T1 2 HORAS	PRIMERO	23/01/1996	40	33.58	66.15	63.25
	SEGUNDO	02/02/1996	43	31.30	61.10	61.15
	TERCERO	17/02/1996	40	30.29	69.29	63.87
	CUARTO	07/03/1996	45	29.66	68.54	65.25
	QUINTO	24/03/1996	43	34.36	73.38	54.83
	SEXTO	12/04/1996	40	35.91	65.28	60.85
	PROMEDIO			42	32.50	69.07
T2 2.5 HORAS	PRIMERO	23/01/1996	43	40.82	72.15	65.58
	SEGUNDO	02/02/1996	40	38.49	58.73	58.08
	TERCERO	17/02/1996	45	39.35	62.38	60.36
	CUARTO	07/03/1996	40	38.22	68.35	61.25
	QUINTO	24/03/1996	40	42.95	76.15	65.65
	SEXTO	12/04/1996	40	43.28	66.36	60.35
	PROMEDIO			41	40.50	70.11
T3 3 HORAS	PRIMERO	24/01/1996	45	47.70	68.53	57.07
	SEGUNDO	03/02/1996	40	45.68	76.15	62.90
	TERCERO	18/02/1996	43	46.17	66.36	60.53
	CUARTO	08/03/1996	42	45.87	70.50	63.50
	QUINTO	25/03/1996	40	49.15	64.50	61.28
	SEXTO	13/04/1996	43	50.25	62.15	58.33
	PROMEDIO			42	47.50	65.72

Como puede observarse en el cuadro 5 la variación de las láminas aplicadas en los tratamientos de riego fue de 8.00 y 7.00 mm, con una variación en el tiempo de riego de media hora entre cada tratamiento. El coeficiente de uniformidad fue evaluado en los seis riegos efectuados y en los tres tratamientos, determinándose un valor promedio de 68.30%, valor considerado bajo (>80%).

En el cuadro 6, se resumen las presiones, coeficientes de uniformidad y uniformidades de distribución promedios en cada uno de los riegos aplicados. Estos valores fueron obtenidos con el sistema funcionando con una presión en la salida de los aspersores de 40-45 PSI, distanciamiento entre aspersores de 45 metros y 54 metros entre laterales, para un diámetro de mojado de 72 metros.

Cuadro 6. Presiones, Coeficientes de Uniformidad (Cu) y Uniformidades de Distribución (UD) promedios en cada uno de los riegos aplicados en la finca el Jabalí.

No. Riego	Presión (PSI)	Cu (%)	UD (%)	Lamina de riego (mm)		
1	42.67	68.94	61.95	33.58	40.82	47.70
2	41.00	65.35	60.71	31.30	38.49	45.68
3	42.67	66.01	61.59	30.29	39.35	46.17
4	42.33	69.13	63.33	29.66	38.22	45.87
5	41.00	70.01	60.59	34.36	42.95	49.15
6	41.00	65.75	59.84	35.91	43.28	50.25
PROMEDIO GENERAL				32.50 (mm)	40.50(mm)	47.50 (mm)

Los coeficientes de uniformidad variaron en un rango promedio de 65.35% en el segundo riego a un 70.01% en el quinto riego, valores considerados bajos (menor del recomendado 80%). En tal sentido, el coeficiente de uniformidad podrá aumentarse disminuyendo la separación entre laterales a 45 m (5 tubos). Con este ajuste podrá disminuirse el tiempo de riego/turno, además de mejorar la uniformidad de aplicación, aspecto básico para una buena germinación y establecimiento del cultivo. La uniformidad de distribución de la lámina aplicada osciló de un 59.84% a 63.33%, valores que se clasifican como bajos, por lo que la lámina

de riego se distribuyó de forma no conveniente, pudiendo afectar la uniformidad de la germinación de la semilla y posterior desarrollo del cultivo.

## 7.2. Control de láminas

Durante la ejecución de la presente investigación se llevo un registro detallado de los riegos, principalmente de las láminas aplicadas en cada una de las unidades experimentales. Para las determinaciones de la lámina promedio captada se efectuó un muestreo a lo largo de la unidad experimental.

Un resumen de las láminas de riego y lámina total (riego mas precipitación) recibidas por tratamiento se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 7. Resumen sobre control de láminas de riego aplicadas y lámina total recibida por tratamiento en mm hasta los 85 días después de la siembra

TRAT.	EDAD (DDS)	No. RIEGOS	LAM. CAPTADA PROMEDIO/RIEGO	LAM. RIEGO TOTAL (mm)	LAMINA TOTAL (mm)	LAM. TOTAL/EV
T1	45	3	31.72	95.16	217.00	0.48
	0-85	6	32.50	195.00		
T2	45	3	39.55	118.65	265.00	0.59
	0-85	6	40.50	243.00		
T3	45	3	46.52	139.56	307.00	0.68
	0-85	6	47.50	285.00		

DDS=días después de la siembra. Lam. = Lámina Ev= Lámina evaporada.

Del cuadro anterior se calcula una diferencia de 48.00 mm en la lámina de riego total aplicada al tratamiento de 2.5 horas en relación al tratamiento de 2.0 horas y, una diferencia de 90.00 mm entre los tratamientos de 2.0 y 3.0 horas, diferencias que traducidas en costos de riego resultan considerables.

La lámina total recibida por el cultivo está afectada por una precipitación efectiva de 22 mm caída entre el quinto y sexto riego.

Para la determinación de la relación entre la lámina total y la lámina total evaporada en los tres tratamientos, se tomaron los datos de evaporación del tanque tipo A de la finca Belén (cuadro 42A) por poseer condiciones climáticas similares a la de la finca el Jabalí.

### 7.3. Evapotranspiración o lámina consumida

#### 7.3.1. Requerimiento o consumo óptimo de agua por el cultivo

El requerimiento o consumo potencial de agua por el cultivo fue determinado por el producto entre la evapotranspiración de referencia y los valores de coeficientes de desarrollo del cultivo ( $K_c$ ), según la FAO (cuadro 48A). Para la determinación de los valores de evapotranspiración de referencia como se mencionó anteriormente se utilizaron datos históricos de la estación meteorológica Belén. Los valores de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) calculados con tres métodos se resumen en el cuadro 8.

Cuadro 8. Evapotranspiración de referencia en mm/día, según datos meteorológicos de la estación Belén del período de 1986 a 1994.

MESES	METODOS UTILIZADOS		
	PENMAN	METODO DEL TANQUE	BLANEY-CRIDDLE
ENERO	3.39	3.87	3.2
FEBRERO	4.19	4.37	3.9
MARZO	4.64	4.70	3.7
ABRIL	4.71	4.66	3.8
MAYO	4.38	4.10	3.5
JUNIO	3.96	3.61	3.4
JULIO	4.24	3.72	3.7
AGOSTO	4.73	3.74	3.6
SEPTIEMBRE	4.19	3.62	3.0
OCTUBRE	4.02	3.34	3.3
NOVIEMBRE	3.55	3.54	3.3
DICIEMBRE	3.27	3.58	3.0
TOTAL	1480.08	1425.02	1259.25

Como puede verse en el cuadro anterior y en la figura 6, el método directo del tanque proporciona valores de evapotranspiración de referencia promedio entre los métodos indirectos (Penman y Blaney-cridle).

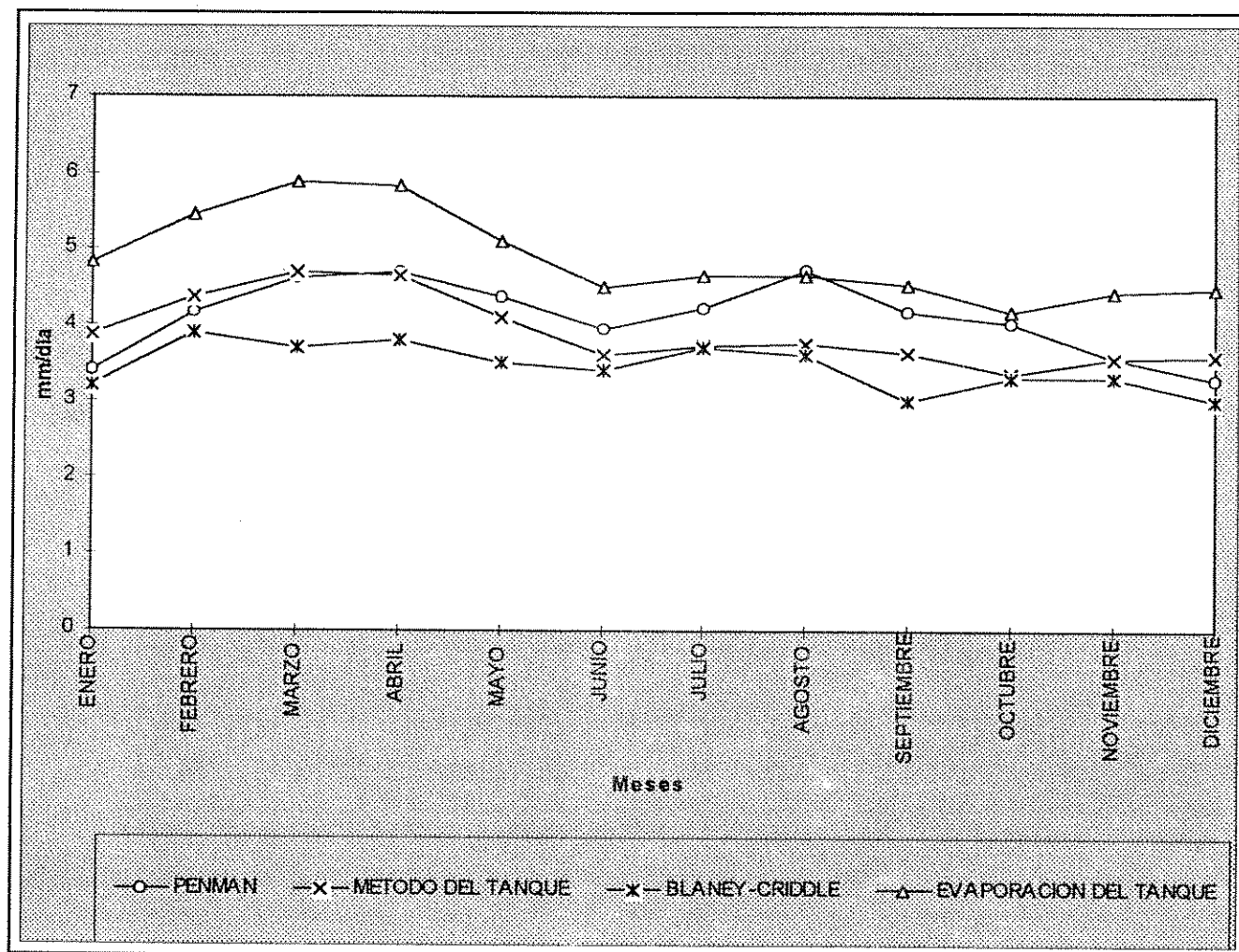


Figura 6. Comportamiento de la Evapotranspiración de referencia y la evaporación del tanque tipo A.

El consumo óptimo ( $E_{To} * K_c$ ), en los momentos de aplicación de los riegos según los registros históricos de la finca Belén, así como las láminas aplicadas se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Consumo potencial desde el momento de la siembra hasta 84 días después de la siembra en la finca el Jabalí.

Intervalo de Riego	Lámina neta total recibida por el cultivo (mm)			Requerimiento o consumo potencial					
				Penman		Tanque		Blaney-Criddle	
	T1	T2	T3	mm/día	Total	mm/día	Total	mm/día	Total
0-5	00.00	00.00	0.00	1.45	7.25	1.56	7.80	1.33	6.65
5-15	33.58	40.82	47.70	1.45	14.50	1.56	15.60	1.33	13.30
15-30	31.30	38.49	45.68	1.78	26.70	1.87	28.05	1.62	24.30
30-49	30.29	39.35	46.17	2.17	41.14	2.25	42.95	1.89	35.91
49-66	29.66	38.22	45.87	3.33	56.61	3.39	57.63	2.68	45.56
66-84	56.36*	64.95*	71.25*	3.70	66.51	3.74	67.32	2.98	53.60
Subtotal	181.19	221.83	256.67		212.71		219.15		179.36
Ciclo Total	1130.40	1151.60	1176.50		1220.00		1121.4		1050.40

\*La lámina aplicada entre los 66 y 84 días después de la siembra esta afectada por 22 mm de precipitación efectiva (0.80 de la pp) caídos a los 82 días después de la siembra. Como puede observarse en el cuadro anterior la lámina de dos horas de riego por aspersion, aplicada hasta los 30 días después de la siembra fué superior a los requerimientos del cultivo incrementando la humedad residual del suelo. Y de los 49 a los 66 días después de la siembra la lámina de 2.5 horas suple los requerimientos del cultivo. Además se puede observar que para la edad de 66-84 días después de la siembra la lámina que suple los requerimientos es la lámina de 3 horas de riego por aspersion.

### 7.3.2. Consumo medido

Mediante el monitoreo de la humedad del suelo en el estrato de 0-40 centímetros antes y después de cada riego (cuadro 43A), y por medio del control de las láminas de riego aplicadas en cada uno de los

tratamientos durante los seis riegos experimentales, se determinó el consumo diario en forma directa en cada tratamiento por medio 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, láminas de precipitación y la lámina existente en el suelo resultado de la diferencia entre la lámina antes del período y la lámina al final del mismo (cambio de la reserva de agua del suelo).

Aplicando la ecuación del balance hídrico mencionado anteriormente, se determinó el nivel de evapotranspiración o consumo entre dos riegos y la total hasta antes del sexto riego, para cada tratamiento. Los valores obtenidos se presentan en siguiente cuadro.

Cuadro 10. Evapotranspiración o consumo total medido y en mm/día entre cada riego hasta 84 días después de la siembra en la finca el Jabalí.

T	04-14 DDS			14-29 DDS			29-48 DDS			48-65 DDS			65-84 DDS			Tot. (mm)	K
	mm/día	Tot	K	mm/día	Tot	K	mm/día	Tot	K	mm/día	Tot	K	mm/día	Tot	K		
1	0.81	8.07	0.16	2.16	32.40	0.40	1.65	28.08	0.29	1.36	23.12	0.23	2.39	45.41	0.41	137.08	0.31
2	0.75	7.50	0.15	2.11	31.65	0.39	2.36	40.12	0.42	1.82	30.94	0.31	3.46	65.74	0.59	175.95	0.39
3	0.77	7.70	0.16	3.31	49.65	0.61	2.92	49.64	0.52	2.25	38.25	0.58	3.98	75.62	0.60	220.86	0.49

Tal como se observa en el cuadro anterior, los consumos de agua por día y totales fueron mayores en el tratamiento de 3 horas, siendo el tratamiento de 2 horas el de menor consumo o nivel de evapotranspiración, debido al menor contenido de humedad.

El valor de K fue determinado mediante la relación entre consumo y evaporación en mm hasta los 84 días después de la siembra (451.15 mm), tomando para ello registros históricos de evaporación del tanque de la estación Belén del período de 1986-1994 (cuadro 44A).

Comparando el consumo medido durante el establecimiento-macollamiento, se observa que el consumo del tratamiento 3 (220.86 mm) es de la misma magnitud que el calculado por el método del tanque (219.15mm).

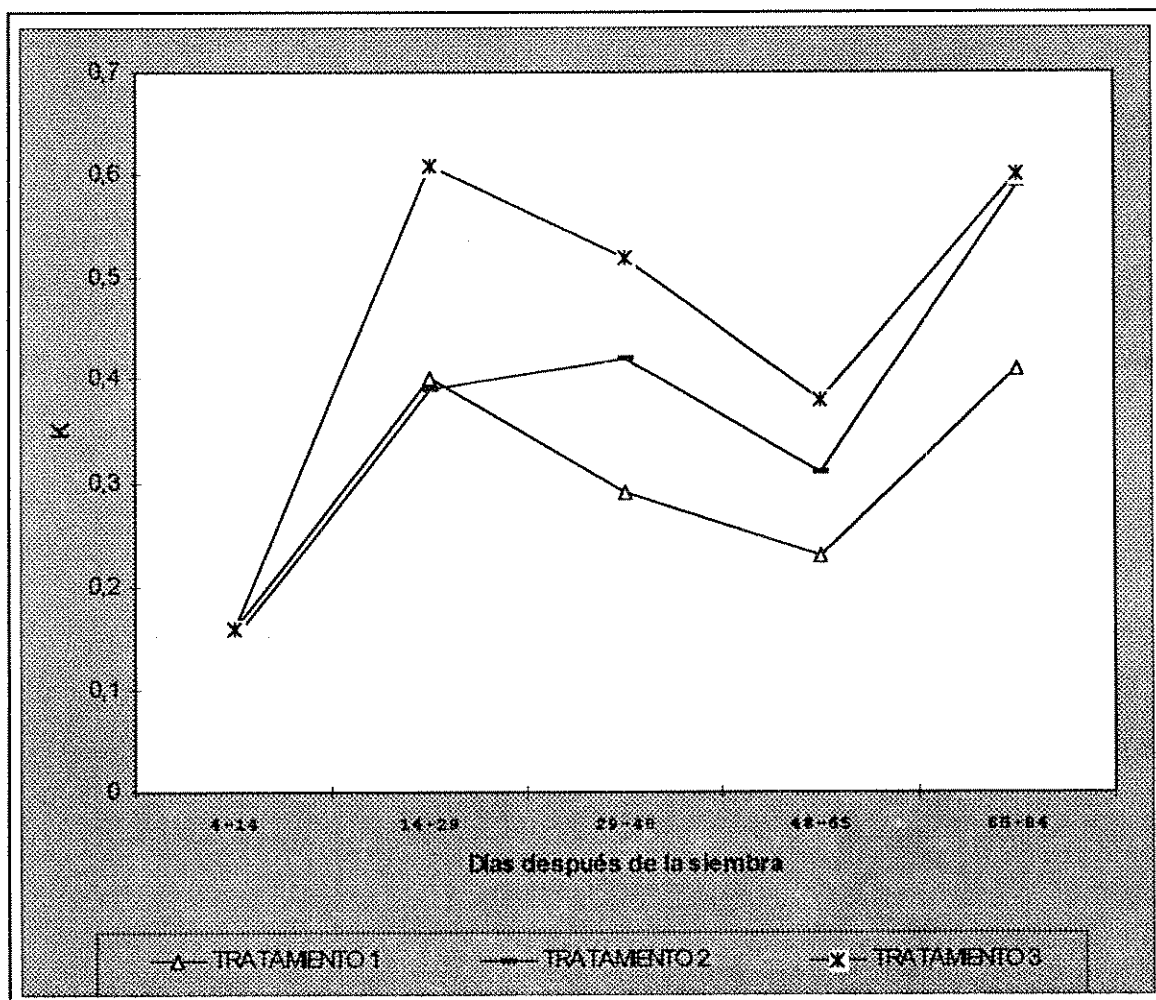


Figura 7. Valores de K entre cada uno de los riegos experimentales hasta los 84 días después de la siembra en la finca el Jabalí.

Como puede verse en la figura 7 el menor consumo se da entre el primer y segundo riego del tratamiento de 2.5 horas, ya que el cultivo consumió el 15% de la evaporación medida en el tanque, y el consumo máximo ocurrió entre el segundo y tercer riego del tratamiento de 3.0 horas de riego.



En la figura 8 también se puede observar que el tratamiento 3 presentó el mayor consumo en mm/día ya que entre el quinto y sexto riego consumió 3.98 mm/día para un total durante este periodo de 75.62 mm

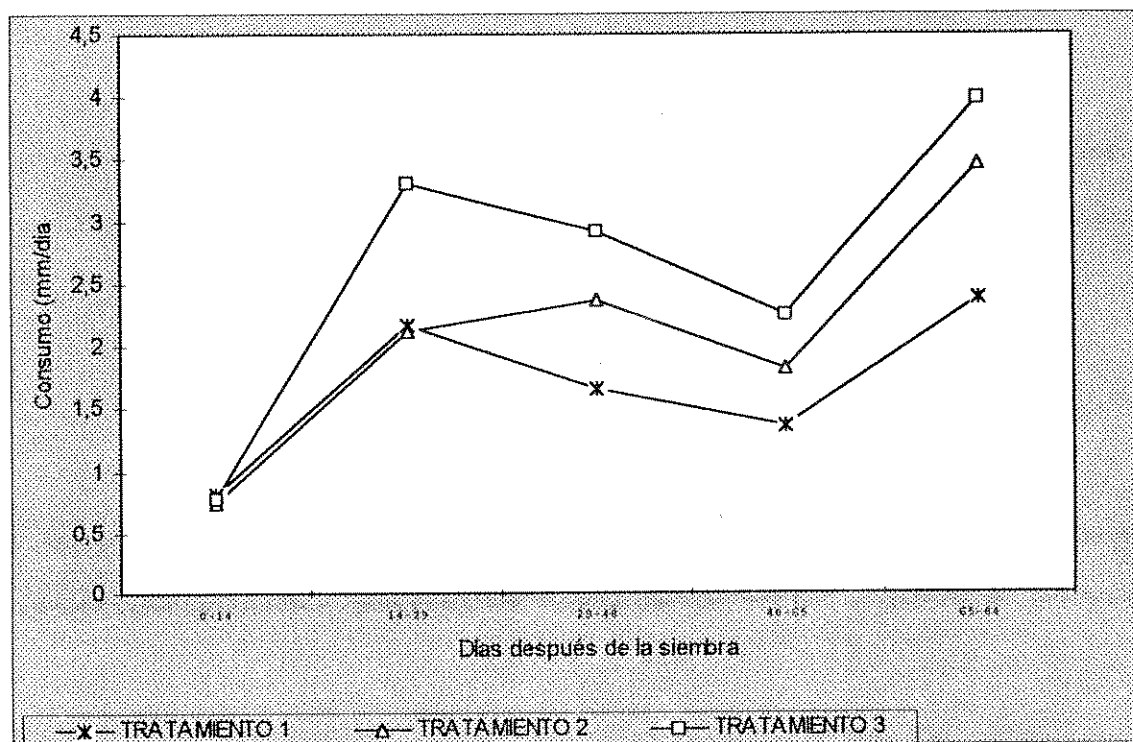


Figura 8. Lámina consumida en mm/día entre cada riego.

Se observa que en los primeros 85 días de edad los niveles de Et oscilan de 1.77 a 4 mm/día en el tratamiento de 3 horas, mientras que en el tratamiento de 2 horas los niveles de Et oscilarán de 0.81 a 2.39 mm/día, sin afectar el crecimiento.

#### 7.4. Profundidad de humedecimiento en cada tratamiento

Para determinar la profundidad de mojado después de cada riego se efectuaron muestreos en cada una de las unidades experimentales por medio de barrenamientos. En cada muestreo se hicieron cinco

observaciones por unidad experimental en cada riego, las profundidades obtenidas se resumen en el cuadro 11.

Cuadro 11. Profundidad promedio de humedecimiento en centímetros después de los riegos durante el establecimiento-macollamiento, en la finca el Jabalí.

HORAS DE RIEGO	ORDEN DE RIEGO						PROM.
	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	SEXTO	
2.0	35	45	47	42	40	45	42.33
2.5	40	55	56	45	45	56	49.50
3.0	45	62	63	51	55	61	56.17

Los valores corresponden al promedio obtenido en cinco submuestreos en cada una de las unidades experimentales en seis riegos experimentales para un total de sesenta observaciones por unidad experimental determinando promedios generales durante el período de estudio de 42.33 cm de humedecimiento para la lámina de riego aplicada durante 2 horas, 49.50 cm de humedecimiento para la lámina aplicada en un tiempo de riego de 2.5 horas y 56.17 cm de humedecimiento para la lámina de riego de 3 horas.

### 7.5. Variables respuesta

Las variables de respuesta evaluadas para analizar el efecto de los tratamientos fueron población, altura de planta en diferentes edades, así como rendimiento y producción.

#### 7.5.1. Población

Para la variable población se tomó en consideración el número de plantas existentes en 5 metros lineales de cada submuestra y cada bloque respectivo. Se tomaron en cuenta 6 lecturas de población para evaluar el establecimiento-macollamiento. Además se consideraron lecturas de población a los 180 y 335 días después de la siembra, esta última lectura previo a la cosecha. Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 12. Registros de población en 5 metros lineales durante el establecimiento- macollamiento en la finca el Jabalí.

HORAS DE RIEGO	REGISTROS DE POBLACION EN 5 m.							
	Establecimiento-macollamiento						6 meses	pre-cosecha
	20 dds	30 dds	45 dds	60 dds	75 dds	95 dds	180 dds	335 dds
2.0	11	18	41	86	128	166	174	78
2.5	11	20	45	89	133	168	171	75
3.0	12	21	42	84	133	167	173	80
SIGNIF.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	30.90	26.98	12.51	17.29	10.37	5.79	10.82	9.78

n.s. =Diferencias no significativas C.V(%)=Coeficiente de variabilidad. dds=Días después de la sembra

Como puede observarse en el cuadro 12 y figura 9, se percibe una ligera variación de los datos referentes al número de plantas en 5 metros lineales, tomados en cada una de las submuestras . Sin embargo, no se presentron diferencias significativas en las seis lecturas efectuadas para evaluar la etapa de establecimiento-macollamiento. Además en las dos lecturas efectuadas posterior a la etapa de estudio no se presentron diferencias significativa para dichas variables. En la última lectura se presenta un descenso de la población debido a la competencia por espacio, nutrientes y agua.

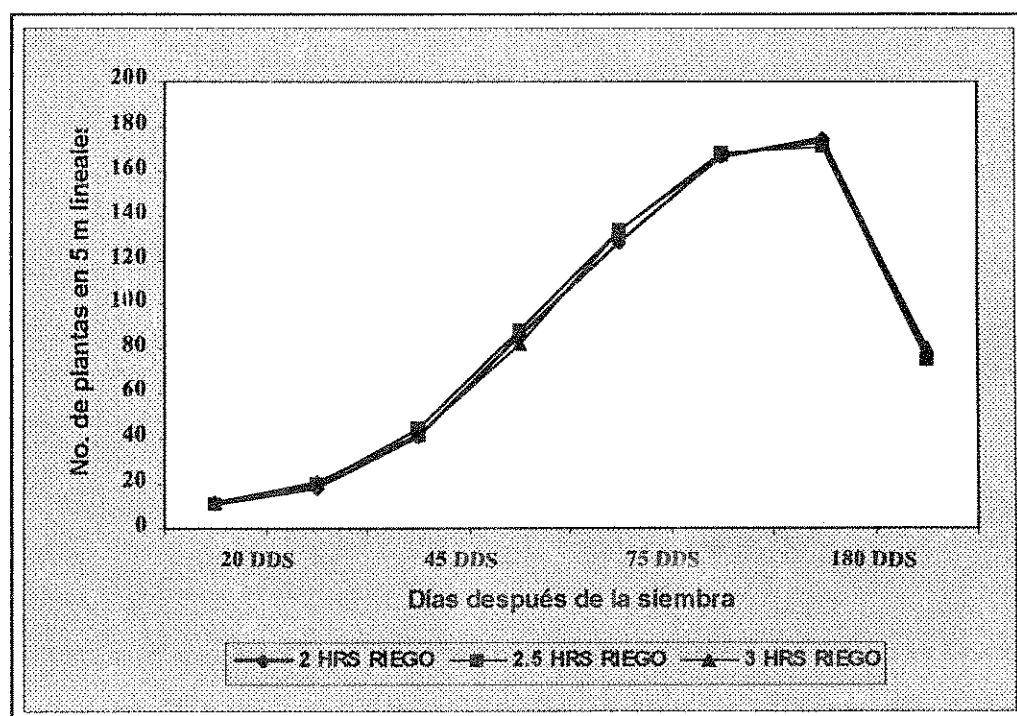


Figura 9. Comportamiento de la población durante el ciclo del cultivo en la finca el Jabalí.

En la figura 10 se presenta la tasa de crecimiento poblacional, en donde se puede observar claramente que el mayor incremento en población se presenta de los 45 a los 95 días después de la siembra, donde el cultivo se encuentra en pleno amacollamiento. Posteriormente la población se estabiliza y como puede observarse, la tasa de incremento poblacional se reduce considerablemente de los 180 a los 335 días después de la siembra.

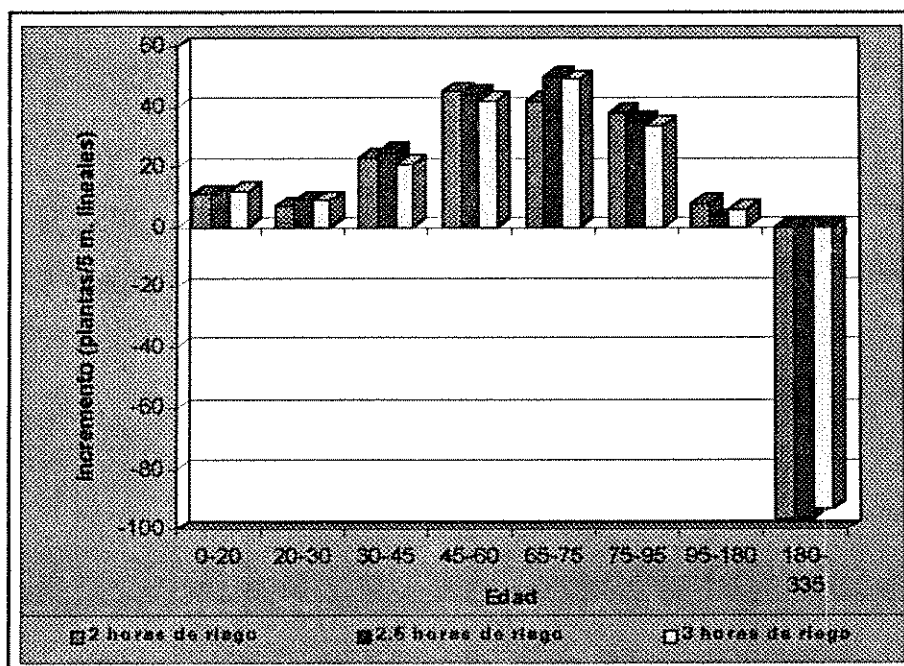


Figura 10. Tasa de incremento poblacional para el ciclo del cultivo.

### 7.5.2. Altura de planta

La altura de planta fue considerada hasta la última lígula visible de 10 plantas marcadas en cada submuestra, tomando 3 lecturas de altura de planta para evaluar la etapa de establecimiento-macollamiento a los 30, 60 y 95 días después de la siembra. Además se consideraron lecturas a los 180 y 335 días después de la siembra.

Como puede observarse en el cuadro 13 y figura 11, las variaciones entre tratamientos son mínimas, estos resultados se confirman mediante el análisis de varianza efectuado para dicha variable tomando en consideración los resultados de las lecturas en cada una de las submuestras, en cada bloque, en el cual se indica que para la variable altura de planta las tres láminas de riego tienen el mismo efecto, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confiabilidad. Igual comportamiento puede apreciarse para las lecturas tomadas a los 180 y 335 días después de la siembra.

Cuadro 13. Registros de altura de planta durante el establecimiento-macollamiento del cultivo en la finca el Jabalí.

HORAS DE RIEGO	ALTURA DE PLANTA (Cm)				
	ESTABLECIMIENTO-MACOLLAMIENTO			6 MESES	PRE-COSECHA
	30 DDS	60 DDS	95 DDS	180 DDS	335 DDS
2.0	10.12	25.70	34.37	206.82	330.00
2.5	9.94	26.11	34.35	220.35	340.00
3.0	9.89	25.70	33.67	210.81	320.00
SIGNIF.	ns	ns	n.s	ns	ns
C.V. (%)	14.71	15.06	10.91	18.32	6.75

ns = Diferencias no significativas DDS = días después de la siembra C.V. = Coef. de var.

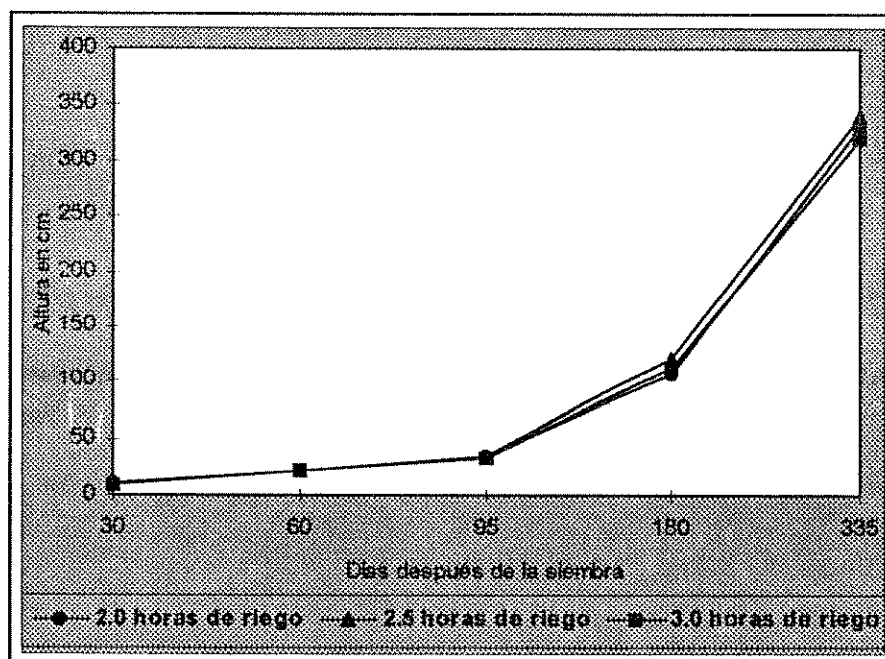


Figura 11. Comportamiento de la altura de planta durante el ciclo del cultivo.

En la figura 11, se presenta la tasa de incremento longitudinal a diferentes edades, en la que puede apreciarse un incremento mínimo hasta los 95 días después de la siembra, debido a que el cultivo se encontraba amacollando. De los 95 a los 180 días después de la siembra, se puede observar la mayor tasa de incremento longitudinal diario, debido a su etapa de rápido crecimiento iniciada posterior al amacollamiento.

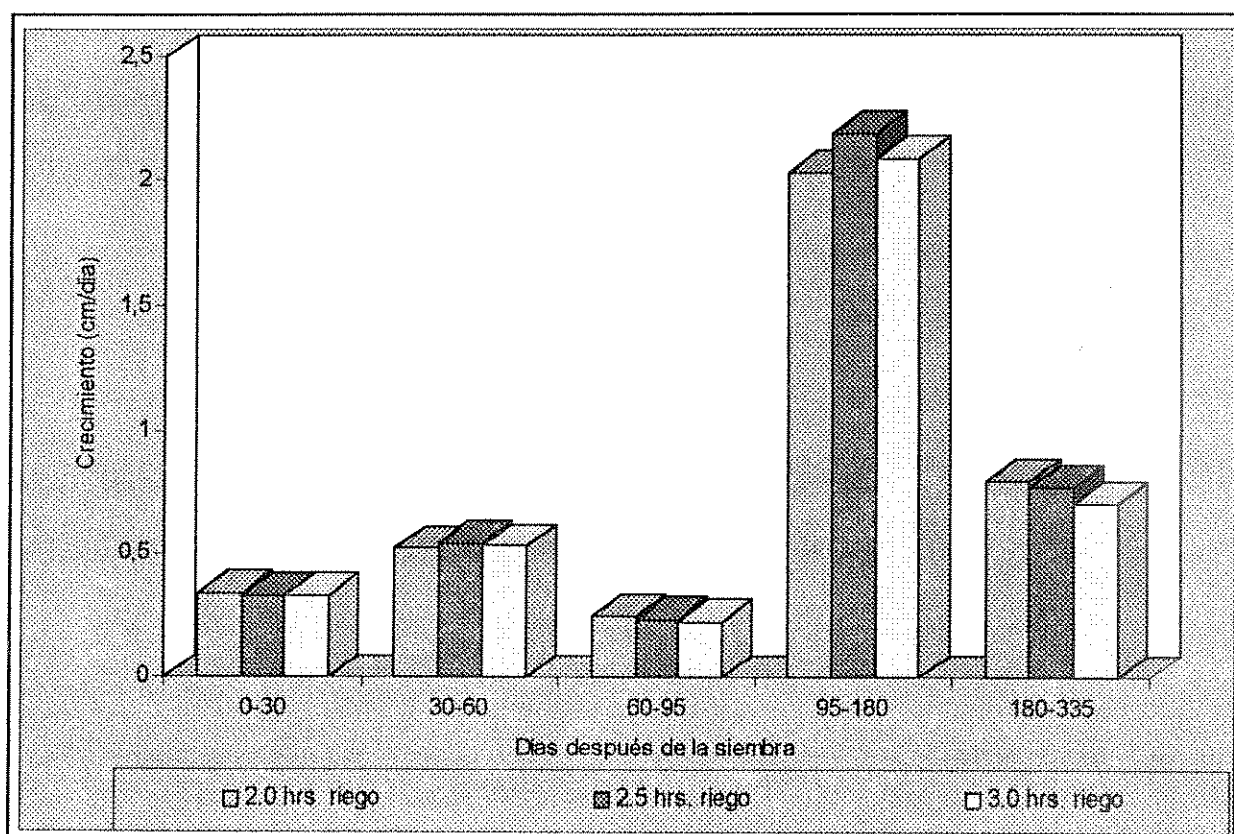


Figura 12. Tasa de incremento longitudinal durante el ciclo del cultivo.

### 7.5.3. Producción

Para evaluar el efecto de las tres láminas durante el establecimiento - macollamiento, sobre la producción, se tomaron en consideración las toneladas de caña por hectárea producidas por cada uno de los tratamientos. Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro 14. En el cual se puede ver que la producción no fue afectada por los tratamientos de riego. Sin embargo, en el tratamiento de 2.5 horas de riego/turno, equivalente a la aplicación de 243 mm de riego total, presento los mayores tonelajes y producciones de azúcar, por lo que aplicaciones de agua mayores que la misma no presentaron efecto sobre la producción de caña y azúcar.

CUADRO 14. Producción en toneladas de caña por hectárea para cada tratamiento

HORAS DE RIEGO	REP.	SUMUESTRAS (TON/HA)					PROM./ BLOQUE	PROM./ TRAT.
		A	B	C	D	E		
2.0	I	123.42	129.85	120.18	107.13	101.70	116.46	114.82
	II	115.22	100.87	129.22	120.52	100.04	113.17	
2.5	I	127.74	131.43	133.91	128.47	84.67	121.24	125.16
	II	154.13	100.93	146.47	99.27	144.60	129.08	
3.0	I	105.75	120.79	140.88	125.00	97.22	117.93	119.74
	II	129.26	137.61	114.52	102.43	123.87	121.54	
SIGNIF.	NS (NO SIGNIFICANCIA)							
C.V.(%)	14.87%							

#### 7.5.3.A. PRODUCCION RELATIVA

La producción relativa se determinó de acuerdo a la relación entre la producción mayor y las producciones menores, la producción mayor se obtuvo en el tratamiento de 2.5 horas de riego, y las producciones menores en los tratamientos de 2 horas y 3 horas de riego. Los resultados se resumen



en el cuadro 15.

Cuadro 15. Lámina consumida y producción relativa obtenida a los 335 días después de la siembra.

Horas riego	Et. Período Seco (mm)	Producción relativa (y/ym)
2.0	137.08	0.92
2.5	176.00	1.00
3.0	220.86	0.96

La relación entre la lámina consumida y la producción relativa obtenida esta en función de la ecuación de regresión lineal:  $Y = 0.88 + 0.00044x$ ; donde Y es la producción relativa obtenida y x es el consumo. La relación directa entre la producción relativa y lámina consumida se puede observar en la siguiente figura

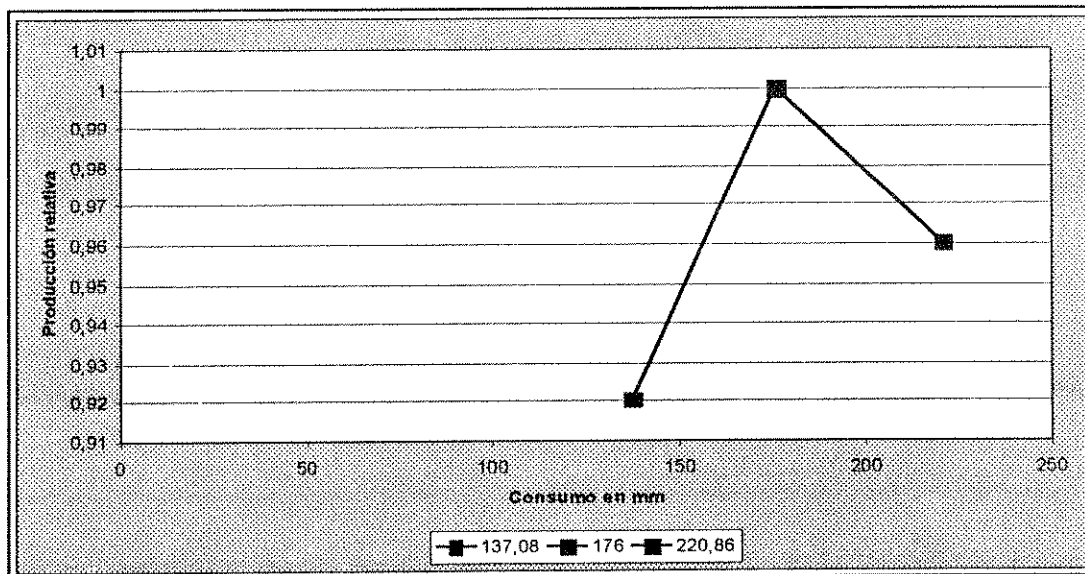


Figura 13. Producción relativa y lámina consumida por el cultivo hasta los 84 días después de la siembra.

#### 7.5.4. Rendimiento:

Para evaluar el rendimiento se consideraron las libras de azúcar por tonelada de caña determinadas a nivel de laboratorio, Los valores obtenidos se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Rendimiento en Libras de azúcar por tonelada de caña obtenidos en cada tratamiento.

HORAS DE RIEGO	REPETICION	SUBMUESTRA			PROM./ BLOQUE	PROM./ TRAT.
		A	B	C		
2.0	I	212.02	237.09	222.74	223.95	223.83
	II	255.92	259.53	215.69	243.71	
2.5	I	239.07	249.18	228.70	238.98	242.21
	II	238.68	245.10	252.58	245.45	
3.0	I	222.02	205.00	214.16	213.73	223.17
	II	251.49	236.04	210.26	232.60	
SIGNIFICANCIA	NS ( NO SIGNIFICANCIA)					
C.V. (%)	6.58%					

Como se observa en el cuadro 16 no existieron diferencias significativas en el rendimiento de azúcar por tonelada de caña, al aplicar tres diferentes láminas de riego.

En la figura 16 se observa que el tratamiento 2 presentó un mayor tonelaje de caña por hectárea y mayor rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña.

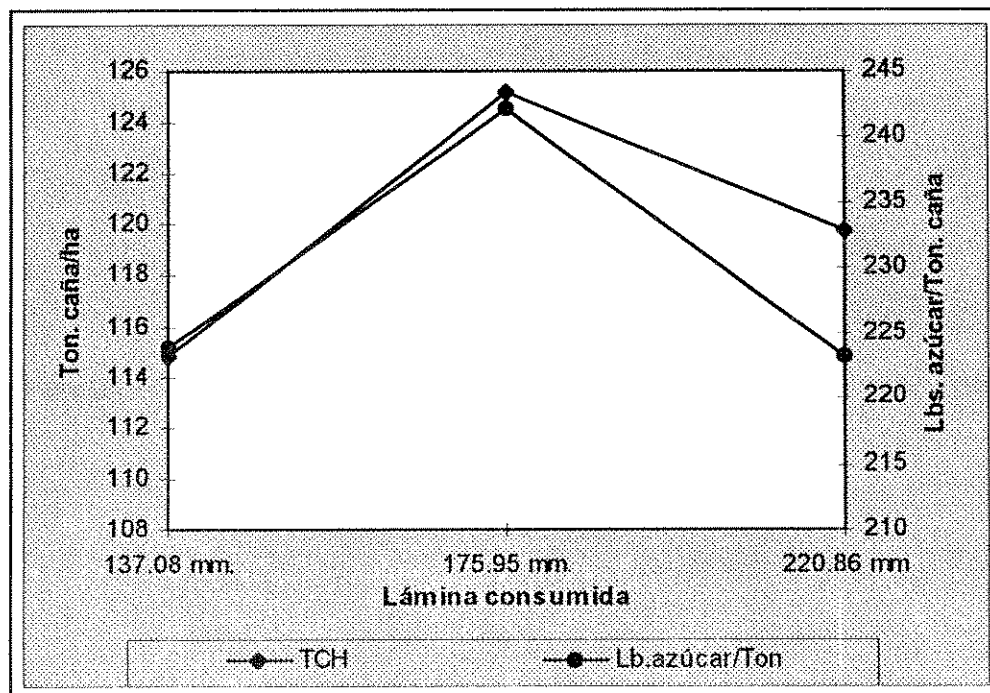


Figura 14. Comportamiento de la producción y rendimiento.

#### 7.5.5. AZUCAR RECUPERABLE (ARE%)

Esta variable expresa las libras de azúcar por tonelada de caña expresadas en porcentaje. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 17. En dicho cuadro se puede apreciar que el T1 y T3 presentan valores similares en cuanto al porcentaje de azúcar extraída por una tonelada de caña. El tratamiento 2 presenta relativamente un valor mayor en cuanto al porcentaje de ARE. Según el análisis de varianza efectuado no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a esta variable.

Cuadro 17. Porcentaje de azúcar recuperable por tonelada de caña .

HORAS DE RIEGO	REP.	SUBMUESTRAS			PROM./ REP.	PROM./ TRAT.
		A	B	C		
2.0	I	10.60	11.85	11.14	11.20	11.70
	II	12.80	12.98	10.78	12.19	
2.5	I	11.95	12.46	11.44	11.95	12.11
	II	11.93	12.26	12.63	12.27	
3.0	I	11.10	10.25	10.71	10.69	11.16
	II	12.57	11.80	10.51	11.63	
SIGNIFC.	NS (NO SIGNIFICANCIA)					
C.V. (%)	13.55%					

**7.5.6. Toneladas de azúcar por hectárea:**

Las toneladas de azúcar por hectárea se estiman por el producto entre las toneladas de Caña por hectárea. y el porcentaje de azúcar recuperable (ARE%).

Cuadro 18. Toneladas de azúcar por hectárea producidas en cada tratamiento.

HORAS DE RIEGO	REP.	SUBMUESTRA			PROM./ REP.	PROM./ TRAT.
		A	B	C		
2.0	I	13.08	15.39	14.39	14.28	14.10
	II	14.75	13.09	13.93	13.92	
2.5	I	15.26	16.38	15.32	15.65	16.04
	II	18.39	12.37	18.50	16.42	
3.0	I	11.74	12.38	15.09	13.07	14.00
	II	16.25	16.24	12.04	14.84	
SIGNIFC.	NS (NO SIGNIFICANCIA)					
C.V.(%)	13.55%					

Según el análisis de varianza para esta variable, estadísticamente no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a las toneladas de azúcar producidas por hectárea. Sin embargo, el mayor tonelaje es para el tratamiento 2, ya que presenta una diferencia aproximadamente de 2 toneladas de azúcar en comparación con los otros dos tratamientos.

En la figura 16 se presenta una relación de isoproductividad entre las variables toneladas de caña por hectárea (TCH), Azúcar recuperable (ARE%) y las toneladas de azúcar por hectárea.

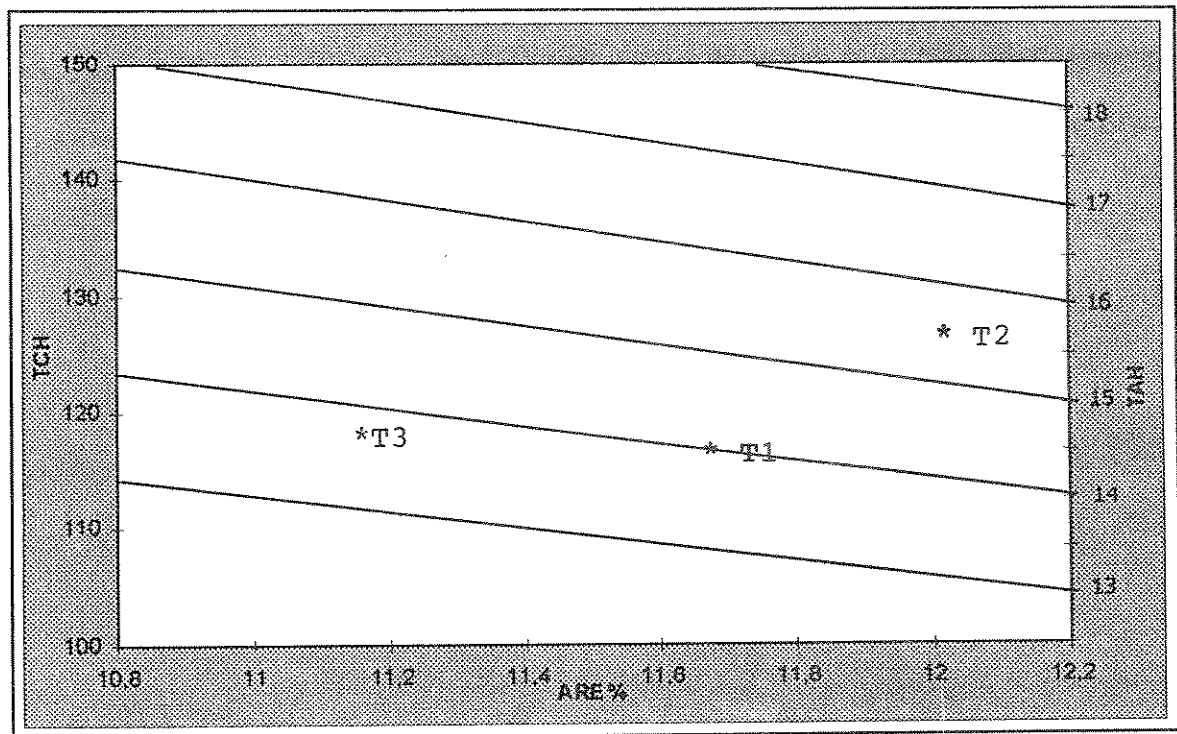


Figura 15. Relación de isoproductividad entre tratamientos.

En esta figura puede observarse que el tratamiento de 2.5 horas de riego posee mayor tonelaje de caña por hectárea, mayor porcentaje de azúcar recuperable y mayor tonelaje de azúcar por hectárea, mientras que el tratamiento de 3 horas de riego y el tratamiento de 2 horas de riego presentan similar tonelaje de azúcar por hectárea.

### 7.6. Beneficio neto por tratamiento por hectárea

En el cuadro 19 se presenta un resumen de los beneficios en quetzales para cada tratamiento y los resultados del análisis de varianza respectivo.

Cuadro 19. Beneficio neto para cada uno de los tratamientos

HORAS DE RIEGO	REP.	SBMUESTRAS			PROM./ REP	PROM./ TRAT.
		A	B	C		
2.0	I	7599.90	9552.87	8827.83	8660.20	8689.05
	II	9499.53	8466.73	8187.41	8717.89	
2.5	I	9470.70	10390.00	9288.08	9716.24	10028.27
	II	11445.10	7733.29	11842.40	10340.30	
3.0	I	6898.24	6939.49	8757.19	7531.64	8287.64
	II	10304.40	9977.60	6848.90	9043.65	
SIGNIFIC.	NS (NO SIGNIFICANCIA)					
C.V.(%)	15.42%					

Como puede verse en el cuadro anterior el mayor beneficio por hectárea (Q. 10,028.27), se obtuvo aplicando una lámina de 40.50 mm en seis riegos por aspersión de 2.5 horas por turno, equivalentes a 265.09 mm.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1. Para las láminas de riego evaluadas; 32.50, 40.50 y 47.50 mm, aplicadas en tiempos de riego por aspersión de 2, 2.5 y 3 horas, en seis riegos experimentales durante el establecimiento-macollamiento de la caña de azúcar, no se observó ningún efecto sobre las variables respuesta, población y altura de planta.
- 8.2. La producción de caña y azúcar no fue afectada por la aplicación de láminas totales de riego de 195.00, 243.00 y 285.00 mm.
- 8.3. Hasta los 84 días de edad (un día antes del último riego) se consumieron 137.08, 176.00 y 220.86 mm, en los tratamientos de 2.0, 2.5, y 3.0 horas de riego por turno, estimándose valores de K del tanque A de 0.31, 0.39 y 0.49, respectivamente. La lámina de agua total recibida por el cultivo fue de 181.19, 221.83 y 256.67 mm para el tratamiento de 2.0, 2.5, y 3.0 horas de riego respectivamente.
- 8.4. Los coeficientes de uniformidad de los riegos aplicados variaron del 65.35 al 70.01%, mientras que las uniformidades de distribución oscilaron del 60.59 al 63.33%.

- 8.5. Bajo las condiciones de suelo del área de estudio, se obtuvieron profundidades promedio de humedecimiento , después de los riegos de 42.33, 49.50 y 56.20 cm, con aplicaciones de láminas de riego de 32.50, 40.50 y 47.50 mm, respectivamente.
  
- 8.6. Los niveles máximos de evapotranspiración diaria, se lograron entre el quinto y sexto riego, con valores de 2.39, 3.46 y 3.98 mm/día para los tratamientos de 2.0, 2.5 y 3.0 horas/turno, respectivamente.



## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1. Se recomienda que debido a la importancia de la presente investigación y a que los resultados obtenidos corresponden a una época específica, se continúe realizando este tipo de investigación en la misma región y época evaluando láminas menores durante el establecimiento-macollamiento.
- 9.2. Evaluar láminas 195 mm, 243 mm y 285 mm en la etapa de elongación del cultivo de caña de azúcar.
- 9.3. Para el establecimiento-macollamiento de la caña de azúcar bajo las condiciones de suelo y clima de la finca el jabalí aplicar una lámina total de riego de 243 mm.
- 9.4. Elevar la presión de operación de los sistemas de riego por aspersión de la finca el Jabalí a 60 PSI o reducir el espaciamiento entre laterales a 45 metros para mejorar la uniformidad de distribución del agua.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. ASOCIACION DE AZUCAREROS DE GUATEMALA. 1995. Memorias de labores; 1995. Guatemala. 48 p.
2. BUENAVENTURA, O. 1982. Estudios para la conformación del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. Boletín Técnico no. 1. 30 p.
3. CAMARGO, P.N. s.f. Fisilogía de la caña de azúcar. México. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar. 59p
4. CENGICAÑA (Gua). 1995. Evaluación del cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Guatemala. 25 p.
5. EMPRESA PANTALEON. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION (Gua). Descripción de variedades. Escuintla, Guatemala. p 40.
6. FLORES, S. s.f. Manual de la caña de azúcar. Guatemala, INTECAP. 172 p.
7. GARCIA, A. et al. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 2 ed. Guatemala, CENGICAÑA. p. 63-66.
8. GONZALES, O. 1988. Diagnóstico de la situación del riego, objetivos, estrategias y políticas. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. v1, 23 p.

9. GRASSI, C.J. 1978. Estimación de los usos consuntivos, requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo de Aguas y Tierras. 88 p.
10. GUARDIOLA, M.J. 1970. Curso sobre riego y drenaje en caña de azúcar. Colombia, Instituto Colombiano Agrícola. Boletín Técnico. no. 12. 20 p.
11. GUROVICH, L.A. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San Jose, C. R., IICA. 433 p.
12. HERRERA, I. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 223 p.
13. HUMBERT P., R. 1982. El cultivo de la caña de azúcar. Trad. por Alfonso González Gallardo. México. Continental. 719 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. 1995. Estudio preliminar sobre requerimientos de riego en caña plantilla en la costa sur de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 40 p.
16. -----, 1994. Requerimiento de riego en caña de azúcar en la costa sur de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 40 p.
17. KIJNE, J. W. 1978. Determinación de la evapotranspiración. In Principios y aplicaciones del drenaje. 1978. Holanda, International Institute for Land Reclamation and Improvement. Estudios e investigación. Publicación 16s. v.3, p.60-122.

18. MANUAL DE riego por aspersión. 1988. 2 ed. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de aguas y tierras. 160 p.
19. MARAUX, F. 1983. El agua del suelo; balance hídrico de los cultivos. Turrialba, C.R., CATIE. 145 P.
20. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. (Italia). 1993. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego (Cropwat). Publicación 46. 66 p.
21. OROZCO, H. et al. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (Sacharum sp), en Guatemala con fines de investigación en variedades, Escuintla, Guatemala. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Documento Técnico no. 6. 33 p.
22. SANDOVAL ILLESCAS, J. E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 345 p.
23. SANTA OLALLA M. de; JUAN V, J.A. de. 1993. Agronomía del riego. Madrid, España. Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. 732 p.
24. TECNICAÑA. (Col.) 1984. El balance hídrico y la programación de los riegos de la caña de azúcar. Colombia. 32 p.
25. YANG, S.J.; TORRES J. S. 1982. Estudio preliminar sobre los requerimientos de agua y riego de la caña de azúcar en el valle del Cauca. In. Congreso de la Sociedad colombiana de Técnicos de la Caña de azúcar (1., 1982 Colombia). Memorias. Guatemala, s.n. p. 330-334.



Vº. Bº.

Miriam De La Roca

## **11. APENDICE**

Cuadro 20A. Lecturas de población 20 días después de la siembra.

Bloque	Trat.	Número de plantas en 5 metros lineales por submuestra							
		A	B	C	D	E	F	G	Promedio
I	T1	13	6	13	8	15	12	9	10.86
	T2	9	6	12	7	19	13	15	11.57
	T3	4	13	16	18	15	9	16	13.00
II	T1	10	8	16	16	6	15	13	11.43
	T2	17	14	9	6	8	14	11	11.29
	T3	14	9	16	15	5	10	16	12.14

Cuadro 21A. Análisis de varianza para la variable población, 20 días después de la siembra.

E.V	G.l	Sc	C.m	Fc	Pr > F	
Trat.	2	21.7619	10.8809	0.61	0.5508	Ns
Bloques	1	5.3571	5.3571	0.30		
Error ex.	2	1.2857	0.6428	0.04		
Error M.	36	646.0000	17.9444			
Total	41	674.4047				

Coefficiente de variabilidad: 30.98871 Ns: Diferencias no significativas.

Cuadro 22A. Población treinta días después de la siembra

Bloque	Trat.	Número de plantas en 5 metros lineales por submuestra							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	22	16	15	12	22	20	14	17.29
	T2	32	16	18	10	19	20	18	19.00
	T3	9	29	30	26	24	25	18	23.00
II	T1	12	18	18	17	21	19	22	15.00
	T2	20	19	12	20	30	22	18	20.14
	T3	15	21	24	19	14	21	19	16.29

Cuadro 23A. Análisis de varianza para la variable población 30 días después de la siembra

E.V.	G.l.	S.c.	C.m.	F.c.	Pr > F	
Trat.	2	38.0000	38.0000	1.38	0.2474	Ns.
Bloques	1	4.6667	4.6667	0.17		
Error Ex.	2	58.4762	29.2381	1.06		
Error M.	36	989.1428	27.4762			
Total	41	1128.280				

Coefficiente de variabilidad: 26.98      Ns: Diferencias no significativas.

Cuadro 24A. Población cuarenta y cinco días después de la siembra

Bloque	Trat.	Número de plantas en 5 metros lineales por submuestra							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	38	40	31	48	38	42	40	39.37
	T2	36	42	35	40	36	40	50	39.86
	T3	38	35	37	40	32	50	40	38.86
II	T1	29	44	35	46	44	38	60	42.29
	T2	45	40	65	58	50	35	50	49.00
	T3	49	46	62	52	28	60	30	46.71

Cuadro 25A. Análisis de varianza para la variable población 45 días después de la siembra

F.V.	G.l.	S.c.	C.m.	F.c.	Pr > F	
Trat.	2	152.8617	76.4308	2.94	0.0839	N.s
Bloques	1	727.1065	727.1065	21.96		
Error ex.	2	86.6746	43.3373	1.47		
Error M.	36	442.5000	12.2900			
Total:	41	1409.1428				

Coefficiente de variabilidad: 12.5065.      Ns: No existen diferencias significativas.

Cuadro 26A. Altura de planta treinta días después de la siembra

Bloque	Trat.	Altura de planta en cm para cada submuestra.							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	9.20	8.00	10.35	9.25	8.00	8.95	10.50	9.18
	T2	10.75	5.60	9.10	10.45	10.45	12.50	8.50	9.62
	T3	10.30	8.85	9.85	8.00	10.95	8.00	9.75	9.39
II	T1	11.75	10.80	9.90	11.30	11.05	12.00	9.75	10.94
	T2	9.30	11.75	10.30	10.20	12.60	9.00	8.15	10.19
	T3	7.75	8.35	11.50	11.00	10.05	10.00	12.00	10.09

Cuadro 27A . Análisis de Varianza para la variable altura de planta 30 días después de la siembra

F.V	G.l	S.c	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	0.7075	0.3337	0.17	0.08471	Ns
bloques	1	10.7009	10.7009	5.04		
Error ex.	2	2.9701	1.4851	0.70		
Error M.	36	76.3864	2.1218			
Total	41	90.7650				

Coeficiente de variabilidad: 14.71369

Ns. Diferencias no significativas

Cuadro 28A. Población cincuenta días después de la siembra.

Bloque	Trat.	Número de plantas en 5 metros lineales por submuestra							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	78	59	75	67	81	104	93	79.57
	T2	91	86	95	64	65	105	111	88.14
	T3	87	79	91	60	62	108	74	80.14
II	T1	88	87	96	83	100	85	83	88.86
	T2	79	99	100	99	96	72	84	89.96
	T3	88	77	68	77	125	88	115	91.14



Cuadro 29A. Análisis de varianza para la variable población 50 días después de la siembra

F.V	G.l.	S.c	C.m	F.c.	Pr > F	
Trat.	2	208.1984	104.0992	0.81	0.4640	N.s
Bloques	1	59.0635	59.0635	0.46		
Error ex.	2	5.7698	2.8849	0.02		
Error M.	36	1931.1667	53.6400			
Total:	41	2237.1428				

Coefficiente de variabilidad: 17.29 NS= No existen diferencias significativas.

Cuadro 30A Población Sesenta y cinco días después de la siembra

Bloque	Trat.	Número de plantas en 5 metros lineales por submuestra							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	118	105	122	129	115	136	140	123.57
	T2	130	126	135	140	100	148	152	133.00
	T3	133	129	130	100	109	145	151	128.14
II	T1	128	137	136	128	141	131	128	132.71
	T2	120	139	140	130	136	135	135	133.57
	T3	136	128	119	132	165	131	153	137.71

Cuadro 31A. Análisis de varianza para la variable población 75 días después de la siembra

E.V	G.l.	S.c	C.m	E.c.	Pr > F	
Trat.	2	130.9048	115.4524	0.63	0.5401	N.s
Bloques	1	433.9286	433.9286	2.36		
Error ex.	2	180.4286	90.2143	0.49		
Error M.	36	6633.1429	184.2540			
Total:	41	7478.4048				

Coefficiente de variabilidad: 10.3262 Ns: No existen diferencias significativas.

Cuadro 32A. Población noventa y cinco días después de la siembra

Bloque	Trat.	Número de plantas en 5 metros lineales por submuestra							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	154	148	170	158	160	164	170	162.00
	T2	162	152	165	175	158	188	169	167.00
	T3	169	162	159	160	144	174	181	164.14
II	T1	164	165	166	178	182	174	164	170.43
	T2	162	170	176	172	166	168	173	169.57
	T3	173	178	165	172	172	160	189	169.86

Cuadro 33A. Análisis de varianza para la variable población 95 días después de la siembra

E.V	G.I	S.c	C.m	F.c.	Pr > F	
Trat.	2	30.6190	15.3095	0.16	0.8497	N.s
Bloques	1	325.9266	325.9266	3.48		
Error ex.	2	60.1427	30.0714	0.32		
Error M.	36	3369.1429	93.5873			
Total:	41	3785.8333				

Coefficiente de variabilidad: 5.7871 Ns: No existen diferencias significativas.

Cuadro 34A. Altura de planta sesenta días después de la siembra

Bloque	Trat.	Altura de planta en centímetros							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	24.00	22.50	27.70	24.00	20.00	27.55	27.75	24.76
	T2	26.00	26.50	23.50	24.00	28.50	28.15	28.40	26.44
	T3	24.00	24.00	25.00	24.50	28.00	28.45	24.15	25.44
II	T1	25.65	29.35	27.80	26.50	28.50	28.00	25.00	27.21
	T2	23.20	25.35	26.95	26.00	25.95	29.50	25.00	25.99
	T3	28.65	23.65	24.35	22.45	28.00	28.50	28.50	26.30

Cuadro 35A. Análisis de varianza para la variable altura de planta 65 días después de la siembra

F.V.	G.l	S.c	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	2.4989	1.2494	0.25	0.7785	Ns
Bloques	1	6.5215	6.5215	1.32		
Error ex.	2	15.6201	7.8101	1.58		
Error M.	36	178.3721	4.9547			
Total	41	203.0127				

Coefficiente de variabilidad: 15.06281 Ns: diferencia no significativa.

Cuadro 36A. Altura de planta noventa y cinco días después de la siembra

Bloque	Trat.	Altura de planta en centímetros							
		A	B	C	D	E	F	G	Prom.
I	T1	35.50	32.60	31.20	34.00	25.80	33.80	38.60	33.64
	T2	30.42	36.40	33.80	37.30	29.40	28.90	38.00	33.46
	T3	34.50	38.00	30.40	38.80	32.40	30.40	35.00	33.07
II	T1	35.80	29.40	35.00	35.65	36.80	34.35	38.60	35.09
	T2	39.40	40.00	33.50	30.80	28.05	39.50	35.40	35.23
	T3	31.80	31.80	37.75	31.15	39.40	38.50	29.50	34.27

Cuadro 37A. Análisis de varianza para la variable altura de planta 95 días después de la siembra.

F.V.	G.l	S.c	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	12.0234	6.0117	0.44	0.6470	Ns
Bloques	1	17.2032	17.2032	1.26		
Error ex.	2	7.9564	3.9782	0.29		
Error M.	36	491.1209	13.6422			
Total	41	528.3039				

Coefficiente de variabilidad: 10.9144  
Ns: diferencia entre tratamientos no significativa.

Cuadro 38A. Análisis de varianza para la variable libras de azúcar por tonelada de caña

E.V	G.l	S.c	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	1094.4851	547.2425	2.33	0.1398	Ns
Bloques	1	1017.005	1017.005	4.33	0.0596	
Error ex.	2	165.5970	82.7985	0.35	0.7101	
Error M.	12	2820.4733	235.0394			
Total	17	5097.5604				

Coefficiente de variabilidad: 6.5778 Ns. Diferencias no significativas

Cuadro 39A. Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea..

F.V	G.l	S.c	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	535.7372	267.8686	0.84	0.4431	Ns
Bloques	1	55.5424	55.5424	0.17	0.6798	
Error ex.	2	157.4738	78.7369	0.25	0.7827	
Error M.	24	7633.9573	318.0815			
Total	29	8382.71086				

Coefficiente de variabilidad: 14.87 Ns. Diferencias no significativas

Cuadro 40A. Análisis de varianza para la variable azúcar recuperable (ARE%)

F.V	G.l	S.c	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	2.7128	1.3564	2.29	0.1437	Ns
Bloques	1	2.5689	1.3564	2.29		
Error ex.	2	0.39668	0.1984	0.33		
Error M.	12	7.1066	0.5925			
Total	17	12.7849				

Coefficiente de variabilidad: 6.6 Ns. Diferencias no significativas

Cuadro 41A. Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea (TAH)

E.V	G.l	S.C	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	16.1595	8.0794	2.04	0.1730	Ns
Bloques	1	2.3669	2.3689	0.60		
Error ex.	2	3.4278	1.7139	0.43		
Error M.	12	47.579	3.9649			
Total	17	69.5354				

Coefficiente de variabilidad: 13.55

Ns. Diferencias no significativas

Cuadro 42A. Análisis de varianza para la variable beneficios netos por ha (BH)

E.V	G.l	S.C	C.m	F.c	Pr > F	
Trat.	2	10258840.7	5129420.37	2.67	0.1099	Ns
Bloques	1	2262234.66	2262234.66	1.18	0.2993	
Error ex.	2	1460476.0	19730238	0.38	0.6918	
Error M.	12	23061356.7	1921779.73			
Total	17	37042908.1				

Coefficiente de variabilidad: 6.6

Ns. Diferencias no significativas

Cuadro 43A. Registros de humedad antes y después de cada riego

TRAT	R	PROF (Cm)	HAR1 (%)	HDR1 (%)	HAR2 (%)	HDR2 (%)	HAR3 (%)	HDR3 (%)	HAR4 (%)	HDR4 (%)	HAR5 (%)	HDR5 (%)	HAR6 (%)	HDR6 (%)
T1	I	0-20	12.25	30.84	16.25	33.23	18.10	33.99	19.26	31.49	19.34	33.37	23.85	35.72
		20-40	12.75	30.25	17.25	36.86	16.83	33.78	19.39	33.38	19.51	30.95	19.46	33.35
	II	0-20	11.25	29.98	16.95	30.36	15.22	31.22	15.28	31.22	16.15	33.07	19.40	37.63
		20-40	12.20	27.04	18.17	25.63	16.95	24.04	15.15	30.82	19.75	31.34	21.44	34.19
T2	I	0-20	12.72	37.63	20.17	30.67	21.91	31.40	18.52	37.56	23.00	38.67	23.15	37.63
		20-40	11.20	34.19	20.57	32.10	19.65	30.16	20.92	35.87	24.50	34.10	23.00	33.40
	II	0-20	12.75	36.88	19.64	39.99	22.90	30.03	22.39	32.28	21.76	34.70	22.79	33.07
		20-40	13.20	34.98	18.45	31.62	20.28	30.89	22.31	30.15	21.15	33.80	20.72	35.40
T3	I	0-20	12.25	35.72	20.61	36.92	21.29	35.72	18.39	33.04	20.36	31.54	22.44	35.25
		20-40	13.27	34.97	20.31	36.72	20.08	34.97	20.32	33.19	20.63	28.95	20.09	36.17
	II	0-20	13.26	33.36	23.03	32.19	21.59	30.26	19.44	27.72	23.03	30.33	20.97	36.92
		20-40	12.18	32.08	22.76	30.72	20.31	34.46	22.12	36.92	22.76	29.81	19.35	35.15

HAR1...6 = Humedad antes del riego

HDR1..6 = Humedad después del riego.

Cuadro 44A. Datos meteorológicos promedios anuales , de 1986-1994, de la estación Belén.

MES	TEMP. MAX.	TEMP. MIN.	H.R.(%) MEDIA	INSOLACION	EVAP	PP (mm) MEDIA	VIENTO Km/hr
ENERO	33.68	18.46	81.95	7.82	4.84	19.72	1.89
FEB.	33.94	19.14	77.28	9.30	5.46	17.38	2.34
MAR.	34.32	20.00	84.11	8.75	5.88	28.78	2.48
ABRIL	35.46	21.68	84.69	8.01	5.83	74.22	2.09
MAYO	34.68	21.61	84.90	6.59	5.12	339.07	2.64
JUNIO	33.88	21.85	83.81	5.74	4.51	351.61	1.70
JULIO	33.79	21.29	80.90	6.88	4.65	382.84	1.65
AGOSTO	33.88	21.52	88.63	8.20	4.67	397.76	3.69
SEP.	34.34	21.27	93.21	6.53	4.53	429.61	4.00
OCT.	32.55	21.01	84.28	7.46	4.18	428.55	2.79
NOV.	33.97	20.64	83.97	7.61	4.42	99.46	1.60
DIC.	33.74	18.9	85.89	7.38	4.48	25.22	1.44

Cuadro 45A. Registros de precipitación en mm, para el período de 1991a 1996 en la finca el Jabalí.

MES	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	40.00	0	0
Marzo	3.50	16.00	50	0	0	0
Abril	32.00	30.50	119.50	0	85.50	132.50
Mayo	239.00	144.50	24.50	156.50	199.00	475.00
Junio	281.50	208.50	432.50	213.00	405.00	243.00
Julio	267.00	290.00	257.50	266.00	295.50	373.00
Agosto	162.50	228.00	358.50	355.00	479.50	351.00
Septiemb	418.75	464.00	331.00	346.50	343.50	499.00
Octubre	472.50	268.50	337.00	413.00	400.00	281.00
Noviembre	135.50	147.50	42.50	157.00	125.00	76.00
Diciembre	42.00	0	0	24.50	21.00	8.00
TOTAL	2054.25mm	172.50mm	2148.00mm	1971.00mm	2354.00mm	2,437.00mm

Cuadro 46A. Registro mensual de temperatura para 1996 en la finca el Jabalí.

MES	Temp. Max.(°C)	Temp. Min.(°C)	Temp. Med.(°C)
ENERO	31.00	18.00	24.50
FEBRERO	33.00	20.50	26.75
MARZO	33.32	20.42	26.87
ABRIL	32.40	22.67	27.54
MAYO	30.00	22.52	26.26
JUNIO	30.97	22.57	26.72
JULIO	29.19	22.30	25.75
AGOSTO	30.40	22.00	26.20
SEPTIEMBRE	30.00	22.17	26.09
OCTUBRE	29.42	22.00	25.71
NOVIEMBRE	30.30	21.37	25.84
DICIEMBRE	31.00	19.55	25.28

Cuadro 47A. Costo de riego en quetzales por hectárea para tres turnos de riego por aspersión

COSTO EN QUETZALES POR ACTIVIDAD	3 HORAS DE RIEGO	2.5 HORAS DE RIEGO	2 HORAS DE RIEGO
<b>1. MANO DE OBRA</b>			
Operadores	Q. 16.07	Q. 13.39	Q. 10.71
Regadores	Q. 34.52	Q. 28.77	Q. 23.01
Caporal de riego	Q. 12.83	Q. 10.69	Q. 8.55
Mantenimiento	Q. 2.10	Q. 1.74	Q. 1.39
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 65.52</b>	<b>Q. 54.59</b>	<b>Q. 43.67</b>
<b>2. COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES</b>			
Combustible de bomba de derivación	Q. 100.71	Q. 84.28	Q. 67.30
Lubricante de bomba de derivación	Q. 1.28	Q. 1.06	Q. 0.85
Combustible de bomba de riego	Q. 68.40	Q. 56.80	Q. 45.24
Lubricante de bomba de riego	Q. 1.28	Q. 1.06	Q. 0.85
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 171.68</b>	<b>Q. 143.20</b>	<b>Q. 114.24</b>
<b>3. MANTENIMIENTO</b>			
Repuestos	Q. 2.82	Q. 2.34	Q. 1.87
Vehículo de mantenimiento	Q. 2.50	Q. 2.08	Q. 1.66
Tractores-traslados	Q. 1.88	Q. 1.56	Q. 1.25
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 7.20</b>	<b>Q. 5.98</b>	<b>Q. 4.78</b>
<b>4. INVERSION</b>			
Motor	Q. 16.15	Q. 13.40	Q. 11.04
Bomba	Q. 2.85	Q. 2.37	Q. 1.90
Trailer	Q. 0.86	Q. 0.71	Q. 0.57
Tubería	Q. 7.82	Q. 5.91	Q. 4.73
Aspersores	Q. 1.71	Q. 1.42	Q. 1.14
Accesorios	Q. 1.42	Q. 1.18	Q. 0.94
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 30.11</b>	<b>Q. 24.99</b>	<b>Q. 20.32</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q. 274.51</b>	<b>Q. 228.76</b>	<b>Q. 183.01</b>



Cuadro 48 A. Datos del cultivo de caña de azúcar para la corrida del programa CROPWAT de la FAO

---

```

CROPWAT : 29 October 1997
#####?
? Crop data :          SUGAR CANE          Crop file   :          3
=====4
? Growth Stage          Init      Devel    Mid      Late    Total    3
#####4
? Length Stage   [days ]      30       60      209     30      329      3
? Crop Coefficient [coeff.]  0.50    ->      1.25     0.50          3
?                                     3
? Rooting Depth   [meter ]  0.40    ->      0.80     0.80          3
? Depletion level [fract.]  0.60    ->      0.60     0.60          3
? Yield-response F.[coeff.]  0.00    0.00    0.00    0.00     0.00      3
#####Y

```

---





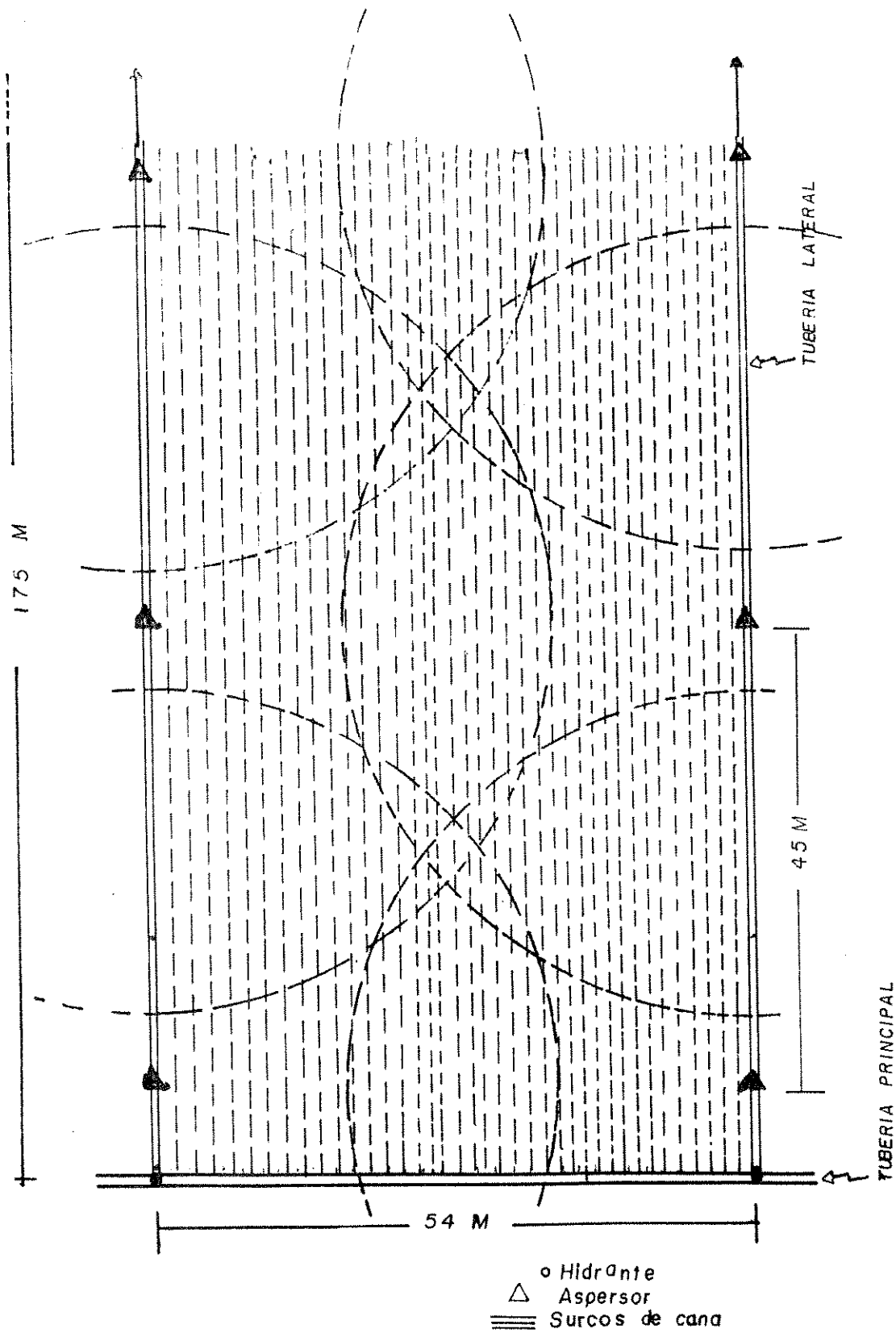


Figura 3A. Unidad experimental

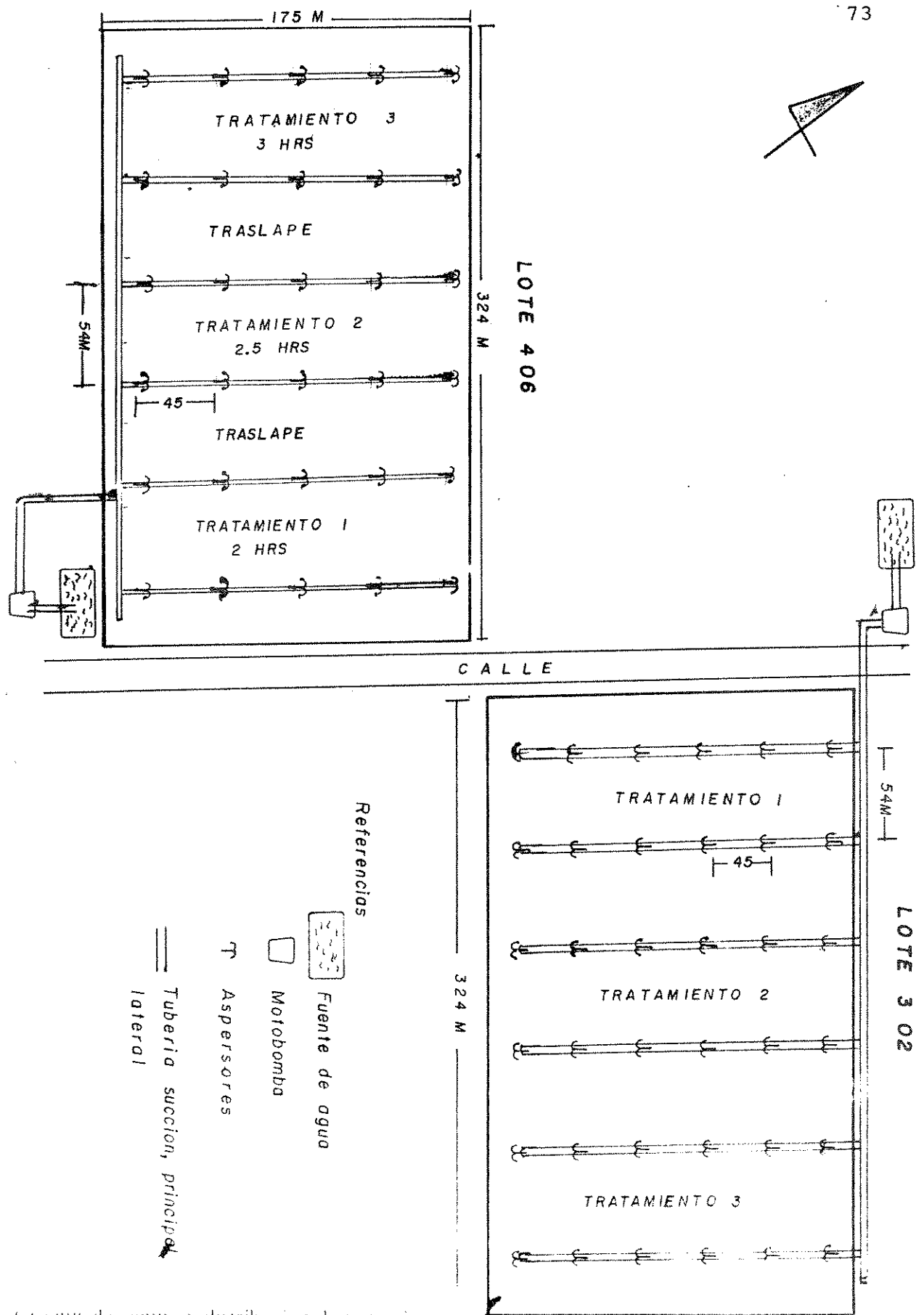


Figura 4A. Croquis de campo y distribución de tratamientos

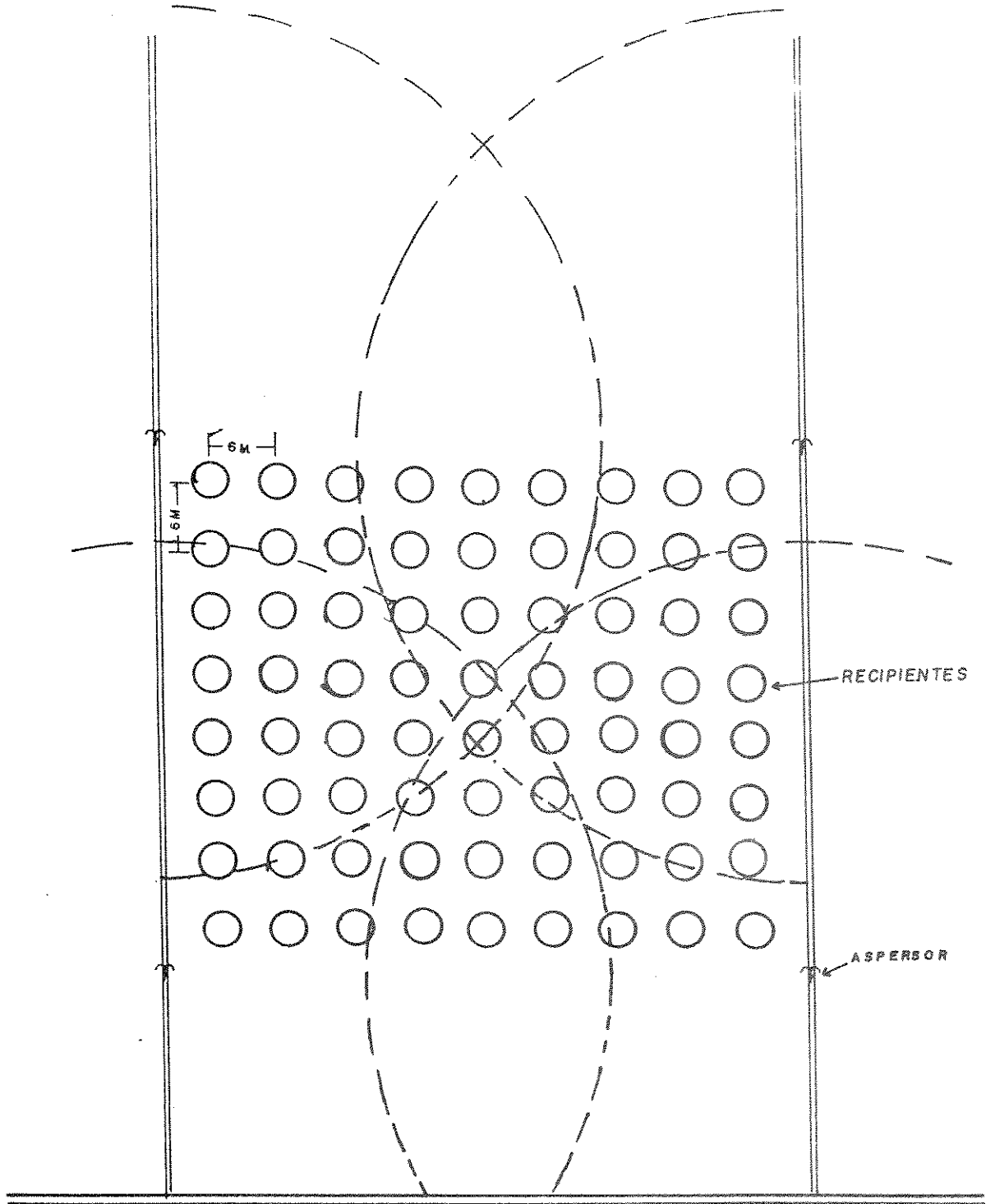


Figura 5A. Disposición de recipientes para el control de láminas

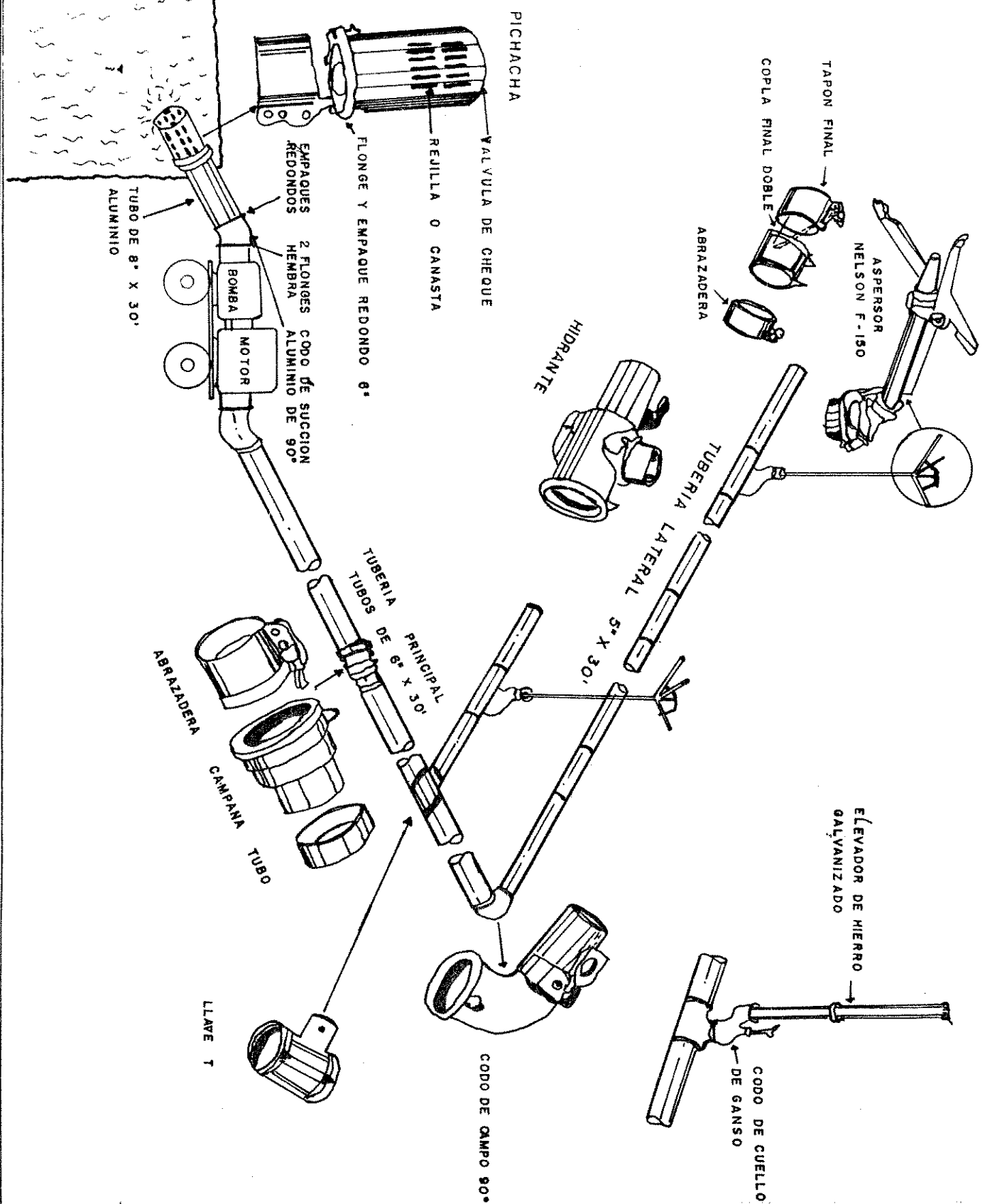


Figura 16A. Sistema de riego por aspersión de la finca el Jabalí, Ingenio Tierra Buena



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

Ref. Sem-040/97

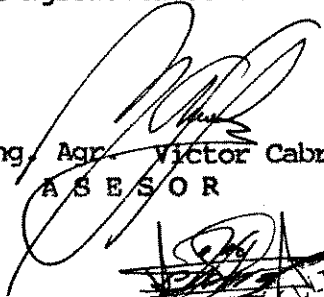
LA TESIS TITULADA: EFECTO DE TRES LAMINAS DE RIEGO SOBRE EL ESTABLECIMIENTO -  
 MACOLLAMIENTO Y PRODUCCION DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum  
officinarum L.) BAJO LAS CONDICIONES DE SUELO ARCILLOSO EN  
 SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.

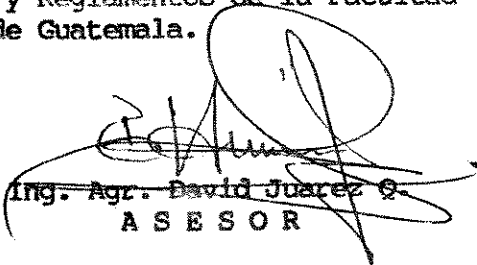
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JORGE LUIS GOMEZ H.

Carnet No: 92-17082

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Maxdelio Herrera De Leon  
 Ing. Agr. Luis F. Moran Palma

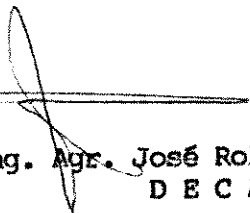

Los asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar  
 que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad  
 de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
 Ing. Agr. Víctor Cabrera  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. David Juárez  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Fernando Rodríguez  
 Director del IIA  


IMPRIMASE

  
 Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio  
 DECANO  


CC. Archivo  
 Ctrl Acđ.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770