

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES



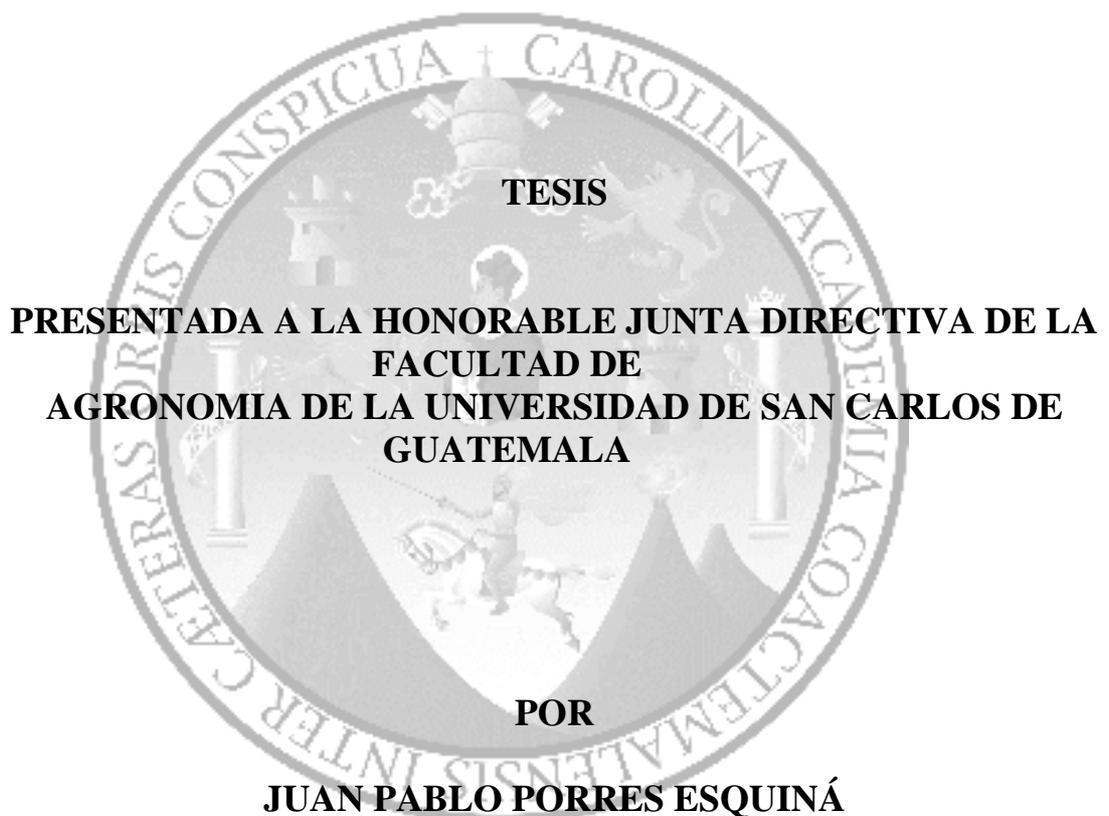
EFFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO CON DIFERENTES FRECUENCIAS SOBRE LA BROTAÇÃO DE YEMAS Y ESTABLECIMIENTO DE ESTACAS PRIMARIAS O BÁSICAS EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.

JUAN PABLO PORRES ESQUINÁ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

EFFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO CON DIFERENTES FRECUENCIAS SOBRE LA BROTAÇÃO DE YEMAS Y ESTABLECIMIENTO DE ESTACAS PRIMARIAS O BÁSICAS EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.



En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	ING. AGR. MSc. FRANCISCO JAVIER VÁSQUEZ VÁSQUEZ
VOCAL PRIMERO	ING. AGR. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL SEGUNDO	ING. AGR. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA
VOCAL TERCERO	ING. AGR. MSc. DANILO ERNESTO DARDÓN ÁVILA
VOCAL CUARTO	P. Forestal AXEL ESAÚ CUMA
VOCAL QUINTO	P. Contador CARLOS ALBERTO MONTERROSO GONZÁLEZ
SECRETARIO	ING. AGR. MSc. EDWIN ENRIQUE CANO MORÁLEZ

Guatemala, noviembre de 2009

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 CUATRO LÁMINAS DE RIEGO CON DIFERENTES FRECUENCIAS SOBRE LA BROTAÇÃO DE YEMAS Y ESTABLECIMIENTO DE ESTACAS PRIMARIAS O BÁSICAS EN CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.), EN PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.

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.

Juan Pablo Porres Esquiná

ACTO QUE DEDICO

- A:
DIOS** **Todo poderoso quien me dio sabiduría, la oportunidad de alcanzar mis metas y está conmigo en todo momento.**
- MI MADRE** **Susana Esquiná Alvarado
Que sea esta la recompensa por su esfuerzo y oraciones para darme la mejor herencia.**
- MI ESPOSA E HIJA** **Alejandra Martínez y Alexa Paola Porres Martínez
Mi mayor bendición y por que son lo mejor de mi vida.**
- MI PADRE** **Oscar Enrique Porres López
Por su valiosa ayuda cuando la necesité.**
- MIS ABUELOS** **Domingo Esquiná y Elena Alvarado (Q.E.P.D.)
Zoila Luz López
Por los principios y valores que me heredaron.**
- MIS TIAS Y TIOS** **Estela, Flor, Rosa Linda, Marie y Mingo
Por su apoyo incondicional en todo momento.**
- MIS PRIMOS Y PRIMAS** **Nena, Chatis, Byron, Luce, Vale, Denis, Mariela, Dardo, Kevin,
Domingo Aroldo, Alesandra y en especial a Wiliam Noriega.**
- MIS HERMANOS** **Lourdes, Oscar, Mario y Otto.**
- MI FAMILIA
EN GENERAL** **Como muestra de cariño y respeto.**
- MIS AMIGOS** **Virgilio, Luis Felipe, Ricardo, Gerardo, Carlos Méndez, Ramiro,
Harold, Héctor, Mario, Omar, Nacho, Rogelio y todos con los
que he compartido muchas felicidades y tristezas.**
- AL INGENIERO** **José Carlos Ramírez y Familia
Por su apoyo y ser inspiración a seguir.**

TESIS QUE DEDICO

A:

MI PATRIA GUATEMALA

MI QUERIDO CHICACAO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

COLEGIO LA ILUSTRACIÓN

AL INSTITUTO ABRAHAM LINCOL

ESCUELA DE VARONES 20 DE OCTUBRE

A TODOS MIS MAESTROS Y CATEDRÁTICOS EN GENERAL

AL INGENIO PALO GORDO

Por su colaboración en la ejecución de la investigación.

ASECAN Y CATIE

En especial al Sr. Carlos Barillas.

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

A:

Mis Asesores

Ing. José Rolando Lara Alecio

Ing. Oscar Alejandro González Hernandez.

Por su asesoría y ayuda brindada en la elaboración del presente trabajo.

A LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL INGENIO PALO GORDO S.A. Y AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.

Por el apoyo logístico y económico para el desarrollo de la investigación, en especial a Estuardo Muñoz (Q.E.P.D.)

AL PERSONAL DE CAMPO DE LA SECCIÓN DE RIEGO Y DE ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE FINCA PALO GORDO.

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

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE ALGUNA FORMA COLABORARON EN LA ELABORACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

Contenido:

	Página
Índice de cuadros	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xi
1. Introducción.	1
2. Definición y justificación de la investigación.	3
3. Marco teórico.	5
3.1 Marco conceptual.	5
3.1.1 Definición del riego.	5
3.1.2 Importancia del riego en el cultivo de la caña de azúcar.	5
3.1.3 Situación actual del riego en la zona cañera.	5
3.1.4 Planes futuros para el desarrollo del riego en la zona cañera.	6
3.1.5 El agua y sus relaciones con los suelos y la caña.	6
3.1.6 Riego para la brotación y el establecimiento de la caña de azúcar.	7
3.1.7 Consumo total de agua utilizada por la caña.	7
3.1.8 Características y propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego.	7
3.1.9 Frecuencias y programación del riego.	8
3.1.10 Evapotranspiración potencial (Etp).	8
3.1.11 Evapotranspiración del cultivo (Et).	9
3.1.12 Uso consuntivo.	9
3.1.13 Capacidad de campo (CC).	9
3.1.14 Punto de marchites permanente (PMP).	9
3.1.15 Déficit permitido de manejo (DPM).	10
3.1.16 Fisiología en las yemas de caña de azúcar.	10
3.1.17 Tratamiento térmico.	10
3.1.18 Brotación de las yemas.	11
3.1.19 La humedad como factor principal para la germinación.	11
3.2 Marco referencial.	11
3.2.1 Variedad CP: 881165	11
3.2.2 Ubicación y descripción del área experimental	12
4 Objetivos.	14
5 Hipótesis.	15
6 Metodología.	16
6.1 Propiedades físicas del suelo con fines de riego.	16
6.2 Características químicas del suelo con fines de siembra de semilleros.	17
6.3 Manejo del cultivo desde la siembra hasta el establecimiento y corte de la semilla.	18
6.4 Metodología experimental.	19
6.4.1 Descripción de los tratamientos a evaluar.	19
6.4.2 Diseño experimental.	20
6.5 Unidad experimental.	22
6.6 Medición de los riegos experimentales.	22
6.6.1 Medición de la lámina de riego.	22
6.6.2 Medición de la Uniformidad de riego.	23
6.7 Uso del agua.	23

6.7.1	Utilizando el método del tanque de evaporación de la FAO, se obtuvo la evapotranspiración.	23
6.7.2	Requerimiento total de agua en el ciclo del cultivo.	24
6.7.3	Requerimiento de riego en la época seca	25
6.8	Variables respuestas.	25
6.7.1	No. de yemas brotadas por metro lineal.	25
6.7.2	Población.	26
6.7.3	Altura de la planta.	26
6.7.4	Cantidad de yemas por tallo.	26
6.9	Producción en ton/ha de caña para estacas de semilleros comerciales.	26
6.10	Análisis económico.	27
6.11	Análisis de resultados	27
7	Resultados y discusión	28
7.1	Riegos experimentales	28
7.2	Control de lámina	31
7.3	Evaporación o lámina consumida	32
7.3.1	Demanda evapotranspirativa	32
7.3.2	Requerimiento de riego en la época seca	32
7.4	Profundidad de humedecimiento en cada tratamiento	33
7.5	Variables respuestas	34
7.5.1	Número de yemas por metro lineal	34
7.5.2	Población	36
7.5.3	Altura de planta	38
7.5.4	Yemas por tallo	40
7.5.5	Producción ton / ha de caña de semillero primario que servirá para semillero comercial.	41
7.6	Beneficio neto por tratamiento por hectárea	42
8	Conclusiones	44
9	Recomendaciones	47
10	Bibliografía.	48
11	Anexos	51

Índice de Cuadros

Cuadro		Página.
1.	Agua total consumida anualmente por el cultivo de caña de azúcar.	7
2.	Descripción ecológica	12
3.	Descripción del perfil del suelo por calicata	16
4.	Características físicas de los suelos de estación Experimental de finca Palo Gordo.	17
5.	Presentación de los resultados del análisis Químico y los rangos dentro de los cuales Deben de estar los parámetros del suelo para ser adecuados.	17
6.	Resultados de la concentración de elementos en partes por millón y los rangos donde se deben encontrar los elementos.	18
7.	Descripción de los Tratamientos.	20
8.	Coefficiente utilizados en el cálculo de la ET _m del cultivo	25
9.	Registro de láminas de riego en mm, aplicadas en cada tratamiento en la finca Palo Gordo.	28
10.	Presiones, coeficientes de uniformidad (Cu) y uniformidades de distribución (UD) promedios en cada uno de los riegos aplicados en la finca Palo Gordo.	29
11.	Resumen sobre control de láminas de riego aplicadas y lámina total recibida por tratamiento en mm hasta los días después de la siembra.	80 31
12.	Evapotranspiración o consumo total medido y en mm/día hasta los 79 días después de la siembra	33
13.	Profundidad promedio de humedecimiento en centímetros después de los riegos durante el establecimiento macollamiento, en la finca Palo Gordo.	33
14.	Registros de porcentaje de brotación de yemas en 5m lineales	34
15.	Registros de población en 5 metros lineales durante el establecimiento – macollamiento en la estación experimental.	36
16.	Registros de altura de planta durante el establecimiento macollamiento del cultivo en la estación experimental de finca Palo Gordo.	39
17.	Numero de yemas en promedio por tallo de cada tratamiento según la lámina aplicada en diferentes horas de riego.	40
18.	Producción en toneladas de caña por hectárea para cada tratamiento.	42
19.	Beneficio neto para cada uno de los tratamientos.	42
20.	Beneficio neto por hectárea para los cuatro tratamientos.	43
21.	Lluvias y actividades por tratamiento durante su etapa de riego en 60 días después de la siembra y fecha de cosecha a los 210 días después de la siembra.	43
22.	Lecturas de brotación de plantas 15 días después de la siembra.	51
23.	Lecturas de brotación de plantas, 20 días después de la siembra.	52
24.	Lecturas de brotación de plantas, 30 días después de la siembra.	53

25.	Lecturas de población, 20 días después de la siembra.	54
26.	Lecturas de población, 30 días después de la siembra.	55
27.	Lecturas de población, 45 días después de la siembra.	56
28.	Lecturas de población, 75 días después de la siembra.	57
29.	Lecturas de población, 95 días después de la siembra.	58
30.	Lecturas de población, 190 días después de la siembra.	59
31.	Lecturas de población, 210 días después de la siembra.	60
32.	Lecturas de altura de planta, 30 días después de la siembra	61
33.	Lecturas de altura de planta, 60 días después de la siembra	62
34.	Lecturas de altura de planta, 95 días después de la siembra	63
35.	Lecturas de altura de planta, 190 días después de la siembra	64
36.	Lecturas de altura de planta, 210 días después de la siembra	65
37.	Lecturas de Yemas por tallo al corte de estacas, 210 días después de la siembra.	66
38.	Lecturas de toneladas de estacas en paquetes para siembra de caña por hectárea, 210 días después de la siembra.	67
39.	Costos de producción por cada tratamiento y repetición.	68
40.	Evaporación promedio mensual en mm/día tomada en el tanque evaporímetro de la estación experimental ubicada en finca Palo Gordo, San Antonio Suchitepéquez.	69
41.	Balance hídrico para los cuatro tratamientos.	69

Índice de Figuras

Figura		Página
1.	Mapa: zona cañera guatemalteca.	12
2.	Datos de precipitación en mm de los últimos años de la finca Palo Gordo.	13
3.	Comportamiento del porcentaje de brotación a los primeros 15, 20 y 30 días después de la siembra.	35
4.	Tasa de incremento en brotación de cada tratamiento a los 15, 20 y 30 días después de la siembra.	36
5.	Comportamiento de la población durante el ciclo del cultivo en la finca Palo Gordo.	37
6.	Tasa de incremento poblacional para el ciclo del cultivo.	33
7.	Comportamiento de la altura de planta durante el ciclo del cultivo	39
8.	Tasa de incremento longitudinal durante el ciclo del cultivo	40
9.	Comparación de los cuatro tratamientos en su número de yemas por tallo al momento de corte de las estacas.	41
10.	Comparación de producción en ton/ha de paquetes de estacas primarias para producción de estacas de semilleros comerciales.	42
11.	Unidad experimental.	78
12.	Croquis de campo y distribución de tratamientos.	79
13.	Disposición de recipientes para el control de láminas.	80
14.	Sistema de riego por aspersion de la estación experimental de la finca Palo Gordo.	81

EFFECTO DE CUATRO LAMINAS DE RIEGO CON DIFERENTES FRECUENCIAS SOBRE LA BROTACIÓN DE YEMAS Y ESTABLECIMIENTO DE ESTACAS PRIMARIAS O BÁSICAS EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.

EFFECT OF FOUR IRRIGATION WATER TABLE WITH DIFFERENT FREQUENCY ON THE SPROUTING BUDS AND ESTABLISHMENT OF CUTTINGS PRIMARY IN SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* L.), AT PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la estación experimental de la finca Palo Gordo, en San Antonio Suchitepéquez, durante el período comprendido del 08 de enero del año 2,008 al 07 de agosto del mismo año, bajo condiciones de suelo franco arcilloso y arcilloso.

Los objetivos de la presente investigación consistieron en determinar cuatro láminas de riego con tiempos de 1.5, 2, 2.5 y 3 horas y frecuencias de 5, 10, 15 y 20 días respectivamente, y evaluar el efecto de las mismas sobre la brotación de las yemas de estacas primarias o básicas, así como determinar su efecto sobre el macollamiento y establecimiento de las mismas, también en la producción de estacas para semilleros comerciales de caña de azúcar.

Los riegos fueron aplicados en los primeros 60 días después de la siembra ya que a los 68 días después de la siembra iniciaron las lluvias y se suspendieron todos los riegos. Se aplicaron para el tratamiento 1 un total de 13 riegos, para el tratamiento 2 fueron 7 riegos, para el tratamiento 3 fueron 5 riegos y para el tratamiento 4 un total de 4 riegos, determinando láminas de 26.67mm, 35.02mm, 40.63mm y 50.45mm respectivamente. La uniformidad de aplicación de las láminas vario de un 64 a un 78%, con un coeficiente de uniformidad de 72 al 85%.

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 aspersion, con cañones aplicando la misma

lámina. Debido al tamaño de la unidad experimental (0.81) y que no se puede dejar un semillero primario sin riego, se utilizó como testigo absoluto la lámina de 50.45mm aplicada en 3 horas de riego por turno, que es la mas utilizada actualmente en los semilleros primarios.

Según los muestreos de brotación realizados a los 15, 20 y 30 días después de la siembra, se estableció según el análisis de varianza que la lámina de 35.02mm fue la que mayor porcentaje de brotación presentó, aplicada en tres ocasiones en los primeros 30dds.

En la variable altura de planta, población y yemas por tallo, según los muestreos en las diferentes etapas del cultivo, al final del crecimiento no se encontraron diferencias significativas según el análisis de varianza, aunque durante su macollamiento la lámina de 35.02mm siempre mostró tener diferencia ante las otras láminas siendo la que mejor resultados presentaba.

En la producción a los 210 días después de la siembra, en el momento de la cosecha, según muestreos no se presentaron diferencias significativas al realizar el análisis de varianza y en el análisis de beneficio costo no fueron grandes las diferencias en dinero, pudiendo recomendar utilizar la menor lámina de riego aplicada, utilizar la frecuencia según el balance hídrico, mas o menos a cada 14 a 16 días entre riegos.

1. Introducción

En el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), el riego tiene como objetivo suplir el agua que la planta requiere cuando no es suministrada de manera natural y así completar de manera satisfactoria su desarrollo (24). El desarrollo fisiológico del cultivo es afectado negativamente al no aplicar la cantidad de agua necesaria (3). Los aspectos a tomarse en cuenta deben ser el costo de la inversión y la utilidad que proporcionará, lo práctico de su uso para suministrar agua al sistema radical y las implicaciones que pueden tener. (24)

En la actualidad el riego tomó auge dentro de las industrias cañeras, haciéndose inversiones para equipos de riego y así abarcar la mayor cantidad de área regada. En la estación experimental de Ingenio Palo Gordo es donde se producen estacas de caña de azúcar para su reproducción libre de enfermedades con tratamiento hidrotérmico, (4) se necesita establecer una lamina y una frecuencia de riego que sea de menor costo y proporcione mayor brotación para las yemas.

El riego en los semilleros de caña de azúcar representa un porcentaje significativo en los costos de producción, alrededor de Q215.00 por hectárea regada con aspersión tipo cañón ¹, por lo que este debe ser manejado eficientemente.

La programación de riego en caña de azúcar se hace tradicionalmente 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 pueden afectar la producción y la brotación en siembras de caña. (Juárez 1995).

Cada año es renovado entre el 20 al 25% del área cañera y gran parte de estas renovaciones se lleva a cabo en la temporada seca ², siendo indispensable la utilización de equipos de riego ². Principalmente en los semilleros de estacas primarias que son los que servirán para tener semilleros convencionales, en la siguiente temporada y se debe tener prioridad en sus labores y en su riego hasta inicio de lluvias.

¹ Departamento de Riegos y Drenajes Ingenio Palo Gordo

² Departamento Mecanización Agrícola Ingenio Palo Gordo

Actualmente en la industria azucarera de Guatemala y especialmente en el Ingenio Palo Gordo, se ha implementado el tratamiento térmico de yemas, para la producción de estacas para semillero primario en caña de azúcar libre de enfermedades. El riego se ha hecho necesario para la siembra de las mismas, ya que se realiza esta en los meses de diciembre y enero para llegar a cosecharlas a finales de julio y agosto, cuando la plantación tiene aproximadamente 7 a 7.5 meses de edad, así en su etapa de elongación sea la lluvia que cubra el agua que la planta necesita para cosechar la caña y extraer las estacas que se utilizarán en los semilleros convencionales. Estas estacas se siembran en la canícula de julio o agosto, para darles otros 7 a 8 meses de vida y cosecharlos en abril, para después sembrar la caña comercial de estas estacas de semilleros convencionales en la última semana de abril o primeras semanas de mayo y aprovechar las lluvias en la caña, para que sea cosechada en abril y enciclarla o darle su ciclo de vida de 11 a 12 meses para las siguientes cosechas.

2. Definición y Justificación de la Investigación:

El riego se hace necesario para la siembra de las estacas de semilleros primarios o básicos por realizarse en el mes de enero, donde inicia el verano. Las yemas de las estacas necesitan estar húmedas para poder iniciar la brotación, sin la humedad puede haber problema de poca brotación o secamiento de las mismas.

Actualmente se realizan los riegos sin saber con que cantidad de agua o número de riegos se debe aplicar a las siembras para obtener la mayor cantidad de yemas brotadas y un mejor macollamiento y establecimiento del cultivo, junto a esto se suman las características variables de suelo y clima que afectan el requerimiento en el riego. (Resumen de zafra 2,003 Ingenio Palo Gordo) Los costos de operación, compra y mantenimiento de equipos, son cada vez más significativos en los costos de producción, por lo tanto los riegos deben ser estrictamente indispensables, según la relación agua, suelo, planta y clima (13).

No se utilizan láminas con frecuencias estudiadas en la siembra de las estacas primarias para semilleros, durante su etapa de brotación y establecimiento-macollamiento. No se optimizan los recursos hídricos y la operación de los equipos de riego, se riega según la experiencia de los trabajadores sin tomar en cuenta el costo de operación ni el buen uso del recurso hídrico. En algunos casos surge el problema de baja brotación posiblemente debido a aplicaciones de riego excesivo o que no llenan las necesidades del cultivo, surgiendo la necesidad de realizar estudios sobre estos problemas.

Es por eso la importancia de realizar estudios para generar recomendaciones sobre los diferentes problemas y sobre regímenes óptimos de humedad y así obtener mejores resultados en la brotación y establecimiento del cultivo, así como mejoras en la eficiencia del uso de equipos para riego (3).

El riego para la siembra de estacas primarias se hace principalmente con aspersión tipo cañón que es uno de los sistemas de riego de mayor costo, por la inversión en equipos, mantenimiento, combustibles y mano de obra. Actualmente existe gran variabilidad en el

manejo del riego en estacas primarias para semillero principalmente en cuanto a láminas y frecuencias se refiere variando desde dos hasta ocho riegos con duraciones de dos hasta cuatro horas por turno y frecuencias de diez, quince y hasta veinte días, aplicando diferentes láminas de riego.

Al no tener definida una lámina y frecuencia de riego para una buena brotación y establecimiento del cultivo en los diversos suelos, muchas veces se aplican láminas innecesarias provocando incremento en los costos de producción de los semilleros y reducción del área regada. Por el contrario una lámina pequeña puede incidir en una mala brotación y establecimiento de los semilleros primarios (Juárez, 1995).

3. Marco Teórico

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Definición del riego.

Se define como la aplicación artificial de agua al perfil de suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los cultivos produzcan en forma permanente y económica (12).

3.1.2 Importancia del riego en el cultivo de caña de Azúcar

El riego tiene como objetivo suplir el agua que la planta requiere cuando no es suministrada de manera natural y así completar de manera satisfactoria su desarrollo. La cantidad debida concuerda con el desarrollo fisiológico del cultivo para tratar de proporcionar la mínima cantidad posible sin provocar efectos negativos en el rendimiento.

La utilidad de esta práctica debe ser analizada si se toman en consideración dos aspectos, tales como:

- a) El costo de la inversión y la utilidad que proporcionará.
- b) Lo práctico de su uso para suministrar agua al sistema radical y las implicaciones que pueda tener en relación con algunos problemas colaterales, como la salinización.

Para establecer un programa de riego, resulta de gran utilidad contar con información básica como lo es: Conocer la disponibilidad de fuentes de agua y calidad de esta, las características físicas del suelo, los requerimientos de agua del cultivo de acuerdo con la etapa de desarrollo (Juárez en sus investigaciones ha establecido la cantidad de agua a aplicarse en el cultivo de la caña de azúcar y recomienda aplicar mas agua en la etapa de elongación para obtener los mejores resultados en la producción sin dejar de aplicar la cantidad mínima en la etapa de brotación y macollamiento), el método que se utilizará para aplicar el agua, la topografía, información histórica del clima y otros (23).

3.1.3 Situación actual del riego en la zona cañera.

Castro (2002), indica que para minimizar las amenazas de reducción del recurso hídrico, se planteó como estrategias la adopción del enfoque de cuencas como unidad para

planificación y en cada una de ellas, desarrollar un plan estratégico de acción que permita reducir la escasez del recurso hídrico en los periodos de estiaje, incrementar la eficiencia del uso del agua para riego, reducir la competencia aguas abajo de las cuencas e incrementar la capacidad intelectual para el manejo integral del recurso hídrico con el mismo enfoque (3).

3.1.4 Planes futuros para el desarrollo del riego en la zona cañera:

Sandoval (2002), en su proyecto de investigación en riego y drenaje en el cual expone la necesidad de contar con información experimental con el fin de hacer un uso eficiente del agua de riego debido a que en la zona cañera es un recurso escaso, indica que entre los programas propuestos en investigación en riego y drenaje está el desarrollo, sostenibilidad y planificación del recurso hídrico el cual contempla como proyecto una caracterización de cuencas hidrográficas de la zona cañera guatemalteca, estudio base para la elaboración de planes estratégicos para la sostenibilidad y la conservación del recurso hídrico en la zona cañera (22).

3.1.5 El agua y sus relaciones con los suelos y la caña.

En una condición de adecuada humedad en el suelo, (Cuando este se encuentra a capacidad de campo) las raíces toman el agua sin dificultad y la planta en condiciones normales, se desarrolla satisfactoriamente. Desde este punto de vista, el suelo debe ser visto como un lugar de almacenamiento de agua. La capacidad que posee este para suplir agua a la planta está dada en función de la profundidad del perfil y de sus características tales como la textura, el contenido de materia orgánica, y la conductividad hidráulica y conductividad capilar, los factores ambientales responsables de la evaporación e incluso las prácticas de cultivo.

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 (14).

3.1.6 Riego para la brotación y el establecimiento de la caña de azúcar.

Las estacas de caña de azúcar que serán utilizadas para semilleros primarios en las áreas donde se realizan las siembras tienen como prioridad el riego ya que el agua es un factor indispensable para que la planta se desarrolle y ocurran todos sus procesos internos, Buenaventura menciona que la caña necesita 8mm/día de agua durante los días mas cálidos y secos, y aproximadamente 3mm/día de agua en la época fría y nebulosa. La humedad es importante principalmente para la brotación de las yemas en las estacas primarias de caña de azúcar y para el establecimiento de la plantación ya que los tiempos manejados en los ingenios son esenciales para obtener su producción de estacas para siembra de semilleros comerciales y en esas fechas regularmente no existe humedad suficiente en el suelo (11).

3.1.7 Consumo total de agua utilizada por la caña.

Los requerimientos totales de agua varían considerablemente, dependiendo del país, la localidad donde se cultive, la duración del ciclo e inclusive si se trata de caña plantía, nueva, o socas (3) como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 1 Agua total consumida anualmente por el cultivo de la caña de azúcar.

<i>País</i>	<i>Evapotranspiración (Et)</i>	<i>Estado del Cultivo</i>
Costa Sur de Guatemala	1500 a 2000 mm	Caña Plantía
	1100 a 1700 mm	Caña Soca

Fuente: Agro meteorología CENGICAÑA.

3.1.8 Características y propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego.

Son términos técnicos de las propiedades físicas de los suelos que van íntimamente ligados al diseño de cualquier sistema de riego. Dentro de los principales están los factores como textura del suelo, estructura del suelo, densidad aparente del suelo, densidad real del suelo, infiltración, porosidad del suelo y conductividad hidráulica que se deben tomar en cuenta para la realización de un buen riego en la caña de azúcar (5).

3.1.9 Frecuencias y programación del riego.

La frecuencia de riego se define como el lapso que transcurre entre dos riegos sucesivos. El tiempo entre un riego u otro variará con la edad del cultivo, de acuerdo con el grado de humedad del suelo y las condiciones climáticas.

Durante las fases iniciales (brotación y macollamiento), los riegos deben ser cortos pero frecuentes, debido al escaso desarrollo radicular y a la rápida evaporación de la superficie. A medida que las raíces profundizan, la frecuencia de riego se hace más larga pero los volúmenes aplicados aumentan. Cuando los intervalos son cortos, las raíces se desarrollan superficialmente; cuando son largos, estas profundizan más debido a que tienden a dirigirse hacia las zonas de mayor humedad (26).

En los suelos con textura arenosa, los intervalos deben ser acortados y la cantidad de agua aplicada debe disminuirse; lo contrario, se hace en los suelos de textura arcillosa (24).

Es arriesgado establecer una frecuencia general de riego para todas las localidades; más bien las condiciones locales deben estudiarse para hacer un uso correcto de los recursos. Sin embargo, en términos generales, puede indicarse que durante las fases iniciales de la época de verano, la frecuencia puede oscilar entre 8 y 10 días dependiendo de la localidad y de la textura del suelo. En suelos arenosos, la frecuencia aumenta; lo opuesto ocurre en los arcillosos. Una vez que ha emergido el cultivo, los riegos pueden hacerse cada 15 o cada 22 días. Lo conveniente es hacer uso de alguno de los métodos para decidir, de manera técnica, el momento indicado para efectuar el siguiente. Cuando se acerca el período de maduración, los riegos deben suspenderse entre las 2 semanas anteriores a la aplicación del madurante dependiendo del suelo (24).

3.1.10 Evapotranspiración potencial (Etp)

Esta se define como la cantidad de agua evapotranspirada por una superficie extensa cubierta por una vegetación baja que se encuentra en pleno crecimiento y sin restricción en el suministro de agua, y esta se encuentra en estado libre. El clima es el factor que más influye

en la magnitud de este valor; en especial, la radiación solar, la temperatura, la humedad ambiental y el viento. (24)

3.1.11 Evapotranspiración del cultivo (Et)

Esta se define como la cantidad de agua que se pierde por la evaporación del suelo, por la transpiración del follaje y por la evaporación de agua de lluvia interceptada por la planta, cuya magnitud también está influenciada por el clima (24).

3.1.12 Uso consuntivo

Es la cantidad de agua utilizada por los cultivos para poder formar sus tejidos, más otra cantidad que se pierde por las hojas para ser reintegrada a la atmósfera. A dicha cantidad de agua utilizada por las plantas en cantidades variadas, dependiendo del requerimiento en sus diferentes etapas de desarrollo, se conoce como coeficiente de uso hídrico o constante Kc. (12)

3.1.13 Capacidad de campo (CC)

La capacidad de campo, se expresa como el contenido de humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado, o sea, que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad por ser el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además por que es el porcentaje de humedad al que la zona radicular debe regarse para que no existan excesos ni falta de agua a la planta (23).

3.1.14 Punto de marchitez permanente (PMP)

Se define como el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo valores de pmp, las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun cuando se coloquen durante una noche en una atmósfera saturada en la que casi no se produce consumo de agua. Al medio día muchas veces las plantas pareciera que marchitaran pero luego al enfilarse el día se recuperan, este es solo un marchitamiento temporal (22).

3.1.15 Déficit permitido de manejo (DPM)

El rango entre capacidad de campo y el punto crítico se le llama déficit permitido de manejo, también se conoce como umbral de riego o abatimiento de la humedad disponible. Normalmente se expresa como el porcentaje de la humedad aprovechable total que puede ser usada por el cultivo sin que la producción de este disminuya (23).

3.1.16 Fisiología en las yemas de caña de azúcar.

Se encuentra en la banda radical. En la yema se distinguen el profilo, que es la primera hoja; el poro germinativo, por donde emergerá el tallo en el momento de brotar la yema; el ala, la zona central, punto de separación entre el ala y la zona central y el apéndice. Existen formas muy variadas de yemas, con mayor o menor cantidad de pelos epidérmicos, sus características dependen de la variedad y son de gran utilidad taxonómica (4).

3.1.17 Tratamiento térmico:

El tratamiento térmico es una práctica que se realiza con la finalidad de inactivar con calor algunos agentes patogénicos, tales como, el raquitismo de las socas (*Leafsonia xili*, *Clavibacter xili*) el albinismo (*Xanthomonas albilineans*) y el carbón (*Ustilago scitaminea*), entre otros. Los patógenos les impiden a las distintas variedades manifestar todo su potencial genético y los efectos se perciben cuando se detecta una reducción en la longitud, grosor y población de los tallos y, por lo tanto, decrecimiento en la producción de caña; también disminuye la longevidad de la plantación y ocasiona indirectamente un deterioro en la calidad del jugo en los tallos utilizados durante el procesamiento.

La termoterapia actúa destruyendo las proteínas y enzimas de los microorganismos sin destruir las de la caña. Durante el tratamiento, si la temperatura se altera o se prolonga el tiempo de exposición, la eficiencia baja y causa la pérdida de la viabilidad de las yemas. Por esta razón debe utilizarse equipo sensible para evitar cambios significativos en la temperatura y en el tiempo de exposición (5).

3.1.18 Brotación de las yemas

La brotación 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.

Habiendo buenas condiciones de humedad y de temperatura y buen nivel de nitrógeno, un trozo brota; esto es, sus yemas se desarrollan en un nuevo tallo y sus primordios radiculares, en raíces (4).

3.1.19 La humedad como factor principal para la brotación.

La humedad del suelo es de gran importancia en la brotación, especialmente cuando los trozos no están embebidos de agua antes de la siembras (4).

3.2 Marco referencial

3.2.1 Variedad CP: 881165

Variedad vigorosa de color verdosa y cuando tiene aproximadamente ocho meses de vida empieza a cerrar las calles entre lotes, en el primer corte no se ve su potencial pero del segundo corte en adelante se desarrolla todo su potencial obteniéndose producciones casi del doble del primer corte, también es erecta y florecedora hasta en un 95%, es de regular desbajero y en la cosecha es de fácil corte. Tiene buen retoño y se adapta bien al tipo de suelo arenoso, franco, franco arenoso y franco arcillosos, necesita esencialmente el riego para que la brotación de sus yemas sea buena (7).

Es de maduración media, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de enero a abril. La variedad CP-881165, en cuanto a rendimiento brinda un buen tonelaje de caña por hectárea y un alto rendimiento en libras de azúcar por tonelada. A nivel comercial se han obtenido resultados promedio de 110.00 toneladas de caña por hectárea y 92 Kg. de azúcar por tonelada de caña (7).

3.2.1 Ubicación y descripción del área experimental.

La investigación se realizó en estación experimental de finca Palo Gordo, jurisdicción de San Antonio Suchitepéquez, perteneciente al estrato medio de la región cañera de la costa sur de Guatemala. El área experimental cuenta con 63 hectáreas para la realización de experimentos y siembra de estacas para semilleros primarios en campo. Se utilizó un total de 9.72 hectáreas para esta investigación.

Cuadro 2 Descripción ecológica. (Estación meteorológica Palo Gordo)

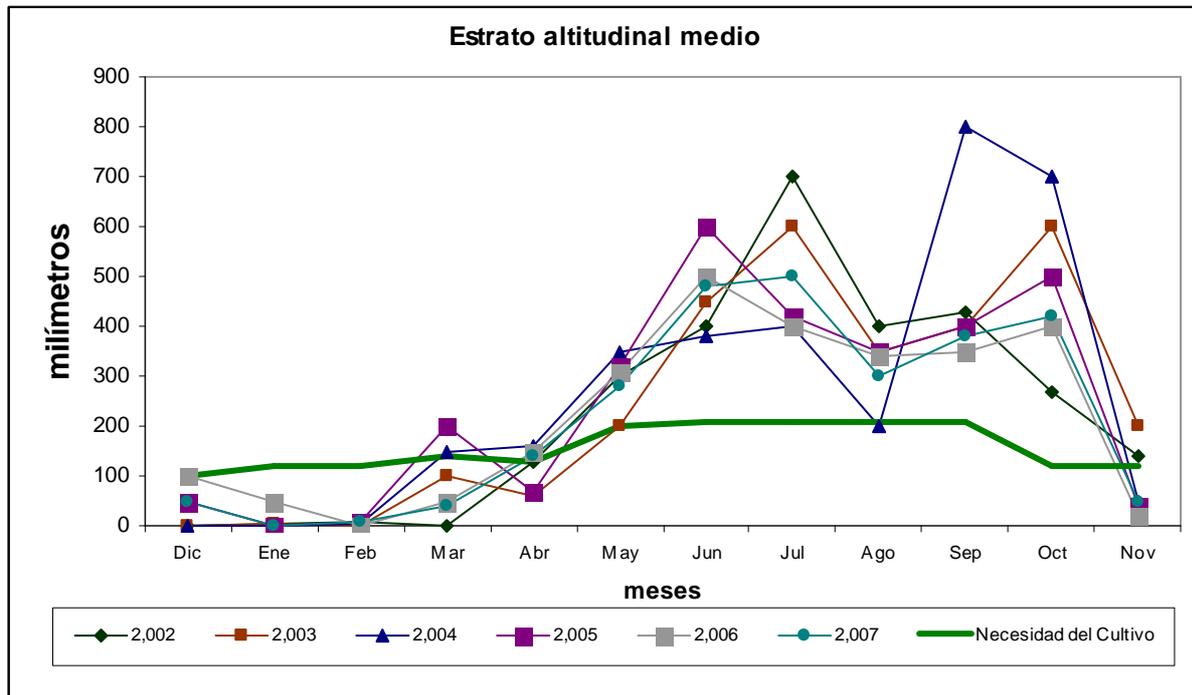
Ubicación:	Kilómetro 142 carretera al pacífico, San Antonio Such.
Clima:	Cálido
Precipitación pluvial:	2600 a 3000mm al año.
Temperatura:	Máximo promedio anual 34° C Mínima promedio anual 28° C
Altura sobre el nivel del mar:	260 metros sobre el nivel del mar.
Longitud:	91°23'52"
Latitud:	14°29'11"
Topografía.	3% de inclinación, ligeramente plana.
Época más calurosa.	Enero a marzo.
Inicio época lluviosa.	Inicio de mayo.

Figura 1 Mapa: zona cañera de Guatemala. Estación experimental ingenio Palo Gordo.



Escala 1:50,000

Figura 2 Datos de precipitación en mm de los últimos años de la finca Palo Gordo.
Fuente: (Departamento de controles ingenio Palo Gordo)



Total de lluvia por año:

Año 2,002: 2,785mm	Año 2,004: 3,195mm	Año 2,006: 2,670mm	Necesidad del cultivo
Año 2,003: 2,965mm	Año 2,005: 2,960mm	Año 2,007: 2,650mm	1,890mm

4. Objetivos.

- 4.1** Determinar las láminas de riego aplicadas y la evapotranspiración durante el establecimiento de semilleros básicos en la caña de azúcar bajo cuatro frecuencias de riego.

- 4.2** Determinar el efecto de cuatro láminas de riego con frecuencias de 5, 10, 15 y 20 días sobre la brotación de yemas en las estacas primarias en los primeros 30 días después de la siembra, para semilleros básicos, en su establecimiento y producción de estacas para semilleros comerciales de caña de azúcar bajo las condiciones de suelo de la finca Palo gordo.

- 4.3** Establecer de los cuatro tratamientos utilizados, con cual de estos se obtiene el mayor beneficio – costo al producir estacas para semilleros comerciales aplicando diferentes láminas de riego.

5. Hipótesis:

Con la aplicación de diferentes láminas de riego con frecuencias diferentes no se obtendrán diferencias significativas en la brotación y establecimiento de las yemas de estacas de semilleros básicos para producción de estacas para semilleros comerciales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en condiciones de la finca Palo Gordo.

6. Metodología

6.1 Análisis y determinaciones previas:

6.1.1 Propiedades físicas del suelo con fines de riego:

Para la determinación de las características físicas del suelo en el área experimental se elaboraron 2 calicatas de un metro cúbico, tomándose una muestra compuesta para cada horizonte que se encontró, para su análisis respectivo en el laboratorio físico químico de agua y suelos PLAMAR, tomando en cuenta que estas muestras son representativas para el área experimental. Con fines de riego para el análisis se tomaron en cuenta la textura, densidad aparente (Da), características de retención de humedad como, capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP). A continuación se presentan los resultados del análisis de la calicata y el análisis físico de suelo para los horizontes.

Cuadro 3 Descripción del perfil del suelo por calicata.

Calicata 1

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características
A	0 – 25	Suelo de textura franco arcillosa de color café oscuro con presencia de materia orgánica, estructura granular.
B	25 – 100	Suelo con textura arcilloso, de color marrón, con restos de raíces hasta los 90 cm. de profundidad y de estructura con bloques poco formados.

Calicata 2

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características
A	0 – 30	Suelo de textura franco arcillo arenoso de color café claro, estructura granular con excelente drenaje.
B	30 – 100	Suelo con textura arcilloso, de color negro, con restos de raíces hasta los 90 cm. de profundidad y estructura granular.

Cuadro 4 Características físicas de los suelos de estación experimental en finca Palo Gordo.

Hori.	Profun. (cm.)	% Arc	% limo	% are	Textura	CC	PMP	Da	Lam. Aprov.	LARA (mm)
Calicata I										
A	0-25	39.92	20.5	39.58	Franco arcilloso	28.99	19.44	1.0943	26.13	15.68
B	25-100	49.64	21.96	28.46	Arcilla	37.2	27.82	0.9646	67.86	40.72
										56.39
Calicata II										
A	0-30	35.21	24.63	40.16	Franco arcillo arenoso	29.18	20.12	1.0655	28.96	17.38
B	30-100	53.43	16.75	29.82	Arcilloso	37.01	26.32	0.9677	72.41	43.45
										50.69

Fuente: Departamento de agronomía, ingenio Palo Gordo.

Con dichos datos se determinó la lámina rápidamente aprovechable (LARA) correspondiente a una profundidad de 100cm y un umbral de riego del 60%.

6.2 Características químicas del suelo con fines de siembra de semilleros:

El análisis químico de las muestras de suelo se realizó en el laboratorio de soluciones analíticas de Guatemala. Donde se determinó el pH, cantidad de concentración de sales, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CICe), saturación de bases y los elementos nutricionales.

Cuadro 5 Presentación de los resultados del análisis químico y los rangos dentro de los cuales deben de estar los parámetros del suelo para ser adecuados.

Parámetros del suelo		Rango adecuado
PH	5.7	5.5 – 7.2
Concentración de sales (ds/m)	0.18	0.2 – 0.8
Materia orgánica (MO)	5.5	2.0 – 4.0 %
C.I.C.e	11.7	5.0 – 15.0 meq/100g
Saturación K	5.4	4% – 6%
Saturación Ca	73.2	60% – 80%
Saturación Mg	21.3	10% – 20%
Saturación Al+H	0	< 20%

Cuadro 6 Resultados de la concentración de elementos en partes por millón y los rangos donde se deben encontrar los elementos.

Elemento		Conc. Ppm (p/v)	Nivel			Rango Adecuado ppm (p/v)
			Bajo	Adecuado	Alto	
Fósforo	P	24.6	XXXXXXXXXXXX			30 – 75
Potasio	K	367.3	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 – 300
Calcio	Ca	2099.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1000 – 2000
Magnesio	Mg	409.6	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			100 – 250
Cobre	Cu	7.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1 – 7
Hierro	Fe	268.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 – 250
Manganeso	Mn	130.5	XXXXXXXXXXXX			10 – 250
Zinc	Zn	5.4	XXXXXXX			2 – 25
Aluminio	Al	< 8.0	XXXXXXX			< 100

• Kg. /Ha x 1.54 = Lbs. / Mz.

En los cuadros anteriores se puede observar, la capacidad de fertilidad que el suelo tiene ya que su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se encuentra en rango adecuado. El porcentaje de saturación de bases (%SB) para las bases es adecuado y alto, entonces el suelo no necesita fertilización ya que sus rangos están adecuados por lo tanto se recomienda aplicar únicamente Nitrógeno a este suelo, la fertilidad del suelo se deba posiblemente a que son suelos en donde se ha aplicado cantidades considerables de cachaza (materia orgánica derivada del bagazo de la caña y restos de suelo)

6.3 Manejo del cultivo desde la siembra hasta el establecimiento y corte de semilla:

Se utilizó la variedad CP 881165 ya que es la que tiene impulso actualmente dentro del Ingenio para suplir en un 10 % el área total sembrada en sus fincas. Al cultivo se le dieron las mismas labores que se llevan a cabo para los semilleros desde la preparación del suelo para la siembra hasta la aplicación de herbicida para el cierre del cañal, labores hasta los 90 días después de la siembra, donde se considera que el cultivo está plenamente establecido (Juárez 1,995).

Las labores de preparación de suelo se hicieron con labranza convencional, empezando con el volteo utilizando una rastra pesada con objetivo de eliminar los restos de la siembra anterior. Continuando la labor de pulido con una rastra pulidora, dejando el suelo listo para la siguiente labor que es la del surqueo, dejando entre surcos una distancia de 1.5 metros. Juntamente al surqueo se realizó la primera fertilización, siendo de forma mecanizada aplicando fertilizante químico a base de N y P utilizando una mezcla física especial (25.40 – 25.40 – 0) en dosis de 1.75 qq / Ha.

La siembra se hizo con una cantidad de 8 yemas por metro lineal, utilizando una cantidad total de 53,333 yemas por hectárea, teniendo el experimento un área para siembra de 19.44 hectáreas. Cada yema tiene un costo de producción de Q0.08.

La Primera aplicación pre-emergente de herbicida, se realizó a los 10 días después del primer riego, utilizando para ello la siguiente mezcla:

			Ametrina	3 Lts / Ha;	
Diurón	1.5 Kg. / Ha;	2 – 4D	1.5 Lts / Ha;	Adherente	0.15 Lts / Ha

El segundo control de malezas se realizó de forma mecanizada con un desaporque, el cual botó la mesa del camellón eliminando la maleza que se encontraba en la mesa y tapando la que estaba dentro del surco.

Después del segundo riego se efectuó un control químico post-emergente, aplicando una mezcla de Pendimentalina a 2Lts / Ha, Terbutrina a 2Lts / Ha, 2 – 4D a 1Lt / Ha, Adherente a 0.20 Lts / Ha y corrector de pH a 0.11Lt / Ha. Para finalizar, se realizó arranque manual solo en el área experimental a los 90 días después de la siembra.

6.4 Metodología experimental:

6.4.1 Descripción de los tratamientos a evaluar:

Se evaluaron cuatro láminas de riego utilizando cuatro frecuencias diferentes, a cada 5 días (12 riegos), frecuencias a cada 10 días (6 riegos), frecuencias a cada 15 días (4 riegos) y frecuencia a cada 20 días (3 riegos) como testigo comercial, todos los tratamientos recibieron un riego al primer día después de la siembra con la frecuencia y lámina de cada tratamiento.

Cuadro 7 Descripción de los tratamientos.

Tratamiento (Lámina de riego)	Identificación	Frecuencia
Lámina aplicada en 1.5 horas de riego por aspersión (26.67 mm/turno)	T1	5 días (13 riegos)
Lámina aplicada en 2 horas de riego por aspersión. (35.02 mm/turno)	T2	10 días (7 riegos)
Lámina aplicada en 2.5 horas de riego por aspersión. (40.63 mm/turno)	T3	15 días. (5 riegos)
Lámina aplicada en 3 horas de riego por aspersión (50.45 mm/turno)	T4 (testigo)	20 días. (4 riegos)

Debido a que no se puede dejar un semillero sin riego, entonces no se utilizó un testigo absoluto, este fue el tratamiento con una lámina con 3 horas de riego y una frecuencia de 20 días, que es el riego que actualmente se aplica en los semilleros. La lámina de riego se obtuvo con los sistemas de riego por aspersión funcionando bajo las condiciones normales que se presentan actualmente, las cuales son:

- Bomba marca Berkeley de 800 GPM, con presión de salida de 90psi.
- Motor John Deere de 78 Hp., trabajando a 1,800 revoluciones por minuto.
- Tubería central .de 6 pulgadas con laterales de 6 pulgadas y accesorios de 6".
- Aspersores tipo cañón F-150 con boquillas de 1.08 pulgadas.
- Presión de aspersores con que se trabaja es de 40 a 50 PSI.

Esta investigación fue realizada en el tiempo que únicamente es de la siembra hasta el establecimiento del cultivo que según Juárez 1,995 el establecimiento-macollamiento de la caña es de 90 días después de la siembra. Se obtuvieron datos de yemas por tallo hasta los 210 días después de siembra donde se cosechó las estacas para producir estacas de semillero comercial.

6.4.2 Diseño experimental

Por las características del suelo con variaciones, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se utilizaron dos parcelas de 9.72 hectáreas, ya que fue un área de 0.81 hectáreas por tratamiento para tener tres repeticiones.

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 11 Apéndice).

Se evaluó el porcentaje de yemas brotadas por metro lineal, tomando 5 submuestras dentro de cada unidad experimental, cada submuestra fue de 5 metros de largo en un surco, para un total en promedio de 40 yemas que se tomaron como el 100% ya que se siembran 8 yemas por metro lineal en el campo, así evaluar el porcentaje de las yemas que brotaron. Se tomó la primera a los 15 días, la segunda a los 20 días y la tercera a los 30 días después de la siembra.

A partir de los 20 días después de la siembra se efectuaron lecturas de población en cada submuestra o fracción de surco de 5m de largo, en las unidades experimentales para un total de seis muestreos. A los 20, 30, 45, 60, 75 y 95 días después de la siembra para evaluar la etapa de establecimiento.

Para la altura de planta se realizaron un total de tres muestreos, efectuándose el primero a los treinta, el segundo a los sesenta y el tercero a los noventa y cinco días después de la siembra, haciendo una dimensión de cuatro surcos de ancho (6 m) por 6 metros de largo para un área de submuestreos de 36 metros cuadrados.

Para la cantidad de yemas por tallo, en el corte de caña de estacas para semilla comercial se tomaron al azar 10 plantas por cada parcela, a las cuales se les contó el número de yemas viables a los 210 días después de la siembra.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + B_i + T_j + M_k + E_{ijk}$$

Donde:

- $i = 1, \dots, 3$
- $j = 1, \dots, 2$

- Y_{ijk} = Variable respuesta en el k-ésimo cuadro muestra de la i-ésima repetición del j-ésimo tratamiento.
- U = Media general.
- B_j = Efecto del i-ésimo Bloque.
- T_j = Efecto del j-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.

Los tratamientos quedaron ubicados como se muestra en la figura 12 del apéndice.

6.5 Unidad experimental.

Cada tratamiento quedó definido con el área que abarcan dos posiciones de los aspersores (4 aspersores) con las siguientes dimensiones.

Parcelas de 180 metros de largo por 45 metros de ancho para dar un total de 8,100 metros cuadrados (0.81 Ha). El área experimental fue de 194,400 metros cuadrados (19.44 hectáreas) incluyendo el área de traslape que no se evaluó.

El área neta que se utilizó para el experimento fue de 97,200 metros cuadrados (9.72 hectárea). (Figura 11 de apéndice)

6.6 Medición de los riegos experimentales

6.6.1 Medición de láminas de riego.

La medida de las láminas que se aplicaron fue tomada con la disposición de recipientes formando una cuadrícula de 9 x 9 recipientes entre dos aspersores de cada lateral siendo dos laterales, la separación entre recipientes fue de 5m, para un total de 81 recipientes (figura 13 de apéndice), Se efectuó una vez a lo largo de una unidad experimental para cada uno de los tratamientos de riego.

Se tomaron mediciones de presión de trabajo para los aspersores y se calculó la lámina promedio aplicada para cada tratamiento de la siguiente manera:

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

Donde:

L_{cp} = Lámina promedio captada.

$\sum L_{ci}$ = Sumatoria de la lámina colectada en cada recipiente.

N = Número de recipientes.

6.6.2 Medición de la uniformidad de riego

Entre los parámetros que evalúan la calidad del riego por aspersión es la uniformidad de aplicación de la lámina de riego, para lo cual se determinaron los índices de coeficiente de uniformidad (C_u) y uniformidad de distribución (U_d)

(La U_d es un índice de distribución cuyo máximo valor es 1 y entre menor sea el índice menor es la uniformidad de distribución, se comparan dos áreas.)

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

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

Donde el X_i = es la desviación de los valores captados con respecto a L_{cp} y el N = No. de observaciones.

6.7 Uso del agua:

6.7.1 Utilizando el método del tanque de evaporación de la FAO, se obtuvo la evapotranspiración.

Para obtener el cálculo de evapotranspiración, el procedimiento se basó en el método del tanque tipo A de la FAO (1997) (11).

Se utilizaron los datos de la estación meteorológica Palo Gordo, ubicada en estación experimental de la finca Palo Gordo, en San Antonio Suchitepéquez a 252 m.s.n.m. para lograr establecer la evapotranspiración por períodos en función de la edad o etapa de desarrollo del cultivo con la utilización de la evaporación del tanque tipo A. El registro de la información

corresponde a la evaporación de una superficie libre de agua, la cual integra todos los factores climáticos a los que estuvo sometida la plantación, como son radiación, temperatura, humedad y viento (11).

La evapotranspiración para la época seca y ciclo total del cultivo resultaron de la sumatoria de la Et diaria según el balance hídrico.

6.7.2 Requerimiento total de agua en el ciclo del cultivo.

La evapotranspiración real del cultivo está en función de la evaporación y el coeficiente K del tanque, el que a su vez tiene implícito la interacción de los componentes suelo (Ks), cultivo (Kc) y clima, de acuerdo a las siguientes relaciones (11)

$$E_{to} = K_i * E_v \quad (1) \qquad E_{tr} = K_s * K_c * K_i * E_v \quad (2)$$

$$E_{tr} = K * E_v \quad (3) \qquad \text{Donde: } K = K_s * K_c * K_i \quad (4)$$

E_{to} = Evapotranspiración del cultivo de referencia.

E_{tr} = Evapotranspiración real

K_i = Coeficiente intrínseco del tanque dado por la FAO

K_s = Coeficiente de Suelo

K_c = Coeficiente del cultivo

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

E_v = Evaporación del tanque

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

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

En tal sentido, la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración máxima cuando el agua en el suelo es disponible a bajas tensiones ($K_s = 1$), o sea $E_{tr} = E_{tm}$. Los factores (K_c) y (K_i) utilizados en el cálculo de la evapotranspiración máxima se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8: Coeficiente utilizados en el cálculo de la ET m del cultivo

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

Fuente FAO 1,979

6.7.3 Requerimiento de riego en la época seca:

El requerimiento de riego para la etapa de brotación y establecimiento se determinó en base al balance hídrico de la siguiente manera.

Requerimiento de riego (mm) = sumatoria de ET – Sumatoria de precipitación efectiva.

La Et corresponde a los valores diarios totales de evapotranspiración de enero a abril del 2008. La precipitación efectiva se determinó de acuerdo al balance hídrico aplicando la ecuación:

Precipitación efectiva = Sumatoria de Precipitación – Sumatoria de excesos de agua. (11)

La precipitación fue la sumatoria de las precipitaciones diarias menos la sumatoria de los excesos de agua calculados según el balance hídrico para los cuatro tratamientos. (Cuadro 40 del apéndice)

6.8 Variables respuestas

6.8.1 No. de yemas brotadas por metro lineal.

Se realizaron tres submuestras, a los 15, 20 y 30 días después de la siembra. Cada submuestra fue el conteo de yemas brotadas en 5 metros lineales a lo largo de un surco, en promedio se sembraron 40 yemas por cada 5 metros de donde se obtiene el 100 % de siembra, para la brotación, se hizo el conteo y se obtuvo la relación para obtener el porcentaje de brotación.

6.8.2 Población.

A partir de los 20 días después de la siembra se efectuaron lecturas de población en cada submuestra o fracción de surco de 5m de largo, en las unidades experimentales para un total de siete muestreos. A los 20, 30, 45, 75 y 95 días después de la siembra para evaluar la etapa de establecimiento. Además se realizaron lecturas a los 190 días después de la siembra y al momento de corte de semilla a los 210 días después de la siembra para evaluar el macollamiento.

6.8.3 Altura de la planta.

Para altura de planta se realizaron un total de tres muestreos, a los treinta, a los sesenta y a los noventa y cinco días después de la siembra, haciendo una dimensión de cuatro surcos de ancho (6m) por 6 metros de largo para un área de submuestreos de 36 metros cuadrados.

Para las mediciones de altura se marcaron 20 plantas a las cuales se le llevó la secuencia de crecimiento, midiendo desde la base del tallo hasta la última lígula visible, auxiliándose de una cinta métrica. Las lecturas fueron expresadas en metros, además se realizaron lecturas a los 190 días después de la siembra y al momento de corte de semilla a los 210 días después de la siembra.

6.8.4 Cantidad de yemas por tallo.

Para la cantidad de yemas por tallo, en el corte de caña de estacas para semilla comercial se tomaron al azar 10 plantas por cada parcela, a las cuales se les contó el número de yemas viables a los 210 días después de la siembra.

6.9 Producción en ton/ha de caña para estacas de semilleros comerciales.

Para determinar el efecto que causan los riegos durante el establecimiento sobre la producción de estacas para semilleros comerciales por hectárea, se tomaron para el efecto 2 submuestras de dimensiones de 180m de largo por 7.5m de ancho (5 surcos, equivalentes al largo del surco experimental de donde se obtienen los paquetes de corte de estacas para

semilla comercial), se pesaron y se obtuvo el promedio por unidad experimental para después pasarlo a ton / Ha.

6.10 Análisis económico:

Es importante establecer un análisis de costo para tomar las decisiones adecuadas en la práctica de riego. El beneficio por hectárea (BH), para cada uno de los tratamientos se determinó con la siguiente formula:

$$\text{BH} = (\text{Toneladas / Ha producidas para semillero comercial} * \text{Precio de tonelada de semilla comercial}) - (\text{cantidad de yemas primarias para sembrar una Ha de semillero primario} * \text{precio de yema producida}) - (\text{Costo de Preparación de suelo convencional por Ha}) - (\text{Costo de siembra por Ha}) - (\text{Costo de riego / Ha} * \text{No de riegos aplicados})$$

6.11 Análisis de resultados:

En el manejo de la información por cada una de las variables respuestas se elaboró un cuadro de resultados, los cuales fueron interpretados por un análisis de varianza al 5%, para determinar si existe diferencia significativa estadísticamente entre los tratamientos. El efecto que causaron las láminas de riego en la brotación de yemas y establecimiento de las estacas primarias para semilleros de caña de azúcar fue evaluado en los 30 días después de la siembra efectuando el análisis de varianza respectivo para tres lecturas, en la variable población y crecimiento fue evaluado hasta los 95 días después de la siembra, efectuando el análisis de varianza respectivo para cinco 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 población y altura de planta 190 y 210 días después de la siembra.

Se efectuó el análisis de medias de Tukey para todas las lecturas, ya que en algunas existían diferencias significativas. El mismo análisis se efectuó para la variable cantidad de yemas por tallo para determinar la influencia de los riegos sobre las mismas. Para el análisis económico se obtuvieron costos de producciones en el departamento administrativo de Ingenio Palo Gordo para establecer el beneficio costo de los cuatro tratamientos.

7. Resultados y Discusión:

Se evaluó en cada riego la uniformidad de aplicación, los resultados obtenidos en los riegos experimentales aplicados, determinación de las láminas aplicadas y se describen los resultados del consumo de agua, los cuales se determinaron mediante el balance hídrico. Posteriormente se describen las variables respuesta para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la brotación y establecimiento – macollamiento.

7.1 Riegos experimentales:

Se aplicó un total de 13 riegos experimentales para el tratamiento 1, a los 01, 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 días después de la siembra (dds), 7 riegos para el tratamiento 2, a los 01, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 dds, 5 riegos para el tratamiento 3, a los 01, 15, 30, 45 y 60 dds y por último 4 riegos para el tratamiento 4, a los 01, 20, 40 y 60 dds. 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 a continuación.

Cuadro 9 Registro láminas de riego en mm, aplicadas a cada tratamiento en Palo Gordo.

Tratamientos	No. De Riegos	Fecha	Presión (PSI)	Lámina Promedio Captada (mm)	CU %	Ud. %
T1	1	10/01/2008	45	26.69	77.40%	72.45%
	2	15/01/2008	46	27.08	78.87%	70.15%
	3	20/01/2008	42	27.83	81.80%	71.46%
Tiempo de riego	4	25/01/2008	40	27.19	79.40%	67.42%
1.5 horas	5	30/01/2008	48	27.64	83.45%	71.56%
	6	04/02/2008	50	27.72	82.44%	72.55%
Frecuencia	7	09/02/2008	50	27.69	82.35%	67.00%
5 días	8	14/02/2008	50	28.53	84.67%	77.51%
	9	19/02/2008	45	26.31	78.01%	63.36%
	10	24/02/2008	44	24.50	72.00%	69.39%
	11	29/02/2008	42	24.86	72.62%	67.93%
	12	05/03/2008	49	25.31	73.52%	73.33%
	13	10/03/2008	47	25.36	75.68%	73.60%
Promedio			46	26.67	78.63%	70.59%
T2	1	10/01/2008	47	34.28	77.35%	69.37%
	2	20/01/2008	44	34.94	77.79%	68.68%
	3	30/01/2008	48	35.22	77.55%	68.14%
	4	09/02/2008	42	34.97	77.89%	70.85%
	5	19/02/2008	50	35.33	77.97%	70.44%
	6	29/02/2008	50	34.86	79.18%	69.48%
	7	10/03/2008	43	35.53	78.65%	67.55%
Promedio			46	35.02	78.05%	69.22%

T3	1	10/01/2008	42	42.28	76.32%	73.32%
Tiempo de riego 2.5 horas	2	25/01/2008	48	39.50	78.97%	74.54%
	3	09/02/2008	47	39.89	77.28%	74.09%
Frecuencia 15 días	4	24/02/2008	46	39.44	77.51%	74.08%
	5	10/03/2008	50	42.06	76.57%	73.18%
Promedio			47	40.63	77.33%	73.85%
T4	1	10/01/2008	45	50.00	79.33%	58.44%
Tiempo de riego 3 horas	2	30/01/2008	45	51.89	78.12%	65.31%
	3	19/02/2008	50	50.14	81.82%	67.15%
Frecuencia: 20 días	4	10/03/2008	42	49.78	75.77%	62.72%
Promedio			46	50.45	78.76%	63.41%

Como se puede observar en el cuadro 9 la variación de las láminas aplicadas promedio en los tratamientos de riego fue de 8.35mm, resultado de la resta entre 35.02mm del T2 menos 26.67mm del T1. 5.61mm, resultado de la resta entre 40.63mm del T3 menos 35.02mm del T2. 9.82 mm, resultado de la resta entre 50.45mm del T4 menos 40.63mm del T3.

Con una variación en el tiempo de riego de media hora entre cada tratamiento. El coeficiente de uniformidad fue evaluado en todos los riegos efectuados y en los cuatro tratamientos, determinándose un valor promedio de 78.19%, valor considerado bajo (> 80%).

En el cuadro 10, 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 funcionado con una presión en la salida de los aspersores de 40 – 50 PSI, distanciamiento entre aspersores de 45 metros y 45 metros entre laterales, para un diámetro de mojado de 75 metros.

Cuadro 10 Presiones, coeficientes de uniformidad (Cu) y uniformidades de distribución (UD) promedios en cada uno de los riegos aplicados en la finca Palo Gordo.

No. Riego	Presión (PSI)	Cu (%)	UD (%)	Lamina de Riego (mm)			
				Trata 1	Trata 2	Trata 3	Trata 4
1	44.75	77.60%	68.40%	26.69	34.28	42.28	50.00
2	45.75	78.44%	69.67%	27.08	34.94	39.50	51.89
3	46.75	79.61%	70.21%	27.83	35.22	39.89	50.14
4	42.50	77.64%	68.77%	27.19	34.97	39.44	49.78
5	49.33	79.33%	71.73%	27.64	35.33	42.06	
6	50.00	80.81%	71.01%	27.72	34.86		

7	46.50	80.50%	67.28%	27.69	35.53		
8	50.00	84.67%	77.51%	28.53			
9	45.00	78.01%	63.36%	26.31			
10	44.00	72.00%	69.39%	24.50			
11	42.00	72.62%	67.93%	24.86			
12	49.00	73.52%	73.33%	25.31			
13	47.00	75.68%	73.60%	25.36			
Sumatoria				346.72	245.14	203.17	201.81
Promedio General				26.67	35.02	40.63	50.45

La variación en los coeficientes de uniformidad fueron de un rango promedio de 72.00% en el décimo riego a un 84.67% en el octavo riego del tratamiento 1. En el tratamiento 1 y 2 el promedio mayor fue de 80.81% en el sexto riego. En el tratamiento 3 y 4 su rango promedio mayor fue de 79.61% en el tercer riego, valor considerado bajo (menor del recomendado 80%) con excepción del promedio de riegos en el sexto, séptimo y octavo riego de los tratamientos 1, 2 y 3.

Con los equipos utilizados se recomienda que para aumentar el coeficiente de uniformidad se debe incrementar la presión de los aspersores de 5 a 10 PSI sobre la presión de funcionamiento en su salida, además aumentar el diámetro de salida en la boquilla secundaria del aspersor para mojar mas el pié del aspersor. Con esta recomendación se podrá disminuir el tiempo de riego / turno, además de mejorar la uniformidad de aplicación, aspecto básico para una buena brotación y respectivo establecimiento del cultivo.

La uniformidad de distribución de la lámina aplicada osciló de un 63.36% a 77.51% para el tratamiento 1; para el promedio de los tratamientos 1 y 2 la menor fue de 67.28% y la mayor fue de 71.73%; incluyendo en el promedio el tratamiento 3, el promedio de la uniformidad de distribución de la lámina aplicada para los cuatro tratamientos fue el menor porcentaje de 68.40% en el primer riego y el porcentaje mayor fue de 70.21% en el tercer riego. 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 brotación de las yemas de las estacas y posterior desarrollo del cultivo de la caña.

7.2 Control de lámina

Para el control de la lámina se llevó un registro detallado de los riegos durante la ejecución del presente proyecto de investigación, principalmente de las láminas de riego aplicadas en cada una de las unidades experimentales, efectuando así un muestreo a lo largo de cada unidad experimental para así determinar las láminas promedio captada.

Cuadro 11. Resumen sobre control de láminas de riego aplicadas y lámina total recibida por tratamiento en mm hasta los 80 días después de la siembra, relación con la Et.

Tratamiento	Edad (dds)	No. Riegos	Lámina captada promedio/riego	Lamina de Riego Total (mm)	PP Pluvial	Lámina Total (mm)	EV	Et
T1 1.5 Horas	0 - 30	6	24.56	147.38	1.00	148.38	129.57	50.05
	30 - 80	7	24.17	169.18	78.00	247.18	218.10	168.26
	0 - 80	13	24.35	316.56	79.00	395.56	347.67	218.31
T2 2.0 Horas	0 - 30	3	33.79	101.38	1.00	102.38	129.57	50.05
	30 - 80	4	34.20	136.80	78.00	214.80	218.10	168.26
	0 - 80	7	34.03	238.18	79.00	317.18	347.67	218.31
T3 2.5 Horas	0 - 30	2	40.56	81.11	1.00	82.11	129.57	50.05
	30 - 80	3	40.06	120.17	78.00	198.17	218.10	168.26
	0 - 80	5	40.26	201.28	79.00	280.28	347.67	218.31
T4 3.0 Horas	0 - 30	2	52.64	105.28	1.00	106.28	129.57	50.05
	30 - 80	2	51.79	103.58	78.00	181.58	218.10	168.26
	0 - 80	4	52.22	208.86	79.00	287.86	347.67	218.31

Hay una diferencia de 78.38mm en la lámina de riego total aplicada al tratamiento de 1.5 horas en relación al tratamiento de 2 horas, una diferencia de 115.28mm al tratamiento de 2.5 horas y de una diferencia de 107.70mm al tratamiento de 3 horas. Hay una diferencia de 36.90mm en la lámina de riego total aplicada al tratamiento de 2 horas en relación al tratamiento de 2.5 horas y de 29.32mm al tratamiento de 3 horas. Entre los tratamientos de 2.5 y 3 horas hay una diferencia de 7.58mm que al traducirlas en costos de riego resultan considerablemente importantes.

La lámina total recibida por el cultivo está afectada por pequeñas precipitaciones que iniciaron entre los 20 y 40 días con 6mm de caída, de los 40 y 60dds con 10mm de caída y de 60 a 80 dds con 63mm de caída para un total de 79mm de lámina de lluvia.

7.3 Evapotranspiración o lámina consumida

7.3.1 Demanda evapotranspirativa.

La Demanda Evapotranspirativa según el método del tanque de la FAO para el ciclo total de los semilleros primarios de caña de azúcar (7 meses) fue de 681.80mm, en tanto que para la etapa inicial (31 días) fue de 52.85mm (15%), para su etapa de macollamiento y establecimiento (95 días) fue de 323.66mm y para su etapa de elongación (85 días) fue de 308.10mm. Se determinó la Et total sumando las Et diaria desde el primer día después de la siembra hasta el corte de las estacas para utilizarlas en los semilleros comerciales.

Como se puede observar en el cuadro 11 la Et fue cubierta por la lámina total aplicada, incluyendo el riego más la lluvia en los cuatro tratamientos. En los primeros treinta días de la brotación y en los 50 días del macollamiento y establecimiento en la época seca, incluso el tratamiento con menor cantidad de agua aplicada cubrió la demanda evapotranspirativa.

7.3.2 Requerimiento de riego durante la época seca:

El requerimiento de riego en la época seca según el balance hídrico para los cuatro tratamientos se describe a continuación:

- El tratamiento 1 (1.5 horas de TR. con frecuencia de 5 días) fue de 284.06mm siendo el requerimiento de riego mas alto, según el cuadro 40, existe una cantidad grande de excesos de agua por la frecuencia muy corta.
- Para el tratamiento 2 (2.0 horas TR. con frecuencia de 10 días) fue de 190.68mm, disminuyó considerablemente la cantidad de requerimiento de riego ya que se disminuyó los excesos de agua por el aumento de frecuencia.
- Para el tratamiento 3 (2.5 horas tiempo de riego con frecuencia de 15 días) fue de 135.67mm, es el que menor requerimiento de riego presentó, significa que es el tratamiento en donde menor excesos de agua se aplicaron.

- Para el tratamiento 4 (3.0 horas TR. con frecuencia de 20 días) fue de 145.68mm. Significa que en orden descendente, menores excesos de agua aplicados en los tratamientos se encuentra el T 3, seguido por T 4, seguido por T 2 y por ultimo el T 1.

Cuadro 12 Evapotranspiración en mm/día hasta los 210 días después de la siembra, por cada mes.

Meses	Evaporación (mm)	Et Total (mm)	Promedio mm/día	Et (mm) Acumulada	Lluvia (mm)
Enero	92.32	27.70	0.89	27.70	0
Febrero	130.67	78.40	2.70	106.10	16
Marzo	132.62	119.37	3.85	225.47	63
Abril	117.27	105.54	3.52	331.01	485
Mayo	119.90	107.91	3.48	438.92	294
Junio	116.91	105.22	3.51	544.14	661
Julio	127.78	115.00	3.71	659.14	398
Agosto	25.18	22.66	3.78	681.80	0
Total	862.65	681.80			1,917

7.4 Profundidad de humedecimiento en cada tratamiento

Para lograr determinar después de cada riego la profundidad de mojado se efectuó una serie de 3 submuestreos para cada muestra compuesta en cada una de las unidades experimentales por medio de barrenamientos por unidad experimental.

Cuadro 13. Profundidad promedio de humedecimiento en centímetros después de los riegos durante el establecimiento macollamiento, en la finca el Palo Gordo.

Orden de Riego	Horas de Riego			
	1.5 Horas	2.00 Horas	2.50 Horas	3.00 Horas
1ro	15.00	25.00	36.80	46.20
2do	21.00	35.40	49.60	61.60
3ro	21.60	36.00	49.20	63.20
4to	28.60	36.80	52.00	57.40
5to	27.00	38.80	50.80	
6to	24.40	39.00		
7mo	25.40	42.60		
8vo	25.80			
9no	28.80			
10mo	27.80			
11mo	30.40			
12mo	30.00			
13ro	30.80			
Promedio	25.89	36.23	47.68	57.10

Estos valores corresponden a un promedio obtenido de tres submuestreos en cada una de las unidades experimentales en veintinueve riegos experimentales para hacer un total de 78 observaciones para el T1, 42 para el T2, 30 para el T3 y 24 para el T4, obteniendo promedios generales durante el período de estudio de 25.89 cm. de profundidad de humedecimiento para la lámina aplicada en 1.5 horas, 36.23 cm. de profundidad de humedecimiento para la lámina aplicada en 2 horas, 47.68 cm. profundidad de humedecimiento para la lámina aplicada en 2.5 horas y 57.10 cm. profundidad de humedecimiento para la lámina aplicada en 3 horas.

7.5 Variables respuestas:

En la investigación para analizar el efecto de los tratamientos, las variables respuesta evaluadas fueron porcentaje de brotación en tres edades, población y altura de plantas en diferentes edades, número de yemas al momento de cosecha de las estacas para semilleros comerciales y producción en ton/ha de estacas para semilleros comerciales.

7.5.1 No. de yemas brotadas por metro lineal.

Para esta variable se consideró el número de plantas brotadas de las yemas de las estacas en 5 metros lineales para cada submuestra a lo largo del surco, para obtener muestras por unidad experimental, se obtuvo el porcentaje dividiendo las yemas brotadas en los 5 metros lineales dentro del total de yemas sembradas en esos 5 metros que en promedio es de 40 yemas, lecturas a los 15, 20 y 30 días después de la siembra.

A continuación se resumen los resultados en el siguiente cuadro.

Cuadro 14 Registros de porcentaje de Brotación de yemas en 5m lineales

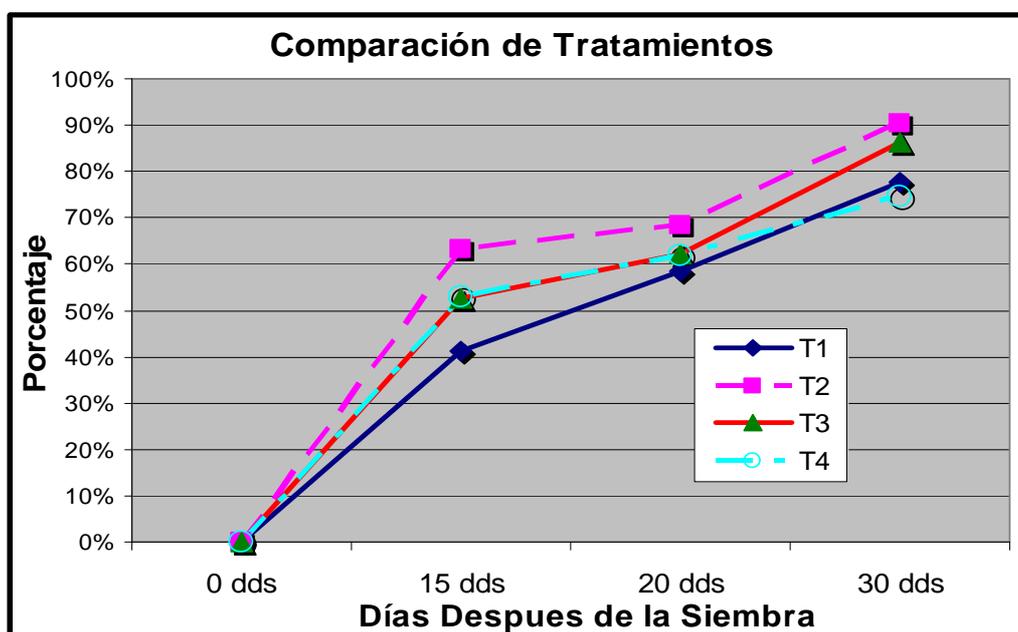
Tratamiento	Horas de riego	Porcentaje de brotación de yemas en 5 m lineales.		
		15 dds	20 dds	30 dds
T1	1.5	41%	59%	78%
T2	2.0	63%	68%	91%
T3	2.5	53%	62%	86%
T4	3.0	53%	62%	75%
Probabilidad		0.0001	0.0021	0.0001
Significancia		**	**	**
C.V. (%)		2.73	2.64	2.23

NS No Significativo; * Significativo; ** Altamente Significativo
dds: días después de la siembra

Como se observa en el cuadro 14 y figura 3, se percibe que hay un mayor porcentaje de brotación en el tratamiento 2 a los 15 días después de la siembra y así continuó a los 20 y 30 días después de la siembra, sobre los otros tres tratamientos. Demuestra que es altamente significativa la diferencia entre los tratamientos aplicados en las diferentes edades, el tratamiento 2 es significativo con respecto al tratamiento 3 y 4 que no tienen diferencia entre ellos pero si ante el tratamiento 1 a los 15 días después de la siembra, a los 20 días después de la siembra hay significancia nuevamente del tratamiento 2 ante los otros tres tratamientos que entre ellos no son significativos, a los 30 días después de la siembra nuevamente el tratamiento 2 y el 3 son significativos ante los tratamientos 1 y 4.

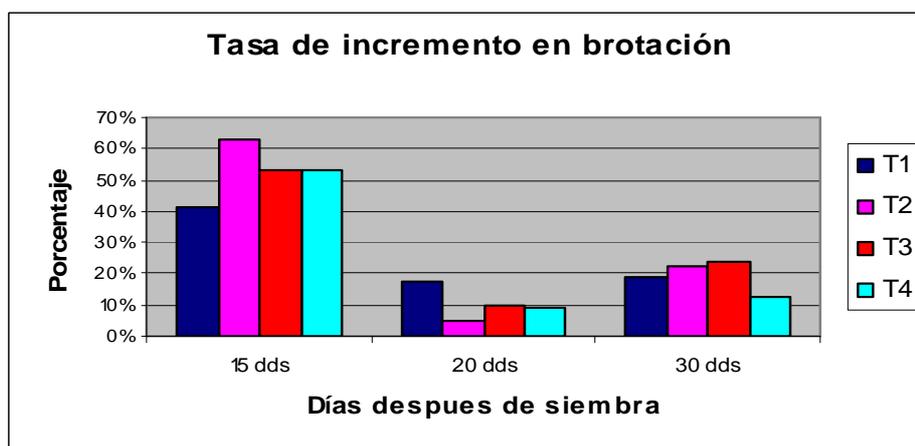
Se observa que en la figura 3 se presenta el porcentaje de brotación de las yemas durante los primeros 30 días después de la siembra, observándose que a los primeros 15 días hay mayor brotación ya que es cuando emergen la mayoría de yemas. Siempre observándose que el tratamiento 2 obtuvo el mayor dato desde los 15dds, a los 20dds y a los 30dds. El tratamiento 1 fue el que menor porcentaje de brotación tuvo a los 15 y 20dds obteniendo a los 30dds un incremento mayor al tratamiento 4, el tratamiento 3 obtuvo similar brotación con tratamiento 4, obteniendo el Tratamiento 4 menor brotación a los 30 días después de siembra.

Figura 3 Comportamiento del porcentaje de brotación a los primeros 15, 20 y 30 días después de la siembra.



En la figura 4 se presenta la tasa de brotación expresada en porcentaje, observándose que en los primeros 15 días después de la siembra es donde mayor es la tasa de brotación, a los 20dds hay una menor tasa que se comporta igual a los 30dds.

Figura 4 Tasa de incremento en brotación de cada tratamiento a los 15, 20 y 30 días después de la siembra.



7.5.2 Población.

En esta variable se tomó en consideración el número de plantas existentes en 5 metros lineales de cada submuestra y cada bloque respectivo. Se tomaron en cuenta cinco lecturas de población para evaluar establecimiento – macollamiento, tomando también lecturas a los 190 y 210 días después de la siembra.

El siguiente cuadro resume los resultados obtenidos en la variable población.

Cuadro 15 Registros de Población por unidad de plantas en 5 metros lineales durante el establecimiento – macollamiento en la estación experimental Palo Gordo.

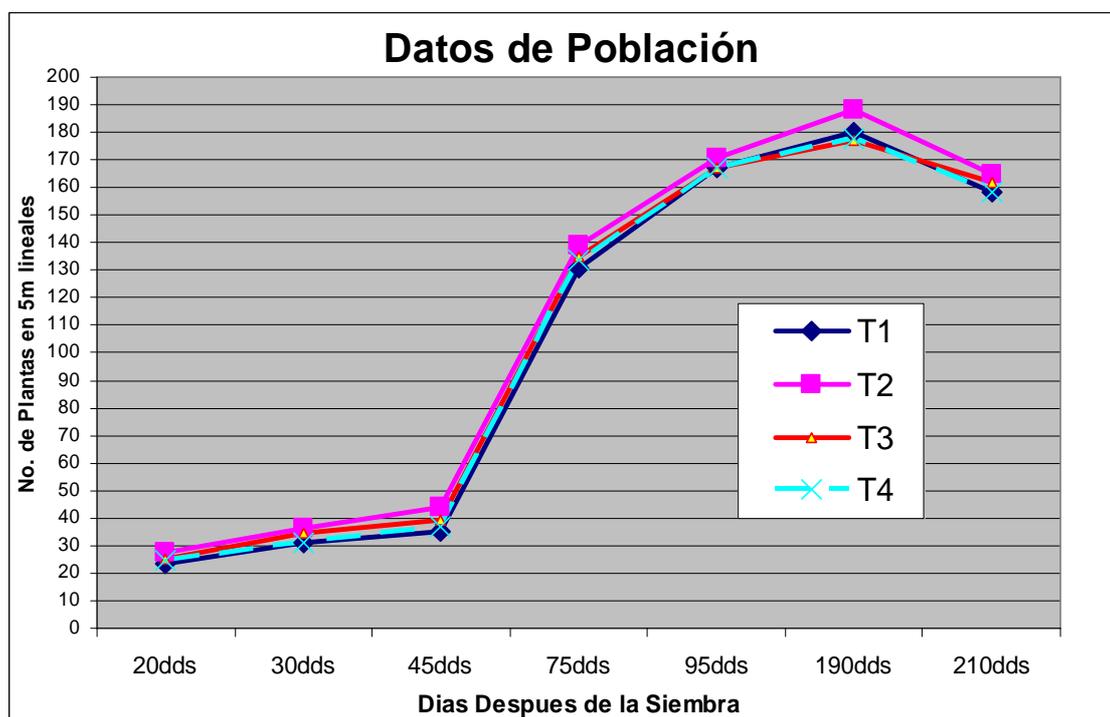
# Trat	Horas de riego	Registro de población en 5m lineales (Unidades de Planta).						
		Establecimiento - Macollamiento					Cosecha estacas	
		20 dds	30 dds	45 dds	75 dds	95 dds	190 dds	210 dds
T1	1.5	23	31	35	131	167	180	158
T2	2.0	27	36	44	139	171	188	165
T3	2.5	25	35	39	135	167	177	162
T4	3.0	25	31	37	134	167	178	158
Probabilidad		0.0032	0.0004	0.0045	0.0062	0.0313	0.0007	0.0342
Significancia		**	**	**	**	*	**	*
C.V. (%)		2.73	2.30	4.54	1.23	0.82	0.92	1.43

NS No Significativo; * Significativo; ** Altamente Significativo
dds: días después de la siembra

Como puede observarse en el cuadro 15 y figura 5, se percibe una variación de los datos referentes al número de plantas en 5 metros lineales, tomados en cada una de las submuestras. Presentándose así diferencias altamente significativas a los 20 días después de la siembra siempre el tratamiento 2 con respecto a los otros tres tratamientos, a los 30 días después de la siembra también se presenta una significancia alta de los tratamientos 2 y 3 con respecto a los tratamientos 1 y 4, a los 45 días después de la siembra nuevamente el tratamiento 2 es altamente significativo con respecto a los otros tres tratamientos, a los 75 días después de la siembra se presenta nuevamente diferencia altamente significativa del tratamiento 2 ante los otros tres tratamientos quedándose mas bajo el tratamiento 1, a los 95 días solo el tratamiento 2 ahora es significativo ante los otros tres tratamientos. En las dos lecturas en etapa de cosecha de estacas de caña para semilleros comerciales se observa a los 190 días el tratamiento 2 es altamente significativo ante los otros tres tratamientos, a los 210 días después de la siembra existe significancia de los tratamientos 2 y 3 comparados con los tratamientos 1 y 4.

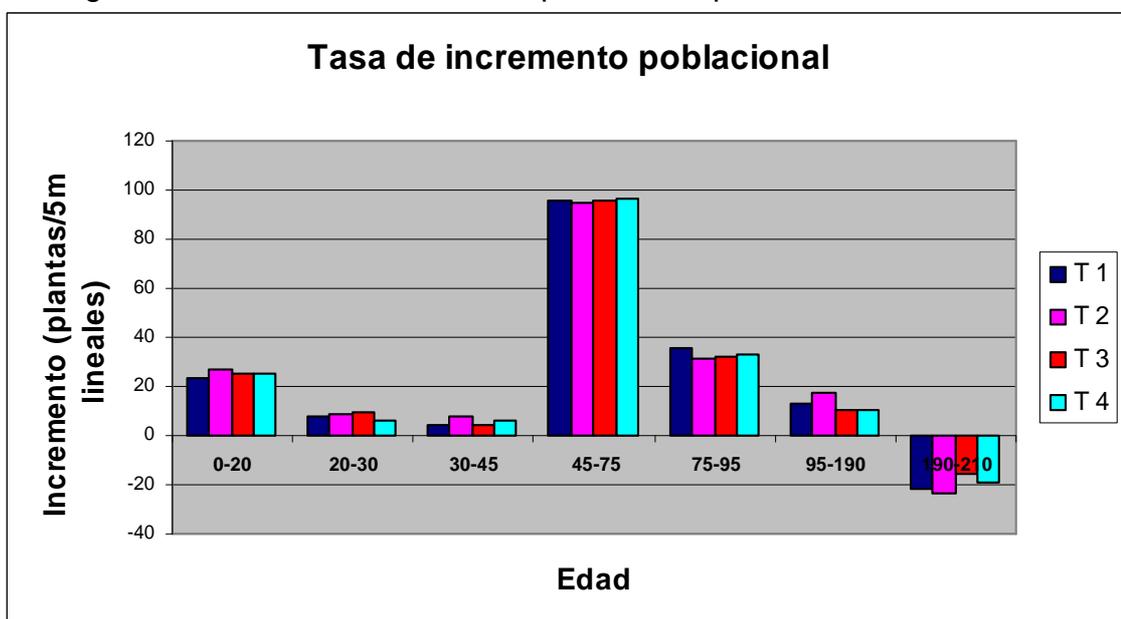
En la última lectura se presenta un descenso de la población debido a la competencia por espacio, agua y nutrientes.

Figura 5 Comportamiento de la población durante el ciclo del cultivo en la finca Palo Gordo.



En la figura 6 presentan la tasa de crecimiento población, en donde se puede observar claramente que el mayor incremento en población se presenta de los 45 a los 75 días después de la siembra, donde el cultivo se encuentra en pleno macollamiento. Posteriormente la población se estabiliza y como puede observarse, la tasa de incremento poblacional se reduce considerablemente de los 190 a los 210 días después de la siembra, regularmente es entre estos días donde se cosecha la caña para utilizar las estacas primarias para hacer semilleros comerciales en las fincas.

Figura 6 Tasa de incremento poblacional para el ciclo del cultivo.



7.5.3 Altura de planta

Se consideró la altura de planta hasta la última lígula visible de 10 plantas que se marcaron en cada sub.-muestra, se tomaron 3 lecturas de altura de planta para poder evaluarlas en la etapa de establecimiento macollamiento a los 30, 60 y 95 días después de la siembra, también se consideró tomar lecturas a los 190 y 210 días después de la siembra.

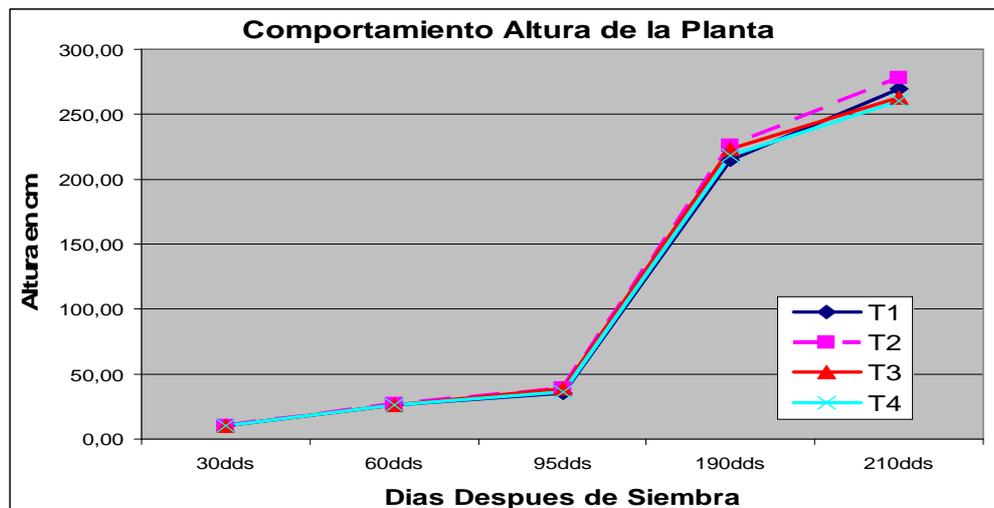
Como puede observarse en el cuadro 16 y figura 7, las variaciones entre tratamientos son mínimas, estos resultados se confirman mediante el análisis de varianza efectuado para dicha variable tomando en consideración los resultados de las lecturas en cada una de las sub.-muestras, en cada bloque, en el cual se indica que para la variable altura de planta las cuatro láminas de riego tienen el mismo efecto a los 30 y 95dds, excepto a los 60dds donde el

tratamiento 2 tiene alta significancia sobre los otros tres tratamientos, a los 190dds hay significancia nuevamente del tratamiento 2 con respecto a los otros tres tratamientos, pero al final que es a los 210dds no hay significancia ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confiabilidad.

Cuadro 16 Registros de altura de planta durante el establecimiento macollamiento del cultivo en la estación experimental de Finca Palo Gordo.

Tratamiento	Horas de riego	Registro de altura de planta (cm.)				
		Establecimiento - Macollamiento			Cosecha estacas	
		30 dds	60 dds	95 dds	190 dds	210 dds
T1	1.5	9.89	25.87	35.61	214.61	258.76
T2	2.0	10.20	26.89	38.71	226.10	271.93
T3	2.5	10.09	26.49	38.38	223.47	263.26
T4	3.0	9.91	25.95	35.87	218.52	260.11
Probabilidad		0.0439	0.0024	0.2446	0.0224	0.0849
Significancia		NS	**	NS	*	NS
C.V. (%)		1.13	0.77	5.63	1.53	2.05

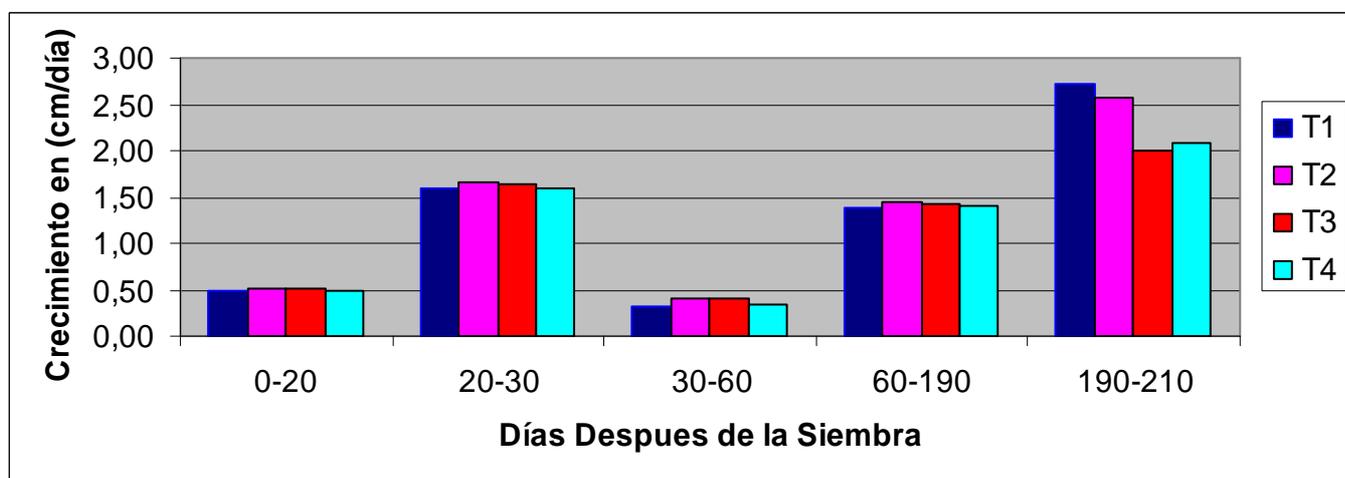
Figura 7 Comportamiento de la altura de planta durante el ciclo del cultivo.



En la figura 8, se presenta la tasa de incremento longitudinal a diferentes edades, en la que puede apreciarse un incremento mínimo hasta los 20 días después de la siembra debido a que el cultivo se encontraba en brotación, de 20 a 30 días se dio crecimiento de las plantas ya que las que iniciaron a brotar crecieron buscando la luz del sol por arriba del surco para después iniciar su macollamiento que fue de 30 a 60 días después de la siembra en donde no hubo mayor crecimiento en altura, de los 60 a los 190dds se observa un mayor crecimiento ya que de 90 días en adelante inicia su etapa de elongación, es por eso que de los 190 a 210 días

después de la siembra se observa el mayor incremento de altura por día ya que se encuentra el cultivo en su etapa de elongación.

Figura 8 Tasa de incremento longitudinal durante el ciclo del cultivo.



7.5.4 Yemas por tallo

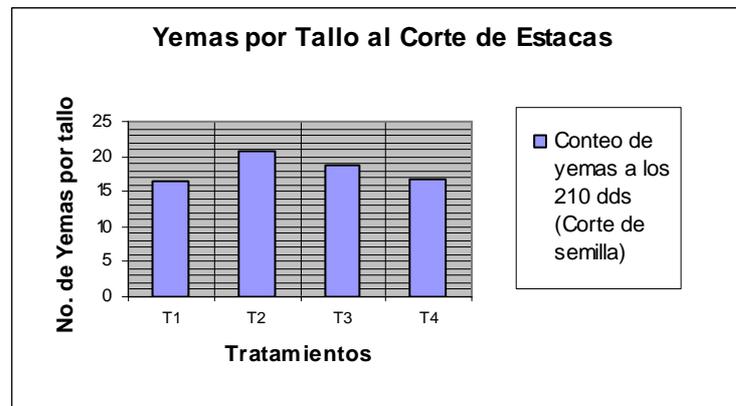
A los 210 dds se seleccionaron 10 tallos por cada parcela antes de cortarlos para hacerlos paquetes, se contó el total de yemas y se sacó el promedio para cada tratamiento.

Se observa en el cuadro 17 que nuevamente el tratamiento 2 es altamente significativa con respecto a los otros tres tratamientos, existen en promedio 3 yemas mas que en los otros tratamientos, lo que indica que las yemas se desarrollaron mejor en la parte superior de los tallos.

Cuadro 17 Número de yemas en promedio por tallo de cada tratamiento según la lámina aplicada en diferentes horas de riego.

Tratamiento	Horas de Riego	Yemas por Tallo
		210 dds
T1	1.5	16
T2	2.0	21
T3	2.5	19
T4	3.0	17
Probabilidad		0.0008
Significancia		**
C.V. (%)		4.08

Figura 9 Comparación de los cuatro tratamientos en su número de yemas por tallo al momento de corte de las estacas.



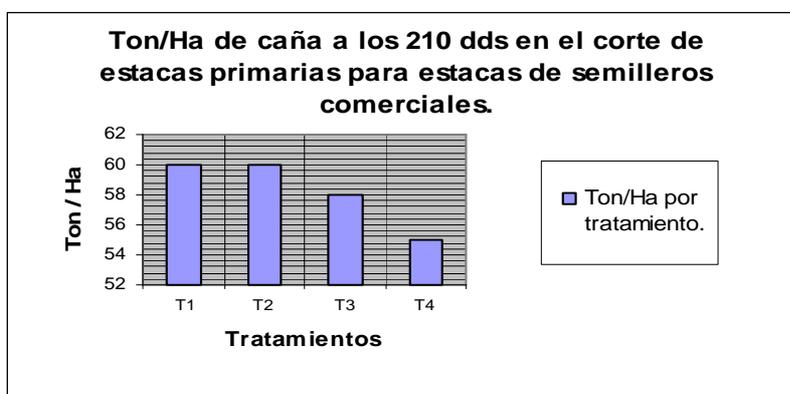
7.5.5 Producción ton / ha de caña de semillero primario que servirá para semillero comercial.

Para evaluar el efecto de las tres láminas durante el establecimiento macollamiento, sobre la producción, se tomaron en consideración las toneladas de caña en paquetes para semilla por hectárea producidas por cada uno de los tratamientos. Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro, en el cual se puede ver que la producción no fue afectada por los tratamientos de riego, sin embargo, en el tratamiento de 1.5 y 2 horas de riego / turno, equivalente a la aplicación de 346 y 245 mm de riego total respectivamente, se presentaron los mayores tonelajes de caña, por lo que las aplicaciones de agua menores o mayores a 245mm no presentaron diferencia estadística significativa sobre la producción de caña, observando que se puede tomar como base la aplicación de 245mm de agua en la siembra, macollamiento y establecimiento de estacas para semilleros primarios.

Cuadro 18 Producción en toneladas de caña por hectárea para cada tratamiento.

Tratamiento	Horas de riego	Producción Ton / Ha
		Paquetes de semilla, tiempo de corte.
T1	1.5	60
T2	2.0	60
T3	2.5	58
T4	3.0	55
Probabilidad		0.0997
Significancia		NS
C.V. (%)		3.87

Figura 10 Comparación de producción en ton/ha de paquetes de estacas primarias para producción de estacas de semilleros comerciales.



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.

Tratamiento	Horas de Riego	Repetición	Prom Repetición	Prom Tratamiento
			Beneficio Costo	Beneficio Costo
210 dds				
T1	1.5	1	Q1,944.13	Q1,694.81
		2	Q1,495.36	
		3	Q1,644.95	
T2	2.0	1	Q2,831.89	Q2,682.30
		2	Q2,532.71	
		3	Q2,682.30	
T3	2.5	1	Q2,816.21	Q2,417.30
		2	Q2,367.44	
		3	Q2,068.25	
T4	3.0	1	Q2,508.38	Q2,109.47
		2	Q2,059.60	
		3	Q1,760.42	
Probabilidad			0.0017	
Significancia			**	
C.V. (%)			7.51	

Como puede verse en el cuadro anterior el mayor beneficio por tratamiento (Q 2,682.30), se obtuvo aplicando una lámina de 35.02 mm en siete riegos por aspersión de 2.0 horas por turno, equivalente a 245.14 mm.

En el cuadro siguiente se observa que por hectárea de estacas de semilleros primarias obtiene un mayor beneficio (Q 6,095.36) al cortar y vender estacas de semilleros comerciales.

Cuadro 20 Beneficio neto por hectárea para los cuatro tratamientos.

Beneficio por Hectárea	Ton/Ha semilla comercial producida X precio ton	-	Costo de producción de yemas para 1 Ha	preparación de suelo	costo siembra	costo # riegos	=	Resultado
BH de T1	Q13,680.00	-	Q4,266.64	Q1,200.00	Q718.00	Q2,496.00	=	Q4,999.36
BH de T2	Q13,680.00	-	Q4,266.64	Q1,200.00	Q718.00	Q1,400.00	=	Q6,095.36
BH de T3	Q13,224.00	-	Q4,266.64	Q1,200.00	Q718.00	Q1,050.00	=	Q5,989.36
BH de T4	Q12,540.00	-	Q4,266.64	Q1,200.00	Q718.00	Q876.00	=	Q5,479.36

Cuadro 21 Lluvias y Actividades por tratamiento durante su etapa de riego en 60 días después de la siembra y fecha de cosecha a los 210 días después de la siembra.

Lluvias		Actividad	Tratamientos											
Fechas	mm		# r	dds	T1	# r	dds	T2	# r	dds	T3	# r	dds	T4
09/10/2009	0	Siembra		0	09/01/08		0	09/01/08		0	09/01/08		0	09/01/08
09 al 10/01/2008	0	Riego	1	1	10/01/08	1	1	10/01/08	1	1	10/01/08	1	1	10/01/08
11 al 15/01/2008	0	Riego	2	5	15/01/08									
16 al 20/01/2008	0	Riego	3	10	20/01/08	2	10	20/01/08						
21 al 25/01/2008	0	Riego	4	15	25/01/08				2	15	25/01/08			
26 al 30/01/2008	0	Riego	5	20	30/01/08	3	20	30/01/08				2	20	30/01/08
31/02 al 04/02/08	1	Riego	6	25	04/02/08									
05 al 09/02/2008	0	Riego	7	30	09/02/08	4	30	09/02/08	3	30	09/02/08			
10 al 14/02/2008	5	Riego	8	35	14/02/08									
15 al 19/02/2008	0	Riego	9	40	19/02/08	5	40	19/02/08				3	40	19/02/08
20 al 24/02/2008	5	Riego	10	45	24/02/08				4	45	24/02/08			
25 al 29/02/2008	5	Riego	11	50	29/02/08	6	50	29/02/08						
01 al 05/03/2008	0	Riego	12	55	05/03/08									
06 al 10/03/2008	0	Riego	13	60	10/03/08	7	60	10/03/08	5	60	10/03/08	4	60	10/03/08
11/03 al 06/08/08	1,901	Cosecha		210	06/08/08		210	06/08/08		210	06/08/08		210	07/08/08

El inicio de las lluvias fue el día 15 y 16 de marzo con 40mm cubriendo en total la LARA y así suspender la aplicación de riegos 65 días después de la siembra. La necesidad de agua fue cubierta por la lluvia en la etapa de elongación hasta los 210 días después de la siembra en el momento de la cosecha de estacas para semilleros comerciales.

8. Conclusiones:

- 8.1** Durante el establecimiento de los semilleros básicos o primarios se determinó cuatro láminas de riego con diferente frecuencia y tiempo de riego, las que se aplicaron en los primeros sesenta días después de la siembra, las cuales fueron: Para tratamiento 1, frecuencia 5 días y tiempo de riego de una 1.5 horas por riego de 26.67mm y total de 346.72mm. Tratamiento 2, frecuencia 10 días y tiempo de riego de 2 horas por riego de 35.02mm y total de 245.14mm. Tratamiento 3, frecuencia de 15 días y tiempo de riego de 2.5 horas por riego de 40.63mm y total de 203.17mm. Tratamiento 4, frecuencia de 20 días y tiempo de riego de 3 horas por riego de 50.45mm y total de 201.81.
- 8.2** Las láminas evapotranspiradas fueron de 161.58mm para el tratamiento 1, para el tratamiento 2 de 171.41mm, para el tratamiento 3 de 199.87mm y para el tratamiento 4 de 151.80mm en sesenta y nueve días después de la siembra hasta el final de los riegos y el inicio de las primeras lluvias.
- 8.3** Para las láminas de riego evaluadas existe diferencia estadística significativa en la brotación de las yemas en tres etapas durante los primeros 30 días después de la siembra: La lámina de 35.02mm un 91% de brotación (T2 aplicada en 3 ocasiones). La lámina de 50.45mm un 75% de brotación (T4 testigo, aplicada en 1 ocasión). La lámina de 26.67mm un 78% de brotación. (T1 aplicada en 6 ocasiones). La lámina de 40.63mm un 86% de brotación (T3 aplicada en 2 ocasiones) y todas las láminas obtuvieron porcentaje de brotación mayor al 70%, el porcentaje que actualmente se obtiene en la estación experimental con los mismos equipos de riego en yemas de estacas primarias (7).

- 8.4** Se observó que sobre la variable respuesta población, las láminas de 35.02mm y 40.63mm comparadas con las láminas de 26.67mm y 50.45mm aplicadas durante todo el período de macollamiento planta, existe diferencia estadística significativa en la población en las diferentes edades de la planta. En la variable altura de planta se observa también que la lámina de 35.02mm es significativa a los 60 y 190 días después de la siembra con respecto a las otras láminas; a los 30, 95 y 210 días después de la siembra no se observa ningún efecto siendo no significativa la diferencia entre láminas aplicadas usando la variable altura de planta. La variable yemas por tallo si es afectada por diferentes láminas de riego aplicadas en su etapa de macollamiento y establecimiento siendo significativo a los 210 días después de la siembra la lámina de 35.02mm con respecto a las de 40.63 y 50.45mm existiendo mayor número de yemas por tallo, la lámina aplicada con la que menor yemas por tallo se obtuvieron fue la de 26.67mm.
- 8.5** En la producción de paquetes de estacas de semillero primario de caña de azúcar demostró no haber diferencia estadística significativa por la aplicación de láminas totales de riego de 346.72mm del tratamiento I, 245.14mm del tratamiento II, 203.17mm del tratamiento III y 201.81mm del tratamiento IV.
- 8.6** Se obtuvieron datos de evapotranspiración en milímetros durante los 7 meses de vida del cultivo, obteniendo en la etapa inicial (31 días) 52.85mm que es el 15% del ciclo vida, siendo la evapotranspiración total de 681.80mm. Bajo las condiciones de manejo de la finca para la época seca (95 días) según el balance hídrico la E_t fue de 272.79mm.
- 8.7** La variación de los coeficientes de uniformidad de los riegos aplicados variaron del 72.00% al 84.67% y las uniformidades de distribución variaron del 63.36% al 77.51%

- 8.8** Después de los riegos se obtuvieron profundidades promedio de humedecimiento de 25.89, 36.23, 47.68 y 57.10 cm. Con las láminas de riego aplicadas de 26.67, 35.02, 40.63 y 50.45mm respectivamente bajo las condiciones de suelo de la estación experimental de la finca Palo Gordo.
- 8.9** Los niveles máximos de evapotranspiración diaria, se lograron entre los 50 y 90 días después de la siembra que están dentro de la etapa de macollamiento e inicio de elongación del cultivo, con valores promedio de 3.86 mm/día para todos los tratamientos.
- 8.10** El mayor beneficio costo obtenido por los cuatro tratamientos se obtuvo en el tratamiento II con 2.00 horas de riego por turno, con siete riegos para su establecimiento hasta llegar a la temporada de lluvias. Sobre los otros tratamientos es con el que mayor retorno de dinero obtiene por hectárea al momento de cosechar y valorar los paquetes de estacas para semillero comercial.

9. Recomendaciones.

- 9.1** Se recomienda que se continúe realizando investigaciones acerca del uso del riego en caña de azúcar en las siguientes etapas del cultivo (Producción de caña comercial), ya que esta investigación evalúa principalmente el efecto en estacas para semilleros primarios en una época específica del cultivo y en un área específica que se utiliza para producción de estacas para semilleros comerciales en la Estación Experimental de la finca Palo Gordo, donde se obtuvieron los resultados correspondientes a lo anterior descrito.
- 9.2** Se recomienda utilizar únicamente en semilleros primarios el tratamiento de 2.0 horas de riego y tratar de obtener una lámina de 35.02 mm por turno, ya que fue con el que se obtuvieron los mejores resultados y mayor beneficio – costo, en las siembras de la primer semana de enero con lo cual se cubre el consumo de agua del cultivo hasta que inicien las primeras lluvias bajo las condiciones de suelo de la estación experimental de la finca Palo Gordo.
- 9.3** Evaluar láminas de 26.67, 35.02, 40.63 y 50.45 mm/turno, en la etapa de elongación de estacas para semilleros comerciales de caña de azúcar y en caña comercial, con aplicaciones de láminas totales de 80, 105, 122 y 151mm en la etapa de elongación.
- 9.4** Se recomienda que se evalúe una lámina total más pequeña en base a los requerimientos de la evapotranspiración con frecuencias menores, por ejemplo: lámina total de 200mm aplicada en 6 riegos con frecuencia de 14 días y tiempo de riego de 2 horas por turno.

10. Bibliografía

1. Achaerandio SJ, L. 1992. Iniciando a la práctica de la investigación. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 80 p.
2. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1990. Manual de investigación sobre el tratamiento de semillas en termoterapia. Guatemala. 180 p.
3. _____. 1999. Criterios de programación de riegos en la zona cañera de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA, Boletín Técnico Informativo no. 1, 40 p.
4. Congreso Nacional de la Caña de Azúcar (10, 1987, GT); Simposio Nacional de Plagas (2, 1987, GT). Memoria. Guatemala, ATAGUA / CENGICAÑA. 80 p.
5. Cubero, D. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. San José, Costa Rica, EUNED. p. 79-89.
6. García, A. 1984. Necesidades de agua para la agroindustria azucarera. México, Trillas. 50 p.
7. Gómez Hernández, JL. 1997. Efecto de tres láminas de riego sobre el establecimiento-macollamiento y producción de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), bajo las condiciones de suelo arcillosos en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
8. Gurovich, LA. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica, IICA. 433 p.
9. Guzmán Silva, VH. 1997. Efecto de tres frecuencias de riego aplicados durante la etapa de macollamiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L), bajo las condiciones de La Gomera, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
10. Ingenio Palo Gordo, Departamento Corte, Alce y Transporte, GT. 2007. Informe de producciones anual de fincas en caña de azúcar. Guatemala. 60 p.
11. Ingenio Palo Gordo, Departamento de Agronomía, GT. 2007. Informe de variedades de caña de azúcar con tratamiento hidrotérmico para la eliminación del raquitismo de la soca. Guatemala. 50 p.
12. INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, GT). 1983. Manual de riego por aspersión. Guatemala. 11 p.
13. Juárez, D. 1994. Requerimiento de riego en caña de azúcar en la costa sur de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 38 p.
14. Juárez, D. 1995. Estudio preliminar sobre requerimientos de riego en caña plantilla en la costa sur de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 42 p.

15. Leiton, JS. 1982. Necesidades de agua, frecuencias y períodos de riego. San José, Costa Rica, Riagro. 24 p.
16. López Bautista, EA. 1999. Influencia de la lamina de riego en el efecto del madurante en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) var. CP-722086. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 70 p.
17. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); DIGESA (Dirección General de Servicios Agrícolas, GT); DIRYA (Dirección Técnica de Riego y Avenamiento, GT). 1990. Plan maestro de riego y drenaje: documento no. 1: caracterización hidroclimática de Guatemala con fines de riego, áreas con déficit de lluvia. Guatemala. 60 p.
18. Martínez, GA. 1988. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. México, Trillas. 756 p.
19. Microsoft, US. 2007. Biblioteca Encarta. US. 2 CD.
20. Montgomery, DC. 1991. Diseño y análisis de experimentos. México, Grupo Editorial Iberoamérica. 589 p.
21. Rojas, RM. 1985. Manual de riego por aspersión. Venezuela, CIDIAT. 135 p.
22. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
23. Sandoval, B. 1999. Efecto de cuatro programaciones de riego sobre la evapotranspiración y producción de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en lisímetros de precolación, en la Nueva Concepción, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 74 p.
24. Subiros Ruíz, F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, EUNED. 300 p.

11. ANEXOS:

Cuadro 22 A Lecturas de brotación de plantas 15 días después de la siembra.

	Submuestra	15 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	18	20	21	22
	2	20	24	22	23
	3	15	24	23	21
	4	12	25	19	21
	5	14	27	20	16
Total		79	120	105	103
Promedio		16	24	21	21
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Brotación		40%	60%	53%	52%
Repetición 2	1	19	22	20	22
	2	20	26	22	21
	3	17	27	21	23
	4	16	29	23	22
	5	15	28	20	18
Total		87	132	106	106
Promedio		17	26	21	21
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		44%	66%	53%	53%
Repetición 3	1	17	26	19	19
	2	19	25	21	21
	3	16	27	19	24
	4	13	22	24	23
	5	16	28	22	21
Total		81	128	105	108
Promedio		16	26	21	22
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		41%	64%	53%	54%

Análisis de varianza para la variable Brotación de plantas, 15 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% brotación	12	0.98	0.97	2.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	756.21	5	151.24	73.83	<0.0001
Trat	737.83	3	245.94	120.05	<0.0001
Bloque	18.37	2	9.19	4.48	0.0644
Error	12.29	6	2.05		
Total	768.50	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.04586

Error: 2.0486 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	41.17	3	A
T3	52.67	3	B
T4	52.83	3	B
T2	63.33	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 23 A Lecturas de brotación de plantas, 20 días después de la siembra.

	Submuestra	20 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	24	26	20	25
	2	28	27	25	25
	3	21	25	27	22
	4	22	28	24	23
	5	20	30	26	24
Total		115	136	122	119
Promedio		23	27	24	24
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		58%	68%	61%	60%
Repetición 2	1	23	27	24	26
	2	24	28	25	26
	3	22	28	27	25
	4	23	25	26	24
	5	21	27	26	25
Total		113	135	128	126
Promedio		23	27	26	25
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		57%	68%	64%	63%
Repetición 3	1	25	28	22	24
	2	29	28	23	25
	3	22	29	27	23
	4	24	29	25	27
	5	23	25	27	28
Total		123	139	124	127
Promedio		25	28	25	25
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		62%	70%	62%	64%

Análisis de varianza para la variable Brotación de plantas, 20 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%brotación	12	0.91	0.83	2.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	163.69	5	32.74	11.87	0.0046
Trat	149.90	3	49.97	18.12	0.0021
Bloque	13.79	2	6.90	2.50	0.1622
Error	16.54	6	2.76		
Total	180.23	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.69348

Error: 2.7569 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	58.50	3	A
T4	62.00	3	A
T3	62.33	3	A
T2	68.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 24 A Lecturas de brotación de plantas, 30 días después de la siembra.

	Submuestra	30 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	28	32	31	31
	2	32	34	33	30
	3	25	38	35	31
	4	30	37	34	29
	5	34	39	36	30
Total		149	180	169	151
Promedio		30	36	34	30
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		75%	90%	85%	76%
Repetición 2	1	30	38	35	31
	2	31	37	35	30
	3	33	35	34	29
	4	34	36	36	31
	5	32	33	37	29
Total		160	179	177	150
Promedio		32	36	35	30
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		80%	90%	89%	75%
Repetición 3	1	31	34	32	29
	2	29	38	35	30
	3	32	39	34	31
	4	33	36	36	29
	5	31	37	35	28
Total		156	184	172	147
Promedio		31	37	34	29
100 % Sembradas		40	40	40	40
% Germinación		78%	92%	86%	74%

Análisis de varianza para la variable Brotación de plantas, 30 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%brotación	12	0.96	0.93	2.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	503.54	5	100.71	29.90	0.0004
Trat	494.42	3	164.81	48.93	0.0001
Bloque	9.12	2	4.56	1.35	0.3270
Error	20.21	6	3.37		
Total	523.75	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.18765

Error: 3.3681 gl: 6

Trat	Medias	n	
T4	74.67	3	A
T1	77.50	3	A
T3	86.33	3	B
T2	90.50	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 25 A Lecturas de población, 20 días después de la siembra.

	Submuestra	20 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	24	26	20	25
	2	28	27	25	25
	3	21	25	27	22
	4	22	28	24	23
	5	20	30	26	24
Total		115	136	122	119
Promedio		23	27	24	24
Repetición 2	1	23	27	24	26
	2	24	28	25	26
	3	22	28	27	25
	4	23	25	26	24
	5	21	27	26	25
Total		113	135	128	126
Promedio		23	27	26	25
Repetición 3	1	25	28	22	24
	2	29	28	23	25
	3	22	29	27	23
	4	24	29	25	27
	5	23	25	27	28
Total		123	139	124	127
Promedio		25	28	25	25

Análisis de varianza para la variable Población, 20 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.90	0.81	2.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24.83	5	4.97	10.52	0.0063
Trat	21.67	3	7.22	15.29	0.0032
Bloque	3.17	2	1.58	3.35	0.1053
Error	2.83	6	0.47		
Total	27.67	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.94247

Error: 0.4722 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	23.67	3	A
T4	24.67	3	A
T3	25.00	3	A
T2	27.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 26 A Lecturas de población 30 días después de la siembra.

	Submuestra	30 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	28	32	31	33
	2	32	34	33	31
	3	25	38	35	34
	4	30	37	34	32
	5	34	39	36	31
Total		149	180	169	161
Promedio		30	36	34	32
Repetición 2	1	30	38	35	32
	2	31	37	35	30
	3	33	35	34	30
	4	34	36	36	31
	5	32	33	37	30
Total		160	179	177	153
Promedio		32	36	35	31
Repetición 3	1	31	34	32	31
	2	29	38	35	30
	3	32	39	34	33
	4	33	36	36	31
	5	31	37	35	30
Total		156	184	172	155
Promedio		31	37	34	31

Análisis de varianza para la variable Población, 30 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.94	0.90	2.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58.75	5	11.75	20.14	0.0011
Trat	58.25	3	19.42	33.29	0.0004
Bloque	0.50	2	0.25	0.43	0.6699
Error	3.50	6	0.58		
Total	62.25	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.15893

Error: 0.5833 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	31.00	3	A
T4	31.33	3	A
T3	34.33	3	B
T2	36.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 27 A Lecturas de población 45 días después de la siembra.

	Submuestra	45 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	35	41	38	39
	2	36	42	37	41
	3	38	45	38	40
	4	37	45	35	40
	5	35	42	39	37
Total		181	215	187	197
Promedio		36	43	37	39
Repetición 2	1	35	46	41	38
	2	36	48	40	35
	3	35	45	42	30
	4	36	42	42	36
	5	35	41	40	37
Total		177	222	205	176
Promedio		35	44	41	35
Repetición 3	1	34	40	41	35
	2	36	45	38	36
	3	33	46	39	33
	4	35	47	41	38
	5	32	42	38	41
Total		170	220	197	183
Promedio		34	44	39	37

Análisis de varianza para la variable Población, 45 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.87	0.76	4.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	124.17	5	24.83	8.05	0.0123
Trat	124.00	3	41.33	13.41	0.0045
Bloque	0.17	2	0.08	0.03	0.9735
Error	18.50	6	3.08		
Total	142.67	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.96353

Error: 3.0833 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	35.00	3	A
T4	37.00	3	A
T3	39.00	3	A B
T2	43.67	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 28 A Lecturas de población 75 días después de la siembra.

	Submuestra	75 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	125	143	137	134
	2	128	135	135	131
	3	133	138	136	132
	4	131	136	137	134
	5	135	137	134	137
Total		652	689	679	668
Promedio		130	138	136	134
Repetición 2	1	132	142	131	136
	2	131	137	133	133
	3	128	139	138	137
	4	125	147	138	135
	5	134	139	133	133
Total		650	704	673	674
Promedio		130	141	135	135
Repetición 3	1	129	140	130	129
	2	136	141	136	137
	3	130	136	131	131
	4	132	138	134	136
	5	137	136	135	134
Total		664	691	666	667
Promedio		133	138	133	133

Análisis de varianza para la variable Población, 75 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.86	0.74	1.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100.17	5	20.03	7.28	0.0157
Trat	98.00	3	32.67	11.88	0.0062
Bloque	2.17	2	1.08	0.39	0.6906
Error	16.50	6	2.75		
Total	116.67	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.68756

Error: 2.7500 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	131.00	3	A
T4	134.00	3	A
T3	134.67	3	A B
T2	139.00	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Cuadro 29 A Lecturas de población, 95 días después de la siembra.

	Submuestra	95 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	167	169	166	167
	2	169	172	168	167
	3	171	172	166	169
	4	165	164	168	161
	5	166	166	167	172
Total		838	843	835	836
Promedio		168	169	167	167
Repetición 2	1	168	174	167	171
	2	162	176	165	178
	3	172	174	170	164
	4	170	166	171	163
	5	164	168	166	168
Total		836	858	839	844
Promedio		167	172	168	169
Repetición 3	1	164	167	167	164
	2	167	171	164	166
	3	167	175	168	165
	4	163	170	169	164
	5	168	176	167	165
Total		829	859	835	824
Promedio		166	172	167	165

Análisis de varianza para la variable Población, 95 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.77	0.59	0.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39.42	5	7.88	4.11	0.0573
Trat	34.25	3	11.42	5.96	0.0313
Bloque	5.17	2	2.58	1.35	0.3285
Error	11.50	6	1.92		
Total	50.92	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.91340

Error: 1.9167 gl: 6

Trat	Medias	n	
T4	167.00	3	A
T1	167.00	3	A
T3	167.33	3	A B
T2	171.00	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 30 A Lecturas de población, 190 días después de la siembra.

	Submuestra	190 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	180	181	180	179
	2	176	182	175	176
	3	190	185	175	178
	4	178	191	178	178
	5	182	190	172	177
Total		906	929	880	888
Promedio		181	186	176	178
Repetición 2	1	181	188	178	176
	2	185	189	176	181
	3	183	192	179	180
	4	179	190	175	181
	5	176	185	176	179
Total		904	944	884	897
Promedio		181	189	177	179
Repetición 3	1	181	183	181	178
	2	175	195	180	176
	3	185	190	180	175
	4	176	194	178	172
	5	178	189	177	178
Total		895	951	896	879
Promedio		179	190	179	176

Análisis de varianza para la variable Población, 190 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.93	0.88	0.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	239.42	5	47.88	16.42	0.0019
Trat	236.25	3	78.75	27.00	0.0007
Bloque	3.17	2	1.58	0.54	0.6072
Error	17.50	6	2.92		
Total	256.92	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.82752

Error: 2.9167 gl: 6

Trat	Medias	n	
T3	177.33	3	A
T4	177.67	3	A
T1	180.33	3	A
T2	188.33	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 31 A Lecturas de población, 210 días después de la siembra.

	Submuestra	210 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	160	165	161	160
	2	165	164	161	159
	3	139	166	159	157
	4	148	167	158	153
	5	159	168	164	154
Total		771	830	803	783
Promedio		154	166	161	157
Repetición 2	1	156	159	162	160
	2	160	158	163	161
	3	161	162	160	161
	4	157	163	162	156
	5	158	167	167	158
Total		792	809	814	796
Promedio		158	162	163	159
Repetición 3	1	164	168	166	159
	2	167	169	162	162
	3	166	167	161	154
	4	157	166	160	159
	5	159	166	164	164
Total		813	836	813	798
Promedio		163	167	163	160

Análisis de varianza para la variable Población, 210 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No Plantas	12	0.79	0.62	1.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	121.08	5	24.22	4.56	0.0459
Trat	90.92	3	30.31	5.71	0.0342
Bloque	30.17	2	15.08	2.84	0.1354
Error	31.83	6	5.31		
Total	152.92	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.51098

Error: 5.3056 gl: 6

Trat	Medias	n		
T1	158.33	3	A	
T4	158.67	3	A	B
T3	162.33	3	A	B
T2	165.00	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 32 A Lecturas de Altura de Planta, 30 días después de la siembra.

	Submuestra	30 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	10.30	10.05	9.80	9.50
	2	10.11	10.20	9.97	9.58
	3	10.02	10.08	9.91	9.94
	4	9.87	10.22	9.95	10.10
	5	9.91	10.30	10.05	10.20
Total		50.21	50.85	49.68	49.32
Promedio		10.04	10.17	9.94	9.86
Repetición 2	1	9.86	10.31	10.25	10.05
	2	9.94	10.15	10.26	10.06
	3	9.58	10.21	10.30	10.08
	4	9.62	10.24	10.09	9.85
	5	9.89	10.25	9.98	9.81
Total		48.89	51.16	50.88	49.85
Promedio		9.78	10.23	10.18	9.97
Repetición 3	1	9.67	10.34	10.21	9.83
	2	9.84	10.01	10.15	10.05
	3	9.95	10.30	10.18	10.21
	4	10.04	10.27	10.25	9.70
	5	9.79	10.08	10.04	9.80
Total		49.29	51.00	50.83	49.59
Promedio		9.86	10.20	10.17	9.92

Análisis de varianza para la variable Altura de Planta, 30 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	12	0.72	0.49	1.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.20	5	0.04	3.10	0.1006
Trat	0.19	3	0.06	5.07	0.0439
Bloque	3.5E-03	2	1.8E-03	0.14	0.8741
Error	0.08	6	0.01		
Total	0.27	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31956

Error: 0.0128 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	9.89	3	A
T4	9.92	3	A
T3	10.10	3	A
T2	10.20	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 33 A Lecturas de Altura de Planta 60 días después de la siembra.

	Submuestra	60 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	25.40	26.70	25.80	24.50
	2	25.50	27.40	25.90	25.80
	3	25.40	26.40	26.70	25.70
	4	25.80	26.80	26.40	26.10
	5	25.70	26.30	26.30	26.40
Total		127.80	133.60	131.10	128.50
Promedio		25.56	26.72	26.22	25.70
Repetición 2	1	24.30	27.10	26.60	26.30
	2	25.70	26.90	25.90	25.90
	3	25.60	26.80	25.80	25.80
	4	26.50	26.70	26.30	25.80
	5	26.30	27.20	26.40	26.30
Total		128.40	134.70	131.00	130.10
Promedio		25.68	26.94	26.20	26.02
Repetición 3	1	27.10	27.60	27.20	26.00
	2	26.40	26.70	26.80	25.70
	3	26.30	26.40	26.90	25.40
	4	25.60	27.10	27.20	27.10
	5	26.40	27.30	27.10	26.40
Total		131.80	135.10	135.20	130.60
Promedio		26.36	27.02	27.04	26.12

Análisis de varianza para la variable Altura de Planta, 60 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	12	0.92	0.85	0.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.83	5	0.57	13.86	0.0030
Trat	2.10	3	0.70	17.13	0.0024
Bloque	0.73	2	0.37	8.95	0.0158
Error	0.25	6	0.04		
Total	3.07	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.57120

Error: 0.0408 gl: 6

Trat	Medias	n			
T1	25.87	3	A		
T4	25.95	3	A	B	
T3	26.49	3		B	C
T2	26.89	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 34 A Lecturas de Altura de Planta 95 días después de la siembra.

	Submuestra	95 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	34.50	38.70	33.50	34.80
	2	34.80	41.20	38.70	34.65
	3	36.40	42.30	41.20	35.21
	4	34.80	39.80	38.00	32.51
	5	35.80	37.80	39.87	33.21
Total		176.30	199.80	191.27	170.38
Promedio		35.26	39.96	38.25	34.08
Repetición 2	1	36.70	36.89	38.90	34.28
	2	34.90	36.98	40.25	32.58
	3	38.34	34.50	40.35	31.68
	4	34.34	41.10	38.24	30.98
	5	32.85	41.00	38.51	37.85
Total		177.13	190.47	196.25	167.37
Promedio		35.43	38.09	39.25	33.47
Repetición 3	1	36.75	42.50	37.98	43.54
	2	34.84	37.50	39.65	41.00
	3	36.70	34.50	41.20	38.40
	4	32.80	36.40	32.58	37.54
	5	39.70	39.50	36.85	39.87
Total		180.79	190.40	188.26	200.35
Promedio		36.16	38.08	37.65	40.07

Análisis de varianza para la variable Altura de Planta, 95 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	12	0.52	0.12	5.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28.30	5	5.66	1.29	0.3761
Trat	23.81	3	7.94	1.82	0.2446
Bloque	4.49	2	2.25	0.51	0.6224
Error	26.22	6	4.37		
Total	54.52	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.90928

Error: 4.3703 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	35.62	3	A
T4	35.87	3	A
T3	38.38	3	A
T2	38.71	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 35 A Lecturas de Altura de Planta 190 días después de la siembra.

	Submuestra	190 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	210.00	221.21	220.24	223.10
	2	208.40	218.94	223.54	217.54
	3	218.00	220.35	220.28	219.54
	4	210.54	222.28	221.20	221.05
	5	208.94	216.00	220.78	215.46
Total		1,055.88	1,098.78	1,106.04	1,096.69
Promedio		211.18	219.76	221.21	219.34
Repetición 2	1	219.78	225.00	228.91	217.32
	2	214.56	222.54	218.45	214.98
	3	217.40	228.74	221.28	218.34
	4	217.99	227.10	224.51	221.54
	5	221.46	227.84	228.42	224.32
Total		1,091.19	1,131.22	1,121.57	1,096.50
Promedio		218.24	226.24	224.31	219.30
Repetición 3	1	218.24	224.65	224.87	220.19
	2	212.35	235.78	226.94	219.75
	3	214.56	237.41	230.18	214.65
	4	208.51	232.54	222.59	212.84
	5	218.40	231.12	219.87	217.15
Total		1,072.06	1,161.50	1,124.45	1,084.58
Promedio		214.41	232.30	224.89	216.92

Análisis de varianza para la variable Altura de Planta, 190 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	12	0.81	0.64	1.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	283.16	5	56.63	4.99	0.0379
Trat	236.01	3	78.67	6.93	0.0224
Bloque	47.15	2	23.57	2.08	0.2065
Error	68.16	6	11.36		
Total	351.32	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.52732

Error: 11.3600 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	214.61	3	A
T4	218.52	3	A B
T3	223.47	3	A B
T2	226.10	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 36 A Lecturas de Altura de Planta 210 días después de la siembra.

	Submuestra	210 dds			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	285.31	310.15	270.45	264.54
	2	292.58	315.24	270.21	270.15
	3	281.85	320.01	265.43	254.67
	4	286.74	240.58	280.42	251.28
	5	298.84	264.57	274.56	262.45
Total		1,445.32	1,450.55	1,361.07	1,303.09
Promedio		289.06	290.11	272.21	260.62
Repetición 2	1	267.40	258.32	240.32	267.00
	2	265.34	262.78	245.25	263.58
	3	271.25	257.54	270.54	259.84
	4	258.45	278.65	273.65	248.75
	5	249.95	273.25	270.18	251.54
Total		1,312.39	1,330.54	1,299.94	1,290.71
Promedio		262.48	266.11	259.99	258.14
Repetición 3	1	264.65	267.65	279.61	267.54
	2	247.65	269.84	243.54	263.41
	3	241.78	272.54	257.65	260.42
	4	261.54	284.72	250.18	261.57
	5	265.48	289.65	256.87	254.94
Total		1,281.10	1,384.40	1,287.85	1,307.88
Promedio		256.22	276.88	257.57	261.58

Análisis de varianza para la variable Altura de Planta, 210 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	12	0.67	0.39	2.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	350.83	5	70.17	2.41	0.1577
Trat	315.52	3	105.17	3.61	0.0849
Bloque	35.31	2	17.66	0.61	0.5762
Error	175.01	6	29.17		
Total	525.84	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=15.26651

Error: 29.1687 gl: 6

Trat	Medias	n	
T1	258.76	3	A
T4	260.11	3	A
T3	263.26	3	A
T2	271.94	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 37 A Lecturas de Yemas por tallo al corte de estacas, 210 días después de la siembra.

	Submuestra	210 dds (Corte de semilla)			
		T1	T2	T3	T4
Repetición 1	1	17	19	18	16
	2	18	20	17	18
	3	17	21	16	18
	4	18	19	18	16
	5	18	21	19	17
	6	16	21	21	17
	7	16	21	21	17
	8	17	21	20	18
	9	16	22	18	17
	10	17	20	21	19
Total		170	205	189	173
Promedio		17	21	19	17
Repetición 2	1	16	22	18	20
	2	18	21	20	17
	3	16	20	20	18
	4	17	20	18	17
	5	17	20	18	17
	6	16	21	18	17
	7	16	21	20	14
	8	17	21	19	15
	9	14	21	19	15
	10	16	22	20	17
Total		163	209	190	167
Promedio		16	21	19	17
Repetición 3	1	16	22	18	16
	2	16	22	17	15
	3	16	22	16	15
	4	16	20	18	17
	5	17	20	18	17
	6	16	20	18	17
	7	15	21	19	16
	8	16	19	18	17
	9	15	22	19	17
	10	16	21	20	18
Total		159	209	181	165
Promedio		16	21	18	17

Análisis de varianza para la variable Altura de Planta, 210 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Yemas	12	0.93	0.87	4.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	41.25	5	8.25	15.61	0.0022
Trat	40.54	3	13.51	25.57	0.0008
Bloque	0.70	2	0.35	0.66	0.5490
Error	3.17	6	0.53		
Total	44.42	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.05518

Error: 0.5286 gl: 6

Trat	Medias	n			
T1	16.00	3	A		
T4	16.33	3	A	B	
T3	18.33	3		B	
T2	20.60	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Cuadro 38 A Lecturas de Toneladas de estacas en paquetes para siembra de caña por hectárea, 210 días después de la siembra.

Repetición	Tratamiento	Ton / Ha Producidas	Promedio Ton/Ha
1	T1	57	60
2		63	
3		60	
1	T2	58	60
2		61	
3		61	
1	T3	56	58
2		61	
3		57	
1	T4	57	55
2		53	
3		55	

Análisis de varianza para la variable Toneladas de caña en paquetes con estacas para siembra por hectárea, 210 días después de la siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ton/ha	12	0.66	0.38	3.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	59.75	5	11.95	2.35	0.1638
Tratamiento	50.25	3	16.75	3.30	0.0997
Bloque	9.50	2	4.75	0.93	0.4433
Error	30.50	6	5.08		
Total	90.25	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.37316

Error: 5.0833 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	
T4	55.00	3	A
T3	58.00	3	A
T2	60.00	3	A
T1	60.00	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 39 A Costos de producción por cada tratamiento y repetición.

		T1	T2	T3	T4
Repetición	1	Q1,944.13	Q2,831.89	Q2,816.21	Q2,508.38
	2	Q1,495.36	Q2,532.71	Q2,367.44	Q2,059.60
	3	Q1,644.95	Q2,682.30	Q2,068.25	Q1,760.42
Total		Q5,084.43	Q8,046.90	Q7,251.90	Q6,328.40
Promedio		Q1,694.81	Q2,682.30	Q2,417.30	Q2,109.47

Análisis de varianza para la variable Beneficio costos por ha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BeneCosto	12	0.93	0.87	7.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2169884.35	5	433976.87	15.51	0.0022
Trat	1621634.01	3	540544.67	19.32	0.0017
Bloque	548250.34	2	274125.17	9.80	0.0129
Error	167834.00	6	27972.33		
Total	2337718.35	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=472.76479

Error: 27972.3327 gl: 6

Tart	Medias	n	
T1	1694.81	3	A
T4	2109.47	3	A B
T3	2417.30	3	B C
T2	2682.30	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Cuadro 40 A Evaporación promedio mensual en mm/día tomada en el tanque evaporímetro de la estación experimental ubicada en finca Palo Gordo, San Antonio Suchitepéquez.

Meses	Ev Tanque Evaporímetro (mm)	
	Promedio mm/día	Total
Enero	4.22	130.95
Febrero	4.51	130.67
Marzo	4.28	132.63
Abril	3.91	117.27
Mayo	3.87	116.14
Junio	3.90	116.91
Julio	4.12	127.78
Agosto	4.36	135.13
Septiembre	3.88	116.46
Octubre	3.91	121.21
Noviembre	3.95	118.45
Diciembre	4.00	123.96
Total		1487.56

Cuadro 41 A Balance Hídrico para los cuatro tratamientos.

Precipitación efectiva (mm) =	Sumatoria de Precipitación -	Sumatoria de excesos de agua.
Requerimiento de Riego (mm) =	= Sumatoria de ET -	Sumatoria de precipitación efectiva.

Tratamiento I

Precipitación efectiva =	564 mm - 517.05mm	= 46.95 mm
Requerimiento de Riego (mm) =	331.01 mm - 46.95 mm	= 284.06 mm

Tratamiento II

Precipitación efectiva =	564 mm - 423.67mm	= 140.33 mm
Requerimiento de Riego (mm) =	331.01 mm - 140.33 mm	= 190.68 mm

Tratamiento III

Precipitación efectiva =	564 mm - 368.66mm	= 195.34 mm
Requerimiento de Riego (mm) =	331.01 mm - 195.34mm	= 135.67 mm

Tratamiento IV

Precipitación efectiva =	564 mm - 378.67mm	= 185.33 mm
Requerimiento de Riego (mm) =	331.01 mm - 185.33mm	= 145.68 mm

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento I con 1.5 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico	
K	0.3

Mes	Enero
Año	2,008

Balance Hídrico	
K	0.3

Mes	Febrero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	26.00	4.21	1.26		25		
11	24.74	4.16	1.25				
12	23.49	4.02	1.21				
13	22.28	3.98	1.19				
14	21.09	3.90	1.17				
15	19.92	4.05	1.22		25		
16	43.70	4.12	1.24				
17	42.47	4.01	1.20				
18	41.27	4.12	1.24				
19	40.03	4.20	1.26				
20	38.77	4.16	1.25		25		
21	60.00	4.14	1.24			4.52	
22	58.76	4.05	1.22				
23	57.54	4.00	1.20				
24	56.34	4.30	1.29				
25	55.05	4.24	1.27		25		
26	60.00	4.27	1.28			19.78	
27	58.72	4.32	1.30				
28	57.42	4.34	1.30				
29	56.12	4.58	1.37				
30	54.75	4.52	1.36		25		
31	60.00	4.63	1.39			19.39	
	58.61						
Sumatorias:	92.32	27.70	0	125	43.69	0	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	58.61	4.69	2.81	1			
2	56.80	4.70	2.82				
3	53.98	4.61	2.77				
4	51.21	4.71	2.83		25		
5	60.00	4.68	2.81			14.39	
6	57.19	4.72	2.83				
7	54.36	4.50	2.70				
8	51.66	4.64	2.78				
9	48.88	4.68	2.81		25		
10	60.00	4.28	2.57			12.07	
11	57.43	4.34	2.60	4			
12	58.83	4.38	2.63				
13	56.20	4.60	2.76				
14	53.44	4.48	2.69	1	25		
15	60.00	4.45	2.67			17.75	
16	57.33	4.46	2.68				
17	54.65	4.20	2.52				
18	52.13	4.19	2.51				
19	49.62	4.26	2.56		25		
20	60.00	4.29	2.57	2		13.06	
21	59.43	4.35	2.61				
22	56.82	4.37	2.62	3			
23	57.19	4.66	2.80			0.38	
24	54.40	4.54	2.72		25		
25	60.00	4.38	2.63			17.67	
26	57.37	4.43	2.66				
27	54.71	4.70	2.82				
28	51.89	4.71	2.83	5			
29	54.07	4.67	2.80		25		
30							
31							
	60.00						
Sumatorias:	130.67	78.40	16.00	150.00	75.32	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento I con 1.5 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico		
	K	0.3

Mes	Marzo
Año	2,008

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Abril
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	60.00	4.70	4.23			17.27	
2	55.77	4.66	4.19				
3	51.58	4.68	4.21				
4	47.36	4.67	4.20				
5	43.16	4.51	4.06		25		
6	60.00	4.49	4.04			5.10	
7	55.96	4.38	3.94				
8	52.02	4.51	4.06				
9	47.96	4.39	3.95				
10	44.01	4.41	3.97		25		
11	60.00	4.18	3.76			6.04	
12	56.24	4.01	3.61				
13	52.63	4.16	3.74				
14	48.89	3.87	3.48				
15	45.40	3.97	3.57	19			
16	60.00	4.00	3.60	21		0.83	
17	60.00	4.10	3.69			17.40	
18	56.31	4.28	3.85				
19	52.46	4.38	3.94				
20	48.52	4.31	3.88				
21	44.64	4.30	3.87	22			
22	60.00	4.37	3.93			2.77	
23	56.07	4.55	4.10				
24	51.97	4.31	3.88				
25	48.09	4.28	3.85	1			
26	45.24	4.25	3.83				
27	41.42	4.12	3.71				
28	37.71	3.94	3.55				
29	34.16	3.90	3.51				
30	30.65	3.97	3.57				
31	27.08	3.98	3.58				
	23.50						
Sumatorias:	132.63	119.37	63.00	50.00	49.41	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	23.50	3.99	3.59				
2	19.91	3.85	3.47	1			
3	17.44	3.67	3.30	30			
4	44.14	3.76	3.38	37			
5	60.00	3.52	3.17	90		17.75	
6	60.00	3.87	3.48	8		86.83	
7	60.00	3.58	3.22	60		4.52	
8	60.00	3.86	3.47	23		56.78	
9	60.00	3.51	3.16	50		19.53	
10	60.00	3.99	3.59	10		46.84	
11	60.00	3.64	3.28	30		6.41	
12	60.00	3.67	3.30	35		26.72	
13	60.00	3.59	3.23	42		31.70	
14	60.00	4.08	3.67			38.77	
15	56.33	3.94	3.55	20			
16	60.00	4.12	3.71			12.78	
17	56.29	4.17	3.75				
18	52.54	4.16	3.74				
19	48.80	4.02	3.62				
20	45.18	3.95	3.56				
21	41.62	3.87	3.48				
22	38.14	3.96	3.56				
23	34.58	4.09	3.68				
24	30.89	4.11	3.70				
25	27.19	4.14	3.72				
26	23.47	4.16	3.74				
27	19.73	4.18	3.77				
28	15.96	4.21	3.79				
29	12.17	3.81	3.43	27			
30	35.75	3.80	3.42	22			
31							
	32.33						
Sumatorias:	117.27	105.54	485.00	0.00	348.63	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento II con 2.0 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico	
K	0.3

Mes	Enero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	35.00	4.21	1.26		35		
11	33.74	4.16	1.25				
12	32.49	4.02	1.21				
13	31.28	3.98	1.19				
14	30.09	3.90	1.17				
15	28.92	4.05	1.22				
16	27.70	4.12	1.24				
17	26.47	4.01	1.20				
18	25.27	4.12	1.24				
19	24.03	4.20	1.26				
20	22.77	4.16	1.25		35		
21	56.52	4.14	1.24				
22	55.28	4.05	1.22				
23	54.06	4.00	1.20				
24	52.86	4.30	1.29				
25	51.57	4.24	1.27				
26	50.30	4.27	1.28				
27	49.02	4.32	1.30				
28	47.73	4.34	1.30				
29	46.42	4.58	1.37				
30	45.05	4.52	1.36		35		
31	60.00	4.63	1.39			18.69	
	58.61						
Sumatorias:	92.32	27.70	0	105	18.69	0	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico	
K	0.6

Mes	Febrero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	58.61	4.69	2.81	1			
2	56.80	4.70	2.82				
3	53.98	4.61	2.77				
4	51.21	4.71	2.83				
5	48.39	4.68	2.81				
6	45.58	4.72	2.83				
7	42.75	4.50	2.70				
8	40.05	4.64	2.78				
9	37.26	4.68	2.81		35		
10	60.00	4.28	2.57			9.45	
11	57.43	4.34	2.60	4			
12	58.83	4.38	2.63				
13	56.20	4.60	2.76				
14	53.44	4.48	2.69	1			
15	51.75	4.45	2.67				
16	49.08	4.46	2.68				
17	46.41	4.20	2.52				
18	43.89	4.19	2.51				
19	41.37	4.26	2.56		35		
20	60.00	4.29	2.57	2		13.82	
21	59.43	4.35	2.61				
22	56.82	4.37	2.62	3			
23	57.19	4.66	2.80				
24	54.40	4.54	2.72				
25	51.67	4.38	2.63				
26	49.05	4.43	2.66				
27	46.39	4.70	2.82				
28	43.57	4.71	2.83	5			
29	45.74	4.67	2.80		35		
30							
31							
	60.00						
Sumatorias:	130.67	78.40	16.00	105.00	23.27	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento II con 2.0 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Marzo
Año	2,008

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Abril
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	60.00	4.70	4.23			17.94	
2	55.77	4.66	4.19				
3	51.58	4.68	4.21				
4	47.36	4.67	4.20				
5	43.16	4.51	4.06				
6	39.10	4.49	4.04				
7	35.06	4.38	3.94				
8	31.12	4.51	4.06				
9	27.06	4.39	3.95				
10	23.11	4.41	3.97		35		
11	54.14	4.18	3.76				
12	50.38	4.01	3.61				
13	46.77	4.16	3.74				
14	43.03	3.87	3.48				
15	39.54	3.97	3.57	19			
16	54.97	4.00	3.60	21			
17	60.00	4.10	3.69			12.37	
18	56.31	4.28	3.85				
19	52.46	4.38	3.94				
20	48.52	4.31	3.88				
21	44.64	4.30	3.87	22			
22	60.00	4.37	3.93			2.77	
23	56.07	4.55	4.10				
24	51.97	4.31	3.88				
25	48.09	4.28	3.85	1			
26	45.24	4.25	3.83				
27	41.42	4.12	3.71				
28	37.71	3.94	3.55				
29	34.16	3.90	3.51				
30	30.65	3.97	3.57				
31	27.08	3.98	3.58				
	23.50						
Sumatorias:	132.63	119.37	119.37	63.00	35.00	33.08	0.00

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	23.50	3.99	3.59				
2	19.91	3.85	3.47	1			
3	17.44	3.67	3.30	30			
4	44.14	3.76	3.38	37			
5	60.00	3.52	3.17	90		17.75	
6	60.00	3.87	3.48	8		86.83	
7	60.00	3.58	3.22	60		4.52	
8	60.00	3.86	3.47	23		56.78	
9	60.00	3.51	3.16	50		19.53	
10	60.00	3.99	3.59	10		46.84	
11	60.00	3.64	3.28	30		6.41	
12	60.00	3.67	3.30	35		26.72	
13	60.00	3.59	3.23	42		31.70	
14	60.00	4.08	3.67			38.77	
15	56.33	3.94	3.55	20			
16	60.00	4.12	3.71			12.78	
17	56.29	4.17	3.75				
18	52.54	4.16	3.74				
19	48.80	4.02	3.62				
20	45.18	3.95	3.56				
21	41.62	3.87	3.48				
22	38.14	3.96	3.56				
23	34.58	4.09	3.68				
24	30.89	4.11	3.70				
25	27.19	4.14	3.72				
26	23.47	4.16	3.74				
27	19.73	4.18	3.77				
28	15.96	4.21	3.79				
29	12.17	3.81	3.43	27			
30	35.75	3.80	3.42	22			
31							
	32.33						
Sumatorias:	117.27	105.54	105.54	485.00	0.00	348.63	0.00

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento III con 2.5 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico		
	K	0.3

Mes	Enero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	40.00	4.21	1.26		40		
11	38.74	4.16	1.25				
12	37.49	4.02	1.21				
13	36.28	3.98	1.19				
14	35.09	3.90	1.17				
15	33.92	4.05	1.22				
16	32.70	4.12	1.24				
17	31.47	4.01	1.20				
18	30.27	4.12	1.24				
19	29.03	4.20	1.26				
20	27.77	4.16	1.25				
21	26.52	4.14	1.24				
22	25.28	4.05	1.22				
23	24.06	4.00	1.20				
24	22.86	4.30	1.29				
25	21.57	4.24	1.27		40		
26	60.00	4.27	1.28			0.30	
27	58.72	4.32	1.30				
28	57.42	4.34	1.30				
29	56.12	4.58	1.37				
30	54.75	4.52	1.36				
31	53.39	4.63	1.39				
	52.00						
Sumatorias:	92.32	27.70	0.00	80.00	0.30	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico		
	K	0.6

Mes	Febrero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	52.00	4.69	2.81	1			
2	50.19	4.70	2.82				
3	47.37	4.61	2.77				
4	44.60	4.71	2.83				
5	41.78	4.68	2.81				
6	38.97	4.72	2.83				
7	36.14	4.50	2.70				
8	33.44	4.64	2.78				
9	30.65	4.68	2.81		40		
10	60.00	4.28	2.57			7.84	
11	57.43	4.34	2.60	4			
12	58.83	4.38	2.63				
13	56.20	4.60	2.76				
14	53.44	4.48	2.69	1			
15	51.75	4.45	2.67				
16	49.08	4.46	2.68				
17	46.41	4.20	2.52				
18	43.89	4.19	2.51				
19	41.37	4.26	2.56				
20	38.82	4.29	2.57	2			
21	38.24	4.35	2.61				
22	35.63	4.37	2.62	3			
23	36.01	4.66	2.80				
24	33.21	4.54	2.72		40		
25	60.00	4.38	2.63			10.49	
26	57.37	4.43	2.66				
27	54.71	4.70	2.82				
28	51.89	4.71	2.83	5			
29	54.07	4.67	2.80				
30							
31							
	51.27						
Sumatorias:	130.67	78.40	16.00	80.00	18.33	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento III con 2.5 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Marzo
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	51.27	4.70	4.23				
2	47.04	4.66	4.19				
3	42.84	4.68	4.21				
4	38.63	4.67	4.20				
5	34.43	4.51	4.06				
6	30.37	4.49	4.04				
7	26.33	4.38	3.94				
8	22.39	4.51	4.06				
9	18.33	4.39	3.95				
10	14.38	4.41	3.97		40		
11	50.41	4.18	3.76				
12	46.64	4.01	3.61				
13	43.04	4.16	3.74				
14	39.29	3.87	3.48				
15	35.81	3.97	3.57	19			
16	51.24	4.00	3.60	21			
17	68.64	4.10	3.69				
18	64.95	4.28	3.85				
19	61.09	4.38	3.94				
20	57.15	4.31	3.88				
21	53.27	4.30	3.87	22			
22	60.00	4.37	3.93			1.4	
23	56.07	4.55	4.10				
24	51.97	4.31	3.88				
25	48.09	4.28	3.85	1			
26	45.24	4.25	3.83				
27	41.42	4.12	3.71				
28	37.71	3.94	3.55				
29	34.16	3.90	3.51				
30	30.65	3.97	3.57				
31	27.08	3.98	3.58				
	23.50						
Sumatorias:	132.63	119.37	63.00	40.00	1.40	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Abril
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	23.50	3.99	3.59				
2	19.91	3.85	3.47	1			
3	17.44	3.67	3.30	30			
4	44.14	3.76	3.38	37			
5	60.00	3.52	3.17	90		17.75	
6	60.00	3.87	3.48	8		86.83	
7	60.00	3.58	3.22	60		4.52	
8	60.00	3.86	3.47	23		56.78	
9	60.00	3.51	3.16	50		19.53	
10	60.00	3.99	3.59	10		46.84	
11	60.00	3.64	3.28	30		6.41	
12	60.00	3.67	3.30	35		26.72	
13	60.00	3.59	3.23	42		31.70	
14	60.00	4.08	3.67			38.77	
15	56.33	3.94	3.55	20			
16	60.00	4.12	3.71			12.78	
17	56.29	4.17	3.75				
18	52.54	4.16	3.74				
19	48.80	4.02	3.62				
20	45.18	3.95	3.56				
21	41.62	3.87	3.48				
22	38.14	3.96	3.56				
23	34.58	4.09	3.68				
24	30.89	4.11	3.70				
25	27.19	4.14	3.72				
26	23.47	4.16	3.74				
27	19.73	4.18	3.77				
28	15.96	4.21	3.79				
29	12.17	3.81	3.43	27			
30	35.75	3.80	3.42	22			
31							
	32.33						
Sumatorias:	117.27	105.54	485.00	0.00	348.63	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento IV con 3.0 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico	
K	0.3

Mes	Enero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	50.00	4.21	1.26		50		
11	48.74	4.16	1.25				
12	47.49	4.02	1.21				
13	46.28	3.98	1.19				
14	45.09	3.90	1.17				
15	43.92	4.05	1.22				
16	42.70	4.12	1.24				
17	41.47	4.01	1.20				
18	40.27	4.12	1.24				
19	39.03	4.20	1.26				
20	37.77	4.16	1.25				
21	36.52	4.14	1.24				
22	35.28	4.05	1.22				
23	34.06	4.00	1.20				
24	32.86	4.30	1.29				
25	31.57	4.24	1.27				
26	30.30	4.27	1.28				
27	29.02	4.32	1.30				
28	27.73	4.34	1.30				
29	26.42	4.58	1.37				
30	25.05	4.52	1.36		50		
31	60.00	4.63	1.39			13.69	
	58.61						
Sumatorias:	92.32	27.70	0	100	13.69	0	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico	
K	0.6

Mes	Febrero
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	58.61	4.69	2.81	1			
2	56.80	4.70	2.82				
3	53.98	4.61	2.77				
4	51.21	4.71	2.83				
5	48.39	4.68	2.81				
6	45.58	4.72	2.83				
7	42.75	4.50	2.70				
8	40.05	4.64	2.78				
9	37.26	4.68	2.81				
10	34.45	4.28	2.57				
11	31.89	4.34	2.60	4			
12	33.28	4.38	2.63				
13	30.65	4.60	2.76				
14	27.89	4.48	2.69	1			
15	26.21	4.45	2.67				
16	23.54	4.46	2.68				
17	20.86	4.20	2.52				
18	18.34	4.19	2.51				
19	15.83	4.26	2.56		50		
20	60.00	4.29	2.57	2		3.27	
21	59.43	4.35	2.61				
22	56.82	4.37	2.62	3			
23	57.19	4.66	2.80				
24	54.40	4.54	2.72				
25	51.67	4.38	2.63				
26	49.05	4.43	2.66				
27	46.39	4.70	2.82				
28	43.57	4.71	2.83	5			
29	45.74	4.67	2.80				
30							
31							
	42.94						
Sumatorias:	130.67	78.40	16.00	50.00	3.27	0.00	

Referencias.

LARA:	Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
Ev	Evaporación (Tanque tipo A)
ET	Evapotranspiración (Et=K * Ev)
PP	Presipitación Pluvial
R	Riego
Ex	Exesos por lluvia
DEF	Deficit por falta de riego

Balance Hídrico para un cultivo de 7 meses de edad en condiciones de finca Palo Gordo
Para el tratamiento IV con 3.0 horas de riego en la época mas seca.

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Marzo
Año	2,008

Balance Hídrico		
	K	0.9

Mes	Abril
Año	2,008

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	42.94	4.70	4.23				
2	38.71	4.66	4.19				
3	34.52	4.68	4.21				
4	30.30	4.67	4.20				
5	26.10	4.51	4.06				
6	22.04	4.49	4.04				
7	18.00	4.38	3.94				
8	14.06	4.51	4.06				
9	10.00	4.39	3.95				
10	6.05	4.41	3.97		50		
11	52.08	4.18	3.76				
12	48.32	4.01	3.61				
13	44.71	4.16	3.74				
14	40.97	3.87	3.48				
15	37.48	3.97	3.57	19			
16	52.91	4.00	3.60	21			
17	60.00	4.10	3.69			10.31	
18	56.31	4.28	3.85				
19	52.46	4.38	3.94				
20	48.52	4.31	3.88				
21	44.64	4.30	3.87	22			
22	60.00	4.37	3.93			2.77	
23	56.07	4.55	4.10				
24	51.97	4.31	3.88				
25	48.09	4.28	3.85	1			
26	45.24	4.25	3.83				
27	41.42	4.12	3.71				
28	37.71	3.94	3.55				
29	34.16	3.90	3.51				
30	30.65	3.97	3.57				
31	27.08	3.98	3.58				
	23.50						
Sumatorias	132.63	119.37	63.00	50.00	13.08	0.00	

Referencias.

- LARA: Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
 Ev Evaporación (Tanque tipo A)
 ET Evapotranspiración (Et=K * Ev)
 PP Presipitación Pluvial
 R Riego
 Ex Exesos por lluvia
 DEF Deficit por falta de riego

Día	LARA	EV	ETR	PP	R	EX	DEF
1	23.50	3.99	3.59				
2	19.91	3.85	3.47	1			
3	17.44	3.67	3.30	30			
4	44.14	3.76	3.38	37			
5	60.00	3.52	3.17	90		17.75	
6	60.00	3.87	3.48	8		86.83	
7	60.00	3.58	3.22	60		4.52	
8	60.00	3.86	3.47	23		56.78	
9	60.00	3.51	3.16	50		19.53	
10	60.00	3.99	3.59	10		46.84	
11	60.00	3.64	3.28	30		6.41	
12	60.00	3.67	3.30	35		26.72	
13	60.00	3.59	3.23	42		31.70	
14	60.00	4.08	3.67			38.77	
15	56.33	3.94	3.55	20			
16	60.00	4.12	3.71			12.78	
17	56.29	4.17	3.75				
18	52.54	4.16	3.74				
19	48.80	4.02	3.62				
20	45.18	3.95	3.56				
21	41.62	3.87	3.48				
22	38.14	3.96	3.56				
23	34.58	4.09	3.68				
24	30.89	4.11	3.70				
25	27.19	4.14	3.72				
26	23.47	4.16	3.74				
27	19.73	4.18	3.77				
28	15.96	4.21	3.79				
29	12.17	3.81	3.43	27			
30	35.75	3.80	3.42	22			
31							
	54.33						
Sumatorias	117.27	105.54	485.00	0.00	348.63	0.00	

Referencias.

- LARA: Lámina rápidamente aprovechable (50mm)
 Ev Evaporación (Tanque tipo A)
 ET Evapotranspiración (Et=K * Ev)
 PP Presipitación Pluvial
 R Riego
 Ex Exesos por lluvia
 DEF Deficit por falta de riego

Figura 11 A Unidad Experimental

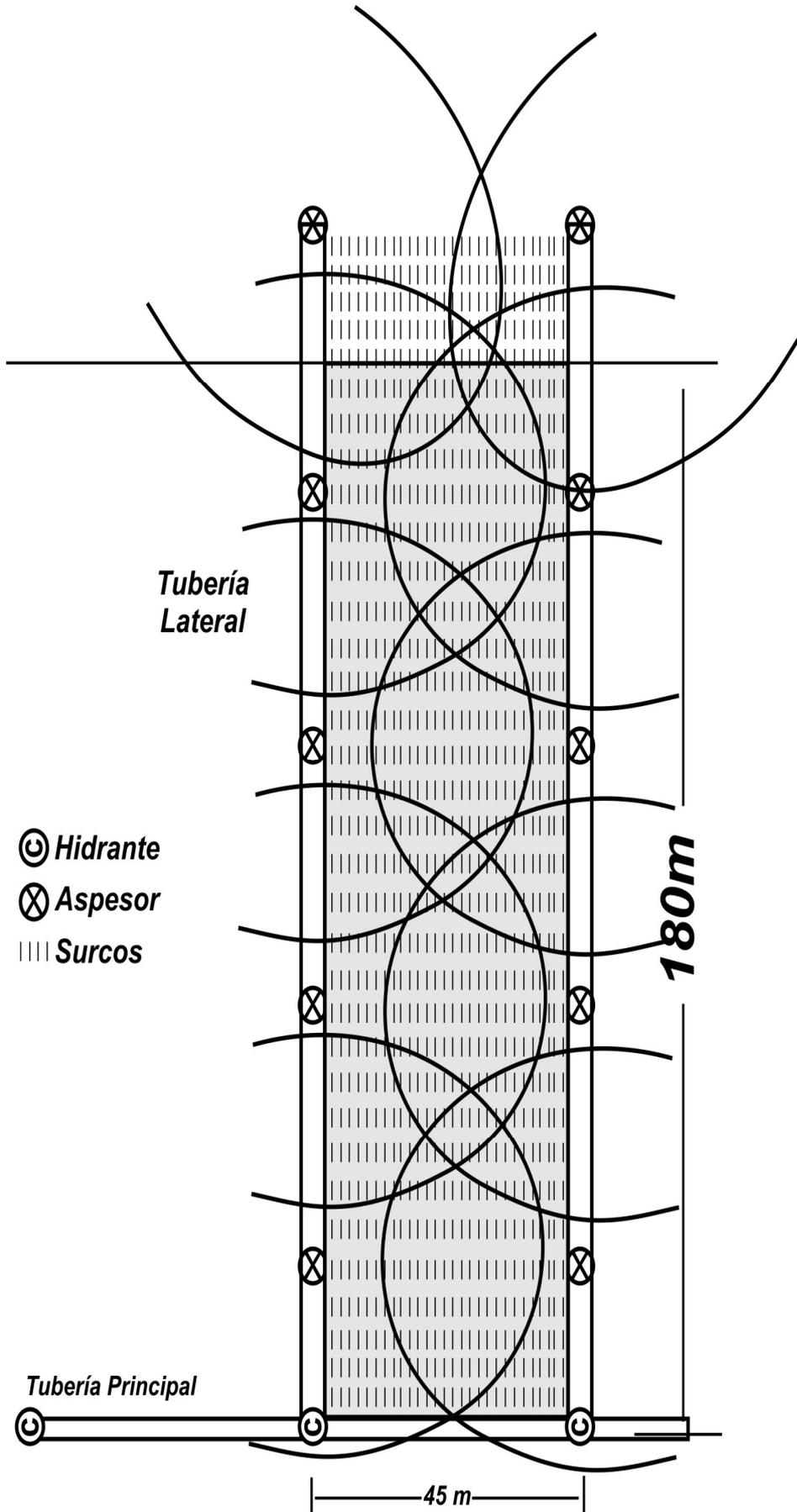


Figura 12 A Croquis de Campo y Distribución de Tratamientos.

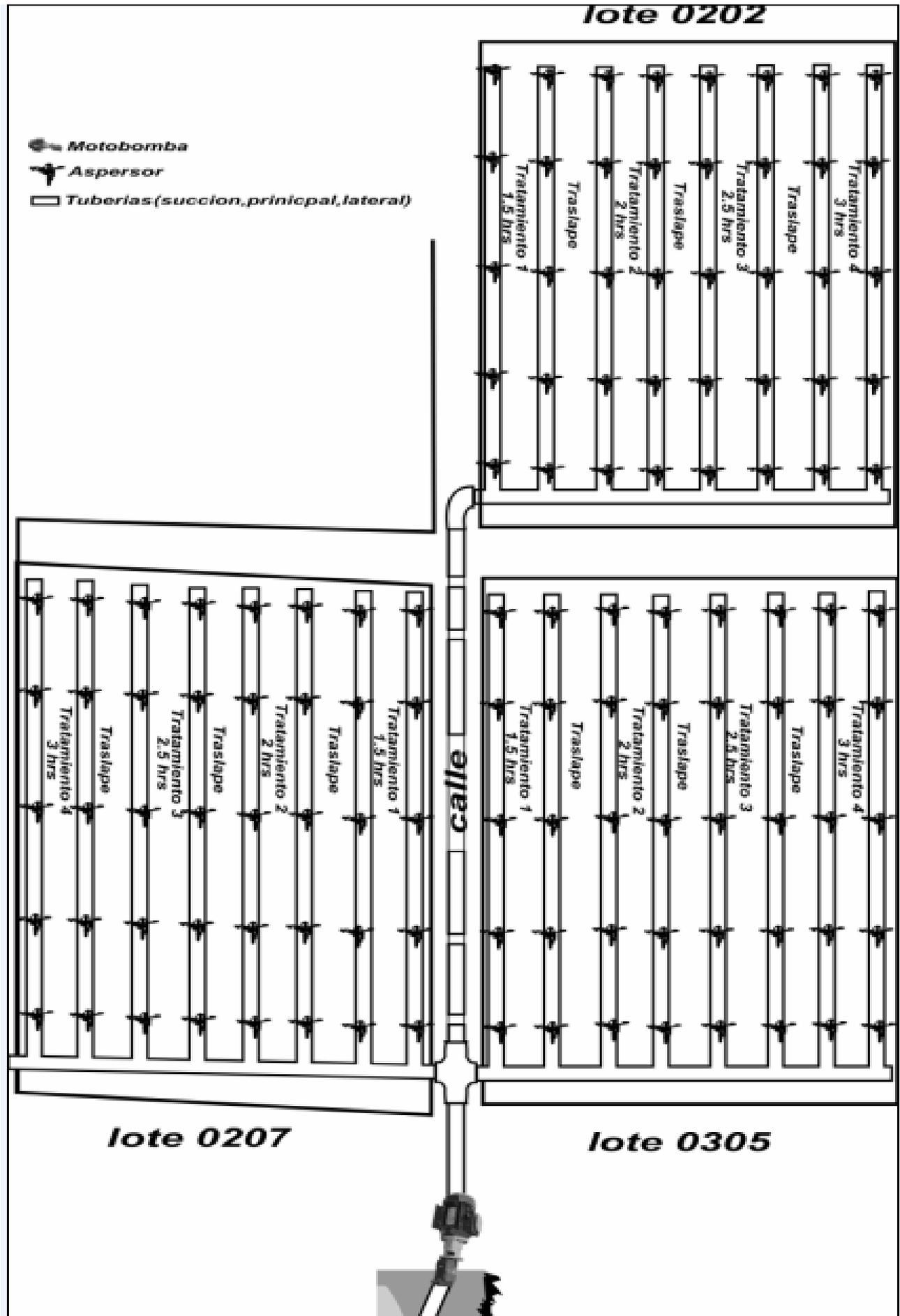


Figura 13 A Disposición de recipientes para la medición de las láminas.

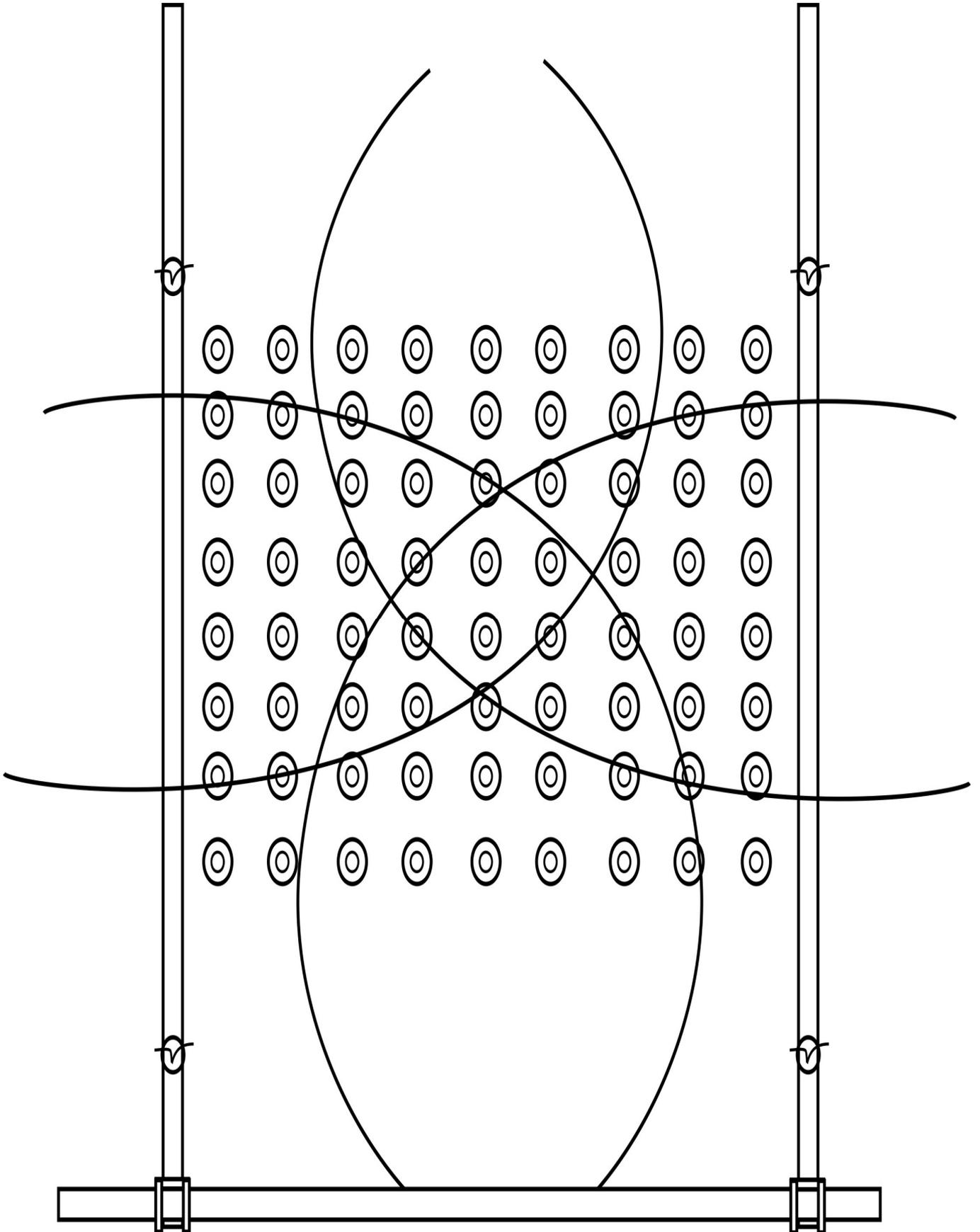


Figura 14 A

Sistema de riego por aspersión de la Estación Experimental de la finca Palo Gordo.

