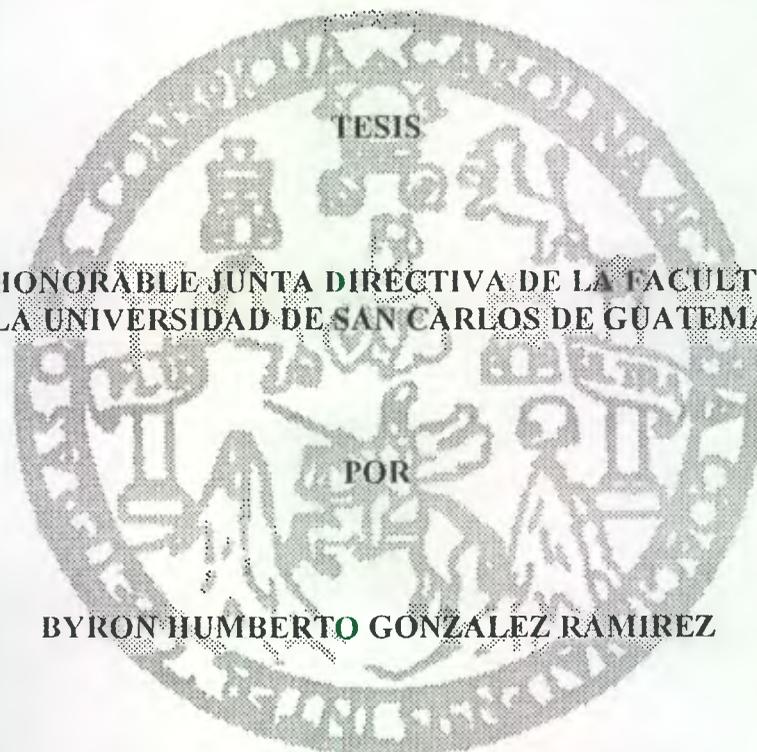


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION AGROECONOMICA DEL SISTEMA DE CULTIVO INTERCALADO  
CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.) - GIRASOL (Helianthus annuus L.)



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

BYRON HUMBERTO GONZALEZ RAMIREZ

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, ENERO DE 1,999.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(1764)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO

VOCAL PRIMERO

Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA

VOCAL CUARTO

Br. OSCAR JAVIER GUEVARA PINEDA

VOCAL QUINTO

Br. JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO

SECRETARIO

Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA

Guatemala, enero de 1,999

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

Señores miembros:

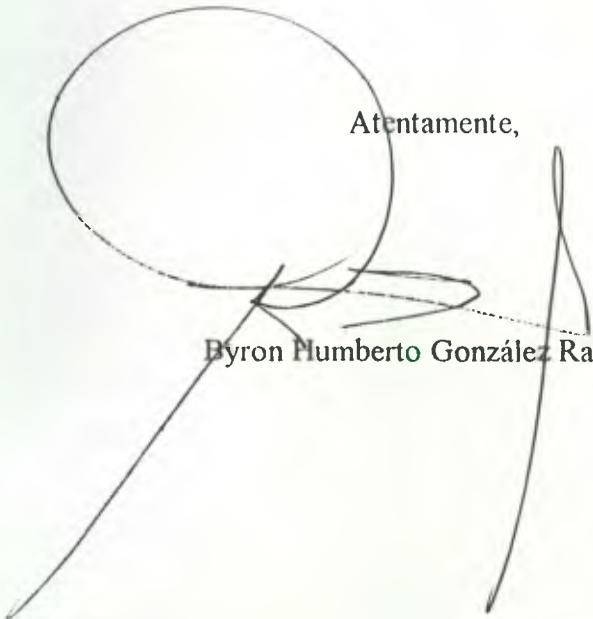
De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION AGROECONOMICA DEL SISTEMA DE CULTIVO INTERCALADO  
CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.) - GIRASOL (Helianthus annus L.)

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

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para la aprobación, me suscribo.

Atentamente,



Byron Humberto González Ramírez

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Que me ha iluminado y ayudado siempre para poder alcanzar mis metas.

MIS PADRES

Armando Humberto González Miranda  
Juana Ramírez Bautista, por sus esfuerzos y sacrificios.

MIS HERMANOS

Sandra Liliana, Orlando Libardo y Lily Patricia, con gran cariño.

MIS COMPAÑEROS DE  
PROMOCION Y AMIGOS

Ezequiel López, Miguel López Valenzuela, Jorge Luis Gómez, Erick Motta, Ronald Gómez, Enrique Alquejay, Danilo Juárez, Miguel Delgado, Jose Haroldo Ventura, Edgar Marroquín, Byron Orozco, Pedro López, Vinicio Fuentes, como recuerdo de las experiencias compartidas y muestra de sincera amistad.

MI FAMILIA EN GENERAL

Como muestra de cariño y respeto

## TESIS QUE DEDICO

A:

Guatemala

Escuela Nacional "Felipe Rodríguez", San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

Escuela de Formación Agrícola, San Marcos.

Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación.

## AGRADECIMIENTOS

Muy sinceramente a mis asesores M.C. Victor Manuel Alvarez Cajas y Ph. D. Mario Melgar Morales por su valiosa orientación en la realización del presente estudio.

Al Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía, especialmente al Ing. Agr. Marino Barrientos, por contribuir enormemente en mi formación y brindar las facilidades para el análisis de los resultados de la investigación.

Ingenio Magdalena S. A. por el apoyo logístico y económico para el desarrollo de la investigación.

Departamento de Investigación del Ingenio Magdalena, especialmente al P. Agr. Luis Estuardo Guevara e Ing. Agr. Waldemar Dell Campollo por su colaboración en la ejecución de la fase de campo de la investigación.

## CONTENIDO

	INDICE DE CUADROS .....	viii
	INDICE DE FIGURAS .....	x
	RESUMEN .....	xii
1.	INTRODUCCION .....	1
2.	DEFINICION DEL PROBLEMA .....	3
3.	MARCO TEORICO .....	5
	3.1. Marco Conceptual .....	5
	3.1.1. Cultivos múltiples .....	5
	3.1.1.1. Importancia del intercalamiento de cultivos .....	7
	3.1.2. Cultivos intercalados con caña de azúcar .....	9
	3.1.3. El cultivo del girasol .....	10
	3.1.3.1. Descripción general .....	10
	3.1.3.2. Variedades e híbridos .....	11
	3.1.3.3. Experiencias de intercalamiento caña de azúcar-girasol .....	11
	3.1.3.4. Potencial del intercalamiento caña de azúcar-girasol .....	12
	3.1.4. Plagas de interés económico en la caña de azúcar .....	12
	3.1.4.1. Barrenador del tallo .....	12
	3.1.4.2. Chinche salivosa .....	12
	3.1.4.3. Gallina ciega .....	13
	3.1.4.4. Gusano alambre .....	13
	3.1.5. Eficiencia del sistema y uso de la tierra .....	13
	3.2. Marco Referencial .....	14
4.	OBJETIVOS .....	16
5.	HIPOTESIS .....	17
6.	METODOLOGIA .....	18
	6.1. Diseño experimental .....	18
	6.2. Tratamientos .....	18
	6.3. Distancias de siembra .....	19
	6.4. Variables de respuesta .....	20
	6.4.1. Rendimiento en toneladas de caña por hectárea .....	20
	6.4.2. Rendimiento en libras de azúcar por toneladas de caña .....	20
	6.4.3. Altura de tallos de caña de azúcar .....	20
	6.4.4. Densidad de población de tallos de caña de azúcar .....	20
	6.4.5. Rendimiento de girasol .....	21
	6.4.6. Población y daño de chinche salivosa .....	21
	6.4.7. Población de gallina ciega y gusano alambre .....	22
	6.4.8. Población de barrenador del tallo .....	22
	6.5. Análisis de la información .....	23
	6.5.1. Análisis estadístico .....	23
	6.5.2. Eficiencia del sistema de cultivo intercalado .....	23
	6.5.3. Análisis económico .....	24
	6.6. Manejo del experimento .....	24
	6.6.1. Labores previas a la siembra de girasol .....	24

6.6.2.	Siembra . . . . .	24
6.6.3.	Riego . . . . .	25
6.6.4.	Control de malezas . . . . .	25
6.6.5.	Fertilización . . . . .	25
6.6.6.	Control de plagas . . . . .	25
6.6.7.	Control de enfermedades . . . . .	25
6.6.8.	Cosecha del girasol . . . . .	25
7.	<b>RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .</b>	<b>26</b>
7.1.	Efecto del intercalamiento sobre el rendimiento y crecimiento de la caña de azúcar . . . . .	26
7.1.1.	Efecto sobre la altura de tallos . . . . .	26
7.1.2.	Efecto sobre la densidad de población de tallos . . . . .	27
7.1.3.	Efecto sobre el rendimiento de caña de azúcar por hectárea . . . . .	29
7.1.4.	Efecto sobre el contenido de azúcar . . . . .	30
7.2.	Eficiencia del sistema de cultivo intercalado . . . . .	32
7.3.	Efecto del intercalamiento sobre la producción de girasol . . . . .	34
7.4.	Efecto del intercalamiento sobre las poblaciones de las plagas aéreas . . . . .	36
7.4.1.	Efecto sobre las poblaciones de adultos de chinche salivosa . . . . .	36
7.4.2.	Efecto sobre el daño de chinche salivosa . . . . .	39
7.4.3.	Efecto sobre las poblaciones de barrenador del tallo . . . . .	39
7.5.	Efecto sobre las poblaciones de plagas de suelo: gallina ciega y gusano alambre . . . . .	39
7.6.	Análisis económico . . . . .	41
8.	<b>CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>43</b>
9.	<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>44</b>
10.	<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>45</b>
11.	<b>ANEXO . . . . .</b>	<b>50</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Características de los suelos del sitio experimental . . . . .	15
CUADRO 2	Variedades e híbridos utilizados para cada uno de los cultivos considerados . . . . .	19
CUADRO 3	Modalidades de cultivos intercalados considerados . . . . .	19
CUADRO 4	Resumen de los análisis de varianza practicados a la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) hasta 270 DDC. . . . .	26
CUADRO 5	Resumen de los análisis de varianza practicados a la variable población de tallos de caña de azúcar hasta 270 DDC. . . . .	28
CUADRO 6	Resumen del análisis de varianza practicado a los valores de UET calculado para las diferentes alternativas de intercalamiento caña de azúcar-girasol. . . . .	33
CUADRO 7	Resumen de la prueba de medias de Tukey para los valores de UET de las distintas alternativas de intercalamiento caña de azúcar-girasol . . . . .	34
CUADRO 8	Resumen del análisis de varianza practicado al rendimiento de grano de girasol para las diferentes combinaciones de materiales y distanciamientos de siembra entre planta . . . . .	35
CUADRO 9	Resumen de la prueba de medias de Tukey para el rendimiento de grano de girasol en las diferentes combinaciones de materiales y distanciamiento de siembra entre planta . . . . .	35
CUADRO 10	Resumen de los análisis de varianza practicados a la variable población de adultos de chinche salivosa por metro lineal de caña en tres diferentes lecturas . . . . .	37
CUADRO 11	Análisis de dominancia de las diferentes alternativas de intercalamiento caña-girasol y monocultivo de caña de azúcar. Finca Bougambilia. Ingenio Magdalena. 1,997. . . . .	42
CUADRO 12	Análisis marginal para el monocultivo de caña de azúcar y las alternativas de intercalamiento con el híbrido J-1196 sembrado a 15 y 25 cm. entre planta. . . . .	42
CUADRO 13A	Resumen del análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) por hectárea, 30 DDC . . . . .	51
CUADRO 14A	Resumen del análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) por hectárea 60 DDC . . . . .	51

CUADRO 15A	Resumen del análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) por hectárea, 90 DDC .....	51
CUADRO 16A	Resumen del análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) por hectárea, 180 DDC .....	52
CUADRO 17A	Resumen del análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) por hectárea, 270 DDC .....	52
CUADRO 18A	Resumen del análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea, 30 DDC .....	52
CUADRO 19A	Resumen del análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea, 60 DDC .....	53
CUADRO 20A	Resumen del análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea, 90 DDC .....	53
CUADRO 21A	Resumen del análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea, 180 DDC .....	53
CUADRO 22A	Resumen del análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea, 270 DDC .....	54
CUADRO 23A	Resumen del análisis de varianza para la variable rendimiento de caña de azúcar toneladas por hectárea. ....	54
CUADRO 24A	Resumen del análisis de varianza para la variable libras de azúcar por tonelada caña .....	54
CUADRO 25A	Valores de UET calculados por unidad experimental y para todo el ensayo . . . .	55
CUADRO 26A	Resumen del análisis de varianza para la variable población de adultos de chinche salivosa al inicio de la época lluviosa, mayo 1,997 .....	55
CUADRO 27A	Resumen del análisis de varianza para la variable población de adultos de chinche salivosa a medidados de la época lluviosa, junio 1,997 .....	55

		x
CUADRO 28A	Resumen del análisis de varianza para la variable población de adultos de chinche salivosa a finales de la época lluviosa, septiembre 1,997 . . . . .	56
CUADRO 29A	Rangos asignados por bloque a los valores de daño de chinche salivosa por unidad experimental. Primera lectura, junio 1,997. . . . .	56
CUADRO 30A	Rangos asignados por bloque a los valores de daño de chinche salivosa por unidad experimental. Segunda lectura, septiembre 1,997 . . . . .	56
CUADRO 31A	Rendimiento de caña de azúcar (ton/ha) para cada una de las modalidades de intercalamiento, por repetición . . . . .	58
CUADRO 32A	Rendimiento de azúcar (lbs. azúcar/ton. caña) para cada una de las modalidades intercalamiento, por repetición . . . . .	58
CUADRO 33A	Rendimiento de grano de girasol (ton/ha) por unidad experimental . . . . .	59
CUADRO 34A	Costos variables y beneficios por hectárea de las distintas alternativas de intercalamiento y del monocultivo de caña de azúcar. . . . .	59

#### INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Comportamiento de los valores medios de altura de tallos de caña de azúcar registrados hasta 270 DDC para las distintas modalidades de intercalamiento caña de azúcar-girasol y caña en monocultivo . . . . .	27
FIGURA 2	Comportamiento de los valores medios de población de tallos por hectárea registrados hasta 270 DDC para las distintas modalidades de intercalamiento caña de azúcar-girasol y caña en monocultivo . . . . .	29
FIGURA 3	Rendimiento en toneladas de caña por hectárea en el monocultivo de caña y las diferentes modalidades de intercalamiento . . . . .	30

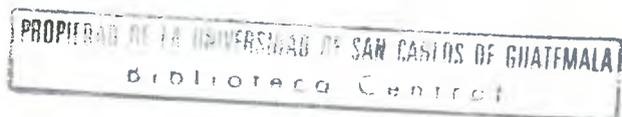


FIGURA 4	Contenido promedio de azúcar en libras por tonelada de caña, en el monocultivo y las diferentes modalidades de intercalamiento . . . . .	31
FIGURA 5	Curvas de isocronoproduktividad de las diferentes alternativas de intercalamiento y monocultivo de caña de azúcar . . . . .	32
FIGURA 6	Comportamiento de las densidades poblacionales de adultos de chinche salivosa en los policultivos y monocultivo de caña de azúcar en las lecturas efectuadas .	37
FIGURA 7	Precipitación pluvial mensual (mm) registrada de abril a noviembre años 1994 a 1997 en la Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena . . . . .	38
FIGURA 8	Número total de larvas de gallina ciega ( <i>Phyllophaga sp.</i> ) dos días antes y diez días posterior a la siembra de girasol, en cada una de las alternativas de intercalamiento y el monocultivo de caña de azúcar . . . . .	40
FIGURA 9	Número total de larvas de gusano alambre ( <i>Agriotes sp.</i> ) dos días antes y diez días posterior a la siembra de girasol, en cada una de las alternativas de intercalamiento y el monocultivo de caña de azúcar . . . . .	45
FIGURA 10A	Croquis del sitio experimental . . . . .	57
FIGURA 11A	Dimensiones y forma de la unidad experimental . . . . .	57

EVALUACION AGROECONOMICA DEL SISTEMA DE CULTIVO INTERCALADO  
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum sp.*)-GIRASOL (*Helianthus annuus L.*)

AGROECONOMICAL EVALUATION OF THE INTERCROPING SYSTEM  
SUGARCANE (*Saccharum sp.*)-SUNFLOWER (*Helianthus annuus L.*)

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la finca Bougambilia, propiedad del ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, con la finalidad de evaluar el efecto del intercalamiento de girasol (*Helianthus annuus L.*) sobre la producción de caña por hectárea, contenido de azúcar, crecimiento, y las poblaciones de las principales plagas aéreas y del suelo que atacan a la caña de azúcar. Así mismo se estudió la eficiencia en rendimiento y sus implicaciones económicas.

El intercalamiento de girasol entre las hileras de caña de azúcar permite aprovechar de mejor forma el espacio que se dispone en los primeros tres meses del ciclo de cultivo de ésta última. Situación que contribuye a hacer un uso más eficiente del recurso suelo y aumentar la productividad de cada hectárea cultivada con caña de azúcar.

Para ello se establecieron cuatro modalidades de cultivo intercalado resultantes de la combinación de dos híbridos de girasol (J-1196 y Z-1296) sembrados a dos diferentes distancias entre planta (15 y 25 cm.), mismas que fueron comparadas con el monocultivo de caña de azúcar, cuya variedad utilizada fué la CP-722086. Se usó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

Se encontró que la siembra conjunta de girasol con caña de azúcar no afecta los contenidos de azúcar, la producción de caña por hectárea, así como tampoco la altura y población de tallos de caña de azúcar. Así lo demuestran los análisis de varianza practicados, en los cuales no se detectaron diferencias significativas para estas variables entre los intercalamientos y el monocultivo de caña de azúcar.

Para medir la eficiencia de las modalidades de intercalamiento se calcularon unidades equivalente de tierra (UET), utilizando los rendimientos de ambos cultivos en monocultivo e intercalados. El sistema caña de azúcar-girasol resultó ser más eficiente en rendimiento en relación al monocultivo de caña de azúcar reportando en todas sus modalidades valores de UET superiores a uno.

En el aspecto económico la modalidad caña intercalada con girasol J-1196 sembrado a 25 cm. entre planta resultó ser la más atractiva (al presentar una tasa marginal de retorno de 451.42 %), y resultando ser así mismo la que presentó el valor más elevado de UET: 1.656.

Respecto a las plagas, las cantidades de lluvia precipitadas y su distribución no permitieron apreciar si el intercalamiento tuvo alguna influencia sobre sus poblaciones y daños. Preliminarmente puede anotarse que la siembra intercalada de girasol no tiene ningún efecto sobre las poblaciones y daño de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*); mientras que en el caso del barrenador del tallo (*Diatraea sp.*), gallina ciega (*Phyllophaga sp.*), y gusano alambre (*Agriotes sp.*), dadas las reducidas poblaciones observadas, no fue posible hacer comparación alguna.

## 1. INTRODUCCION

El cultivo de la caña de azúcar reviste una gran importancia para nuestro país en los aspectos social y económico. Esta gramínea, representa para la economía nacional un 3% del producto interno bruto, un 23% del total de divisas generadas por los productos tradicionales, un 19.4% del valor de la producción agrícola nacional, y generando alrededor de 50 mil empleos directos. (4)

En los últimos cinco años, la venta de azúcar, ha sido el segundo rubro de mayor generación de divisas para el país. Así mismo, se exporta el 70% de la producción, generando US\$ 235 millones en divisas. (4)

Desde hace algunos años en numerosos países, se viene hablando de la explotación racional de los subproductos y derivados como una fuente adicional de ingresos en el cultivo de la caña de azúcar, para minimizar los riesgos del cultivo en el constante cambio del mercado mundial. Pero además de todos los usos que se le puedan dar a la caña, existe una alternativa que puede considerarse independientemente del uso que se le quiera dar al producto final del cultivo. Esta alternativa es la implementación de los cultivos intercalados entre las hileras del cultivo de caña.

Al respecto, Domínguez P. (19), menciona que el agroecosistema de la caña de azúcar es uno de los más eficientes en la conversión de luz en biomasa vegetal empleada por el hombre y los animales. Sin embargo, la caña de azúcar no utiliza plenamente el suelo durante la totalidad del ciclo de cultivo, con un crecimiento relativamente lento en los posteriores tres meses al corte. De manera que existe un espacio subaprovechado entre las hileras de cultivo en este período de tiempo, el cual puede ser ocupado por cultivo de ciclo corto que contribuyan a elevar la productividad de cada hectárea cultivada, tal es el caso del girasol (*Helianthus annuus* L.).

De esta manera en el presente estudio se evaluó el efecto de la siembra conjunta de girasol-caña de azúcar, sobre la producción de caña por hectárea, el contenido de azúcar, el crecimiento de la caña, y la influencia sobre las poblaciones y daño de las principales plagas aéreas y de suelo que atacan a la caña de azúcar. Así mismo, se estudió la eficiencia del sistema de cultivo intercalado respecto al monocultivo, mediante el cálculo de las unidades equivalente de tierra, analizando adicionalmente la factibilidad económica de la implementación del sistema.

Las modalidades de intercalamiento fueron evaluadas en el campo usando un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

La implementación del sistema de cultivo intercalado caña de azúcar-girasol puede contribuir enormemente a la diversificación del sector agrícola de la agroindustria cañera, mediante un uso intensivo de recursos, y mejorando el aprovechamiento del recurso suelo.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La industria azucarera que había tenido un crecimiento realmente sorprendente años atrás, afronta en la actualidad numerosas limitantes para su desarrollo. La inclusión en el mercado de países europeos, la penetración de sustitutos bajos en calorías en los mercados de países industrializados, bajos precios internacionales y elevados excedentes acumulados, han puesto a los países productores, y principalmente a los que se encuentran en vías de desarrollo como el nuestro, en una situación crítica, al ser el cultivo de la caña de azúcar una de las principales fuentes de divisas. (7,40)

La situación se torna más difícil al analizar el precio de los insumos necesarios en el proceso de producción, las constantes fluctuaciones de nuestra moneda, y el surgimiento de nuevas cargas impositivas, entre otros aspectos que conllevan directamente a un crecimiento de los costos de producción.

Adicionalmente la caña de azúcar como un cultivo "industrializado", obliga al establecimiento y expansión del patrón de monocultivo, condición que ha provocado el surgimiento de algunos problemas, entre los que resalta el ataque de plagas y enfermedades.

De acuerdo a la información recabada por CENGICANÑA (14), con registros de 15 ingenios, al año de 1,996, tan solo la gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) y el gusano alambre (*Agriotes sp.*), afectaron cerca de 19,000 hectáreas de la totalidad del área de cultivo con caña de azúcar en la costa Sur del país. El mismo estudio señala que en el caso de plagas aéreas el daño es considerable, colocando al barrenador del tallo. (*Diatraea sp.*) con 13,820 hectáreas afectadas en primer plano de importancia. Otra plaga de importancia mayor es la Chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) con 11,774 hectáreas afectadas.

A partir de 1970 hasta la zafra 1989-90 (20 años) se obtuvo una tasa promedio a nivel de incremento de la productividad de 1.57%. Al comparar la zafra 1995/96 con relación al quinquenio 1990-1994 se obtiene un incremento de la productividad del 2.55%. (12)

Aún cuando en términos de productividad se han logrado incrementos considerables, es necesario mencionar que el área sembrada ha sufrido una fuerte expansión y con tendencia creciente.

La región cañera necesita aumentar su producción, no acelerando la tasa de crecimiento agrícola, sino elevando la productividad de cada hectárea cultivada, a través del aprovechamiento integral del recurso suelo, considerando el intercalamiento con otros cultivos que diversifiquen la producción y que contribuyan a la reducción de los efectos del monocultivo imperante.

El sistema de cultivo intercalado en caña de azúcar se ha estudiado desde hace ya varios años en países, entre los que se cuentan: Brasil, Taiwan, India, Costa Rica, Colombia, República Dominicana, Barbados, Mauricio, Filipinas, Trinidad, Malasia, y muchos más, en algunos de los cuales el sistema es ya una práctica común. (9)

Debido a que la información generada acerca del manejo y ventajas obtenidas del intercalamiento de cultivos con caña de azúcar es escasa, no se tiene una técnica general para todas las alternativas, entre las que se encuentran cultivos que desde el punto de vista comercial revisten gran importancia, como el que ahora fué objeto de estudio: el girasol.

La necesidad de importar aceites vegetales, puede reducirse sustancialmente al incrementar en el país el área de cultivos oleaginosos, entre ellos el girasol, que puede ser un cultivo alternativo aprovechando las posibilidades que ofrece en condiciones de intercalamiento, con cultivos tradicionalmente importantes como la caña de azúcar.

Respecto a la influencia de este cultivo sobre el comportamiento de los insectos plaga, Rouillard y Roy 1966 (48,49), califican como favorable en la lucha contra las plagas el asocio caña de azúcar-girasol, aunque no mencionan las especies de insectos en particular, ni los mecanismos por los cuales se logra este control.

Las anteriores circunstancias fueron consideradas como base para la ejecución del presente estudio que incluyó la evaluación de diferentes modalidades de intercalamiento entre caña de azúcar y girasol.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. Marco conceptual:

##### 3.1.1 Cultivos múltiples

Para comprender las relaciones entre los cultivos múltiples es necesario analizar el concepto de sistema de cultivo, al respecto Navarro citado por Montoya C. (35) lo define como: "la combinación espacial y temporal entre uno o más cultivos, con ciertas cantidades de tierra, mano de obra y elementos de capital (como impuestos o insumos) impuestos por el productor para cumplir ciertos propósitos de producción y/o ingreso bajo las condiciones ambientales de recursos existentes en un período dado".

Andrews y Kassan (1976) citados por Millan y Turrent (34) definen el cultivo múltiple como el conjunto de prácticas de cultivo mediante las cuales la producción total de una unidad de superficie en un año agrícola, es lograda mediante el desarrollo simultáneo de varios cultivos, de cultivos solos en secuencia, o mediante la combinación de cultivos mixtos y solos en secuencia.

Al respecto Altieri (2) y Arias (3) mencionan que los sistemas de policultivo o cultivo múltiple son sistemas en los cuales dos o más especies de cultivo se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia inter-específica y/o complementación.

Se entiende por cultivos asociados, a aquellos que se siembran en el mismo sitio y época, y uno le sirve de apoyo al otro (18,28), mientras que los cultivos intercalados son aquellos que se siembran en la misma época pero en diferente sitio dentro del terreno de cultivo. (21,22)

El diseño y el manejo de los sistemas de policultivos, debe considerarse como estrategia principal, el minimizar la competencia y maximizar la complementación entre las especies de la mezcla. Así, la distribución de los cultivos en el espacio puede consistir en sistemas tales como cultivos en bordes, cultivos en franjas, cultivos intercalados, y cultivos asociados o mezclados (con un orden definido o bien al azar). Mientras que la secuencia en el tiempo puede variar de acuerdo a si los cultivos mixtos se plantan simultáneamente, o en secuencia como cultivos rotativos, cultivo de relevo, o cultivo de vástagos. (2)

Sanchez (1976) citado por Millan y Turrent (34) define dos sistemas principales de cultivos múltiples:

- 1) Cultivo en secuencia al desarrollo de dos o más cultivos consecutivos en el mismo terreno por año. El cultivo que sucede es sembrado después que ha sido cosechado el cultivo que le precede la intensificación del cultivo es únicamente en la dimensión tiempo, no hay competencia entre cultivos.
- 2) Cultivo intercalado, donde se da el desarrollo de dos o más cultivos simultáneamente en el mismo terreno, la intensificación del cultivo es en dos dimensiones tiempo y espacio, hay competencia durante todo o parte del desarrollo del cultivo. En este sistema existen algunas variantes como: cultivos mixtos, cultivos intercalados en hileras, en fajas y cultivo en relevo.

Diaz A. (17,18) menciona como modalidades bastante comunes en las zonas de clima frío de Colombia siembras de maíz y frijol en asocio, intercalamiento o relevo. En asocio cuando ambas especies se ubican en el mismo lugar usando frijol de enredo; en intercalamiento cuando el frijol (de hábito arbustivo) se siembra entre las hileras de maíz; y de relevo cuando el frijol se siembra unos días antes de la cosecha de maíz.

Acosta J.A. (1) también distingue entre intercalamiento y asociación entre maíz y frijol. Tipificando el asocio como el sistema de siembra en el que ambas especies crecen juntas y el maíz sirve de soporte a las plantas de frijol.

Humbert (1968) citado por Estupiñan (20) menciona un caso de intercalamiento caña de azúcar-arroz en Taiwan, donde se obtienen hasta cuatro cosechas de arroz cada año en la misma parcela. En este caso la caña se planta en intercalamiento cada cuatro surcos de arroz.

Respecto al asocio propiamente dicho Lepiz (1974) citado por Larios R. (29) considera como siembras asociadas al sistema de producción donde participan en tiempo y espacio más de una especie, las cuales se siembran mezcladas en el mismo surco.

### 3.1.1.1. Importancia del intercalamiento de cultivos

Papendick, Sánchez y Triplett (1981) citados por López y Aguilar (30) señalan que la ganancia en la producción por unidad de área con cultivos únicos y simples no ha sido impresionante en años recientes, y consideran que en muchas áreas la mejor alternativa para incrementar la producción de alimentos, es desarrollar y aplicar nuevas tecnologías en sistemas de cultivos múltiples.

Howel y Andrews (25) citan que en las zonas templadas hay un consenso general de que el tipo apropiado de diversificación del agroecosistema puede conducir a menos problemas de plagas, aunque solo existen pocos ejemplos buenos de la exitosa aplicación de esta idea práctica. Rosset et al (47) también indican que el valor de los sistemas de cultivo intercalado para el manejo de las plagas está solo comenzando a ser explorado.

Los cultivos mixtos pueden extraer nutrientes de un volumen de suelo mayor que los cultivos puros debido a algún grado de rechazo mutuo de los sistemas radiculares o quizás por mayor contacto de raíces y suelo en el mismo volumen de suelo. (20)

Reynosa 1,960 citado por Hernández y Martínez (23) aclara que la asociación de cultivos produce ventajas apreciables, particularmente para el caso de la caña de azúcar, si los cultivos estacionales reúnen varias o todas de las siguientes características: a.) Que llegue al término de su ciclo o el período en el cual conviene sea beneficiado, antes del momento en que se coseche el que se cultiva como principal; b.) Que no ofrezca obstáculo alguno en las labores de cultivo al vegetal que se sembró primero; c.) Que no impida la acción benéfica de la luz, tan necesaria para el completo ejercicio de todas las funciones vegetales para el crecimiento del cultivo principal; d.) Que sus raíces no detengan el desarrollo de los propios órganos de nutrición del cultivo principal, y e.) Que no sea una planta voraz, agotadora, que esquilme el terreno y sobre todo, que no se nutra especialmente de los mismos elementos que requiere el cultivo principal para crecer y llegar al final de su ciclo, desempeñando con la mayor amplitud todas y cada una de sus funciones.

De acuerdo a Hernández M., Melgar M., y Morales M.(23,33,36) dentro de las ventajas que presenta el intercalamiento de cultivos se tienen las siguientes: a.) Existe una mayor protección a la erosión por el mayor tiempo de cobertura vegetal presente; b.) El uso más eficiente del recurso suelo, obteniendo más productos agrícolas al mismo tiempo; c.) Se mantiene la fertilidad del suelo más bien equilibrada; d.) Reducción en los costos

costos de producción al disminuir los deshierbes y el control químico de malezas; e.) Hernández et al (27) agrega que los intercalamientos reducen los ataques de plagas y enfermedades, dado que cada especie del intercalamiento posee características específicas en su anatomía y fisiología para responder a los factores del ambiente.

Risch (1981) citado por Carrillo E. (11) y Hernández R. (27) anotan que una de las ventajas más significativas de ciertas asociaciones de cultivos es que a menudo la densidad de las poblaciones de los insectos fitófagos es más baja que en los monocultivos.

Potts M.J. (39) indica que la propagación de muchas plagas y enfermedades, es determinada por la densidad de población de plantas susceptibles por unidad de área. El uso del asocio, puede reducir la densidad de algún componente del cultivo, y por lo tanto puede reducir la diseminación de algunas plagas y enfermedades.

Risch S. (1983) citado por Rosset (46) y Pierin, Levins y Wilson (1980) citados por Sanchez E. (50) mencionan que el ataque de las plagas disminuye cuando se aumenta la diversidad de la comunidad de plantas, debido a cambios en la etología de las plagas y/o sus enemigos naturales. Así mismo, Brook (1968) citado por Clavijo A. (16) también menciona la influencia de la densidad de siembra sobre los niveles de infestación de las plagas, aunque no se tienen registros abundantes al respecto.

Se ha sugerido que lo biótico, lo estructural y la complejidad microclimática de las asociaciones de las especies vegetales trabajan en conjunto para producir lo que Tahvanainen y Root (1972) citados por Carrillo E. et al (11) denominaron resistencia por asociación al ataque de plagas.

Root (1972) citado por Carrillo E. et al (11) planteo la hipótesis denominada "hipótesis de concentración de recursos", explicando en ella que la intensidad total del estímulo de atracción, para cualquier especie fitófaga, determina su abundancia como resultado de la interacción de los factores: a) el número de especies hospederas presentes y la preferencia relativa de fitófagos por cada una, b) la densidad absoluta y el arreglo espacial de cada especie hospedera, y c) la interferencia por efecto de plantas no hospederas. King. A. (1984) citado por Carrillo L. (10) indica que la reducción de la densidad de las plagas, en la mayoría de los casos, por el cultivo asociado, ocurre por medio de la manipulación de las señales utilizadas por los insectos, a la interferencia química y mecánica, a la reducción del contraste de cobertura del suelo y al aumento de la cobertura para incrementar las poblaciones de enemigos naturales

### 3.1.2. Cultivos intercalados con caña de azúcar

Se reporta un número considerable de experiencias a nivel mundial sobre el intercalamiento de distintos cultivos con caña de azúcar. En su mayoría las mismas se refieren a la siembra de leguminosas entre los surcos de caña; así por ejemplo, Romanini (44) reporta que ensayos conducidos en Filipinas, en los que se intercalaron distintas leguminosas, mostraron que la soya (*Glycine max* L.), el cacahuete (*Arachis hypogea* L.) y el frijol (*Phaseolus sp.*) fueron los cultivos intercalados que más ingresos reportaron a los productores sin disminuir su producción de caña.

En Trinidad Peng y Sze (1972) citados por Romanini (44) consiguieron un control integrado de malas hierbas combinando cultivos intercalados de soya y cacahuete. Este último autor también cita a Kanwar (1972), Randhawa (1976) y Sing & Sing (1974), quienes realizaron siembras intercaladas en la India, de diferentes especies hortícolas y cereales. El trigo (*Triticum sp.*), la papa (*Solanum tuberosum* L.), el rábano (*Raphanus sativus* L.), el maíz (*Zea mays* L.), el quimbombo (*Hibiscus esculentus* L.) y las cebollas (*Allium cepa* L.) produjeron excedente económicos al productor y una cantidad importante de estos alimentos básicos para la dieta humana.

En Guatemala, Maldonado (31) realizó una evaluación agroeconómica del sistema caña de azúcar asociado con leguminosas de grano, frijol común, caupí y soya, concluyendo que la práctica de intercalamiento caña de azúcar-frijoles comunes resulta benéfica para la caña, aumentando su rendimiento en peso por unidad de área y en azúcar por tonelada de caña cosechada.

García C. (21) encontró que el rendimiento de la caña de azúcar en toneladas de caña por hectárea son tan buenos en monocultivos que cuando se siembra intercalada con frijol. En el mismo ensayo se pudo constatar que al intercalar soya se deben emplear variedades de porte bajo, ya que ésta es más agresiva y tiene mayor capacidad competitiva por nutrimentos y espacio.

Paz M.V. (38) reporta que el rendimiento de la caña de azúcar es afectado en un mínimo porcentaje por la asociación de frijol (hasta un 7%), y que la misma resulta favorable en cuanto a la restricción de malezas durante todo el ciclo vegetativo del cultivo anual.

Buenaventura C.E. (7) menciona que en Colombia la siembra de maíz intercalado con caña de azúcar se hace tanto en plantilla como en soca con resultados satisfactorios, utilizando el sistema para la producción de semilla certificada de maíz.

### 3.1.3. El cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.)

#### 3.1.3.1. Descripción General

A nivel mundial, el girasol participa aproximadamente con un 12% de la producción de aceites vegetales no obstante la marcada expansión de la producción de aceite de palma y la ponderancia de la soya, se ha mantenido en el tercer puesto en orden de importancia en el mundo (6,19)

Es un cultivo oleaginoso por excelencia, de la familia botánica de las compuestas, y de fecundación cruzada. Por cada 100 kg. de semilla, el girasol requiere de 5 kg. de nitrógeno, 2 kg. de fósforo y 10 kg. de potasio. (19)

El girasol es una planta que se adapta a condiciones variables de temperatura; se desarrolla normalmente a temperaturas medias entre 12 y 30 °C, y altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2800 metros, así mismo requiere mínimas cantidades de agua, valores entre 200-500 mm. anuales. (52).

El destino principal del girasol es la producción de aceite para consumo humano, dada su excelente calidad culinaria y nutricional y la ausencia de componentes tóxicos. A parte de ser comestible, también tiene uso industrial principalmente en la fabricación de pinturas y jabones, y con algunos usos como mezcla en combustible de aviones. El residuo de la extracción del aceite, las hojas, y los tallos es fuente alimenticia para animales. Las flores se pueden usar para obtener un pigmento amarillo como colorante y las cenizas de la combustión de los tallos producen sales de alto contenido de potasio. (43)

El fruto del girasol, botánicamente conocido como aquenio, tiene un promedio de 13% de proteína y 44% de materia grasa cuando se le ha dejado el 30% del pericarpio al hacerle el análisis, mientras que la semilla verdadera o pepita (sin pericarpio) contiene 15% de proteína y 60% de grasa. (43)

### 3.1.3.2. Variedades e Híbridos

Los genotipos existentes en el mundo son muy abundantes. Parece existir un claro predominio de los híbridos sobre las variedades. En el presente caso se usaron los híbridos Z-1296, y J-1196. El primero caracterizado por producir un grano de color oscuro, contenido medio de aceite, y un período de siembra a madurez fisiológica 90-95 días aproximadamente. La altura aproximada de planta al final de la floración oscila entre 1.05 a 1.15 metros. El segundo produce un grano de color claro, una altura al final de la floración entre 1.30 a 1.45 m., un contenido medio de aceite, y un período de la siembra a la madurez fisiológica de 95-98 días aproximadamente.

### 3.1.3.3. Experiencias de intercalamiento caña - girasol

La siembra de caña de azúcar intercalada con girasol es una práctica hasta el momento poco estudiada en los países productores de caña de azúcar a nivel mundial. Rouillard y Roy 1966, (48,49), reportan cañales intercalados con girasol en la Isla de Mauricio, y señalan una influencia favorable del sistema de intercalamiento sobre las plagas que atacan a la caña de azúcar, aunque no se mencionan las especies de insectos en particular, ni los mecanismos por los cuales se logra éste control. Rouillard (48) resalta que pueden presentarse bajas considerables en la producción de caña al intercalarse con girasol.

En el ingenio la Providencia, Valle del Cauca, Colombia, a partir de 1,984 se comenzaron estudios sobre la siembra de girasol intercalado con la caña de azúcar. (7). De acuerdo con las experiencias obtenidas, los mejores resultados se lograron en suelos de textura liviana a mediana. En suelos pesados y con mal drenaje el desarrollo del girasol es deficiente.

Los resultados obtenidos por el ingenio Providencia han sido satisfactorios, desde el punto de vista de la adaptación del girasol a los surcos de caña, la producción de semilla por hectárea, y la calidad de éste en términos de contenido de aceite y proteína. Las plantas han alcanzado alturas de hasta 195.6 cm. y las producciones han fluctuado entre 500 a 1100 kg. de semilla por hectárea. Así mismo, se han obtenido resultados satisfactorios desde el punto de vista de la adaptación del girasol a las socas de caña, la producción de semilla por hectárea y la calidad de ésta en términos de contenido de aceite y proteína. (19)

### 3.1.3.4. Potencial del intercalamiento caña de azúcar-girasol

Sobre un total en área de caña de azúcar sembrada de 180,000 hectáreas (12) localizadas principalmente en la costa Sur del país, y considerando una temporada de siembra de girasol de tres meses (febrero, marzo y abril) con un 80% del área mencionada sin renovar, el área total de siembra de girasol en intercalamiento sería de 144,000 hectáreas. Si se descuenta un 40% que no se podrá sembrar por diversos motivos (áreas no aptas para el cultivo, falta de riego, etc.) el área neta a sembrar al año sería de 86,400 hectáreas, las cuales con un promedio de producción de 500 kg/ha de semilla, darían unas 43,200 toneladas de semilla al año.

Tales son las perspectivas que tiene el cultivo del girasol en la industria azucarera, que este importante sector de la economía nacional podría aportar una cantidad sustancial de materia prima para la producción de aceites comestibles y tortas oleaginosas que demanda el país.

### 3.1.4. Plagas de interés económico en la caña de azúcar

Las principales plagas que atacan y provocan daño económico a la caña de azúcar en Guatemala son: la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.), el barrenador del tallo (*Diatraea* sp.), el pulgón dorado (*Sipha flava* L.), la gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), gusano alambre (*Agriotes* sp.), la chinche hedionda (*Scaptocoris talpa* L.). (14)

#### 3.1.4.1. Barrenador del tallo (*Diatraea* sp.)

Su presencia en nuestro país abarca todas las fincas cañeras ocasionando daños de importancia. (14) Guagliumi P. y Bido C. citados por Solares E. (51) describen la biología del insecto de la siguiente manera: El período larval, es el causante de los daños que disminuye el rendimiento de la planta, durando de 25 a 48 días aproximadamente. El período de crisálida oscila entre 7 y 9 días, al final del cual emergen los adultos, repitiéndose nuevamente el ciclo.

#### 3.1.4.2. Chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.)

Aproximadamente durante el período de octubre a noviembre al final de las lluvias las hembras ovipositan 27 huevos por día en el suelo. La oviposición es cerca del tronco de la caña donde los huevos permanecen latentes

durante todo el verano, en abril o mayo al inicio de las lluvias, hacen eclosión y de ellos nacen las ninfas, las cuales luego se convierten en adultos. Los adultos causan daños al chupar la savia de las hojas e inyectan un líquido cáustico que produce unas rayas amarillo rojizas en el follaje. En julio la chinche se aparea dando lugar a una generación de chinches salivosas. (37)

#### **3.1.4.3. Gallina ciega (*Phyllophaga* sp.)**

Guagliumi citado por Solares E. (51) anota que los adultos del insecto presentan una coloración pardo oscura y miden aproximadamente 15-20 mm. de largo. La hembra adulta de este insecto deposita un promedio de 30 a 200 huevecillos de un color blanco de uno a varios centímetros por debajo de la superficie del suelo.

Las larvas son los gusanos blancos, con la cabeza marrón o anaranjado, con unos 3.0 cm. de largo aproximadamente. En esta fase larval que oscila entre siete y nueve meses, es cuando se producen los daños a la plantación.

#### **3.1.4.4. Gusano alambre (*Agriotes* sp.)**

Guagliumi citado por Solares E. (51) menciona que la hembra oviposita en el suelo, las larvas penetran en él al eclosionar, y se alimentan principalmente de raíces de gramíneas. Las larvas son duras, de color anaranjado y semejan alambres, variando en longitud de 1.25 a 3.75 cm.

El daño que causan estas larvas, es el ataque a los trozos de caña recién sembrada, las yemas del tallo y el sistema radicular, reduciendo el crecimiento de la planta y el rendimiento por hectárea.

#### **3.1.5 Eficiencia del sistema y uso de la tierra:**

Existen diferentes indicadores matemáticos que miden la eficiencia de los cultivos intercalados en relación a sus monocultivos respectivos, de todos ellos el UET (Unidad equivalente de tierra) ha sido el más empleado en estudios sobre intercalamiento de cultivos. (26,45,53)

El UET basa sus cálculos en el concepto de rendimiento relativo, que se obtiene del cociente de dividir el rendimiento del cultivo en intercalamiento entre el rendimiento del mismo en monocultivo. Los rendimientos relativos por especie dan una idea de la habilidad competitiva de cada cultivo: si el rendimiento relativo particular es inferior a uno indicará poca capacidad competitiva, si es igual a uno implica igual capacidad y si es superior a dicho número implicará alta dominancia (32). En el caso de que ambas especies tuviesen rendimientos superiores a la unidad, se pudiese pensar que dichas especies se encuentran en mejores condiciones, mutuamente creadas, cuando se asocian.

La expresión matemática que define al índice es la siguiente: (32)

$$UET = \sum_{i=1}^n (Y_i^I / Y_i^M)$$

donde,  $Y_i^I$  = Rendimiento del i-ésimo cultivo bajo intercalamiento

$Y_i^M$  = Rendimiento del i-ésimo cultivo en monocultura.

$n$  = Número total de cultivos en intercalamiento.

A pesar del amplio uso del UET, una de sus desventajas tal como lo menciona Pla L. (41,42) y Hiebisch C. (24) es que, debido a que para su cálculo se emplean cocientes de variables aleatorias, las propiedades de la distribución son desconocidas.

### 3.2. Marco referencial

La finca Bougambilia, propiedad del Ingenio Magdalena, municipio de La Democracia, Escuintla, lugar donde se ubicó el ensayo, se encuentra a 106 kilómetros de la ciudad capital; a 14°06'14" Latitud Norte y 90°57'39" Longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 48 m. (5)

En el lugar se tiene un rango promedio de temperatura anual de 27 a 28 °C, y un rango promedio de precipitación anual de 250 a 400 mm.

De acuerdo al estudio semidetallado de los suelos de zona cañera del Sur de Guatemala elaborado por Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, -CENGICAÑA- (13) los suelos de la finca presentan las siguientes características edáficas: son suelos medianamente evolucionados, profundos, con buen drenaje y erosión ligera, de perfil ABC y AC, húmiferos, de colores oscuros, de baja densidad aparente, de consistencia friable a suelta, franco arenosos, y de subsuelo frecuentemente arenoso. Reacción neutra a ligeramente ácida y de complejo de cambio saturado en todos los horizontes del perfil. El relieve es plano, y la pendiente oscila entre 0-1%.

Las características químicas de los suelos del sitio experimental se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Características químicas de los suelos del sitio experimental, Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, 1,997.

pH	Materia Orgánica (%)	CIC (Meq/100 g)	Na (Meq/100 g)	Mg (Meq/100 g)	Ca (Meq/100 g)	K (Meq/100 g)	PD* (ppm)
6.33	2.73	30.56	0.49	5.38	21.28	1.22	2.97

\* PD = Fósforo disponible

#### 4. OBJETIVOS

##### GENERAL:

Desarrollar una alternativa tecnológica que propicie un incremento en la productividad del cultivo de caña de azúcar, mediante el desarrollo simultáneo de cultivos de carácter estacional, y que a la vez contribuyan a elevar el beneficio económico por unidad de área.

##### ESPECIFICOS:

1. Determinar en la caña de azúcar de soca el efecto de la competencia sobre el rendimiento y algunos de sus componentes bajo el sistema de cultivo intercalado.
2. Comparar la eficiencia en rendimiento del patrón de cultivo intercalado caña de azúcar-girasol respecto al monocultivo caña de azúcar.
3. Determinar la influencia del sistema de cultivo intercalado en sus diferentes modalidades sobre las poblaciones de Chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) en caña de azúcar de soca.
4. Analizar la factibilidad económica del patrón de cultivo caña de azúcar-girasol.

## 5. HIPOTESIS

1. El sistema de cultivo intercalado en cualquiera de sus modalidades no provoca disminución alguna en el rendimiento de la caña de azúcar de soca.
2. Se apreciará una reducción en las poblaciones y daño de los principales insectos plaga que afectan a la caña de azúcar, cuando ésta se encuentra en condición de intercalamiento con girasol.
3. Es indistinta la siembra de diferentes híbridos de girasol, respecto a su efecto sobre el rendimiento de caña de azúcar, aunque variaciones en sus distancias de siembra entre planta modifican el rendimiento de ésta última.
4. El sistema de cultivo intercalado caña de azúcar-girasol en cualquiera de sus modalidades presentará una tasa de retorno marginal mayor que el sistema caña de azúcar en monocultivo.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1. Diseño experimental

El ensayo se dispuso en un diseño de bloques al azar, con cinco repeticiones. La unidad experimental comprendió 105 m<sup>2</sup>, consistente en todos los casos de 7 surcos de caña de 10 metros de largo, cada uno de ellos distanciados 1.50 metros entre sí. La parcela neta resultó de la eliminación de los surcos 1 y 7, dejando los cinco surcos centrales para la toma de lecturas en el caso del cultivo principal, y de los cuatro surcos centrales para el cultivo estacional (figura 11A). El área experimental total fue de 3464 m<sup>2</sup>. (figura 10A)

El modelo estadístico que se empleó en el análisis fué el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde,

$Y_{ij}$ =	Variable de respuesta en la ij-ésima unidad experimental
$\mu$ =	Media verdadera de la población
$\tau_i$ =	Efecto de la i-ésima modalidad de cultivo intercalado
$\beta_j$ =	Efecto del j-ésimo bloque
$\epsilon_{ij}$ =	Error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental.

### 6.2. Tratamientos

Los tratamientos considerados corresponden a las combinaciones surgidas entre dos diferentes híbridos sembrados a dos distintas alternativas entre planta y a dos diferentes sistemas de siembra, en monocultivo e intercalamiento. En el Cuadro 3 se detallan los distintos tratamientos considerados, y en el Cuadro 2 las variedades e híbridos usados.

Cuadro 2: Variedades e híbridos utilizados para cada uno de los cultivos considerados en la evaluación agroeconómica de diferentes sistemas de cultivos intercalados. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena, La Democracia Escuintla. 1,997.

Cultivo	Material
Caña de azúcar	CP-722086 (Variedad)
Girasol	Z-1296 (híbrido)
	J-1196 (híbrido)

Cuadro 3: Modalidades de cultivos intercalados, considerados en la evaluación agroeconómica del intercalamiento caña de azúcar-girasol. Finca Bougambilia. Ingenio Magdalena. La Democracia, Escuintla. 1,997.

Trat.	Sistema de cultivo
1	Caña de azúcar intercalada con girasol a 15 cm. entre planta, híbrido Z-1296
2	Caña de azúcar en monocultivo
3	Caña de azúcar intercalada con girasol a 25 cm. entre planta, híbrido Z-1296
4	Caña de azúcar intercalada con girasol a 15 cm. entre planta, híbrido J-1196
5	Caña de azúcar intercalada con girasol 25 cm. entre planta, híbrido J-1196

### 6.3. Distancias de Siembra

El distanciamiento entre surcos para el girasol, tanto en monocultivo como en intercalamiento, se mantuvo en 1.50 metros para no afectar el patrón de siembra comercial manejado por los ingenios azucareros en la siembra de caña, pues el cultivo se ubicó precisamente al centro de los surcos de ésta última.

Se contemplaron dos variantes en el distanciamiento entre planta para el cultivo de girasol de la siguiente manera: a.) 15 cm. entre planta. b.) 25 cm. entre planta.

## **6.4. Variables de Respuesta**

### **6.4.1. Rendimiento en toneladas de caña por hectárea**

En cada unidad experimental se registró la producción obtenida al término del ciclo de cultivo, en función del peso de los tallos presentes, registrándose el valor en toneladas por hectárea.

### **6.4.2. Rendimiento en libras de azúcar por toneladas de caña**

Al momento del corte en las unidades experimentales se seleccionaron al azar, en cada una de ellas cinco cañas del tipo moledero, descartando canutos tiernos y mamones (rebrotos). Las muestras fueron identificadas y llevadas al laboratorio químico del ingenio Magdalena para la determinación de la cantidad de azúcar por tonelada de caña.

### **6.4.3. Altura de tallos de caña de azúcar**

Las lecturas para esta variable se efectuaron desde el nivel del suelo hasta el último cuello visible. Se midieron 15 plantas en total, seleccionando al azar 5 plantas de cada uno de los 3 surcos centrales de cada unidad experimental. Las plantas fueron marcadas con nylon rojo al momento de la primera lectura (30 días después del corte) para poder identificarlas posteriormente. Se efectuaron 5 lecturas, las primeras tres cada 30 días hasta el tercer mes posterior al corte. La cuarta lectura a los 6 meses, y la quinta a los nueve meses después del corte. Para cada lectura se hicieron promedios, reportando los resultados por unidad experimental.

### **6.4.4. Densidad de población de tallos de caña de azúcar**

Se contó la población total de los tres surcos centrales de la unidad experimental. En los recuentos se tomó la totalidad de tallos encontrados, y las lecturas se realizaron en las mismas fechas que para el caso anterior. La densidad poblacional de tallos se reportó por unidad experimental.

#### 6.4.5. Rendimiento de girasol

Cuando las plantas de girasol alcanzaron su madurez fisiológica (92 días después de la siembra) se realizó la recolección de la semilla en cada uno de los tratamientos correspondientes, y los resultados se expresaron en kilogramos de semilla por unidad experimental.

#### 6.4.6. Población y daño de Chinche salivosa

Se realizaron tres muestreos durante el ciclo del cultivo de la caña de azúcar, distribuidos de la siguiente manera: el primero al inicio de la época lluviosa, y en el que únicamente se reportó la densidad poblacional existente. El segundo a mitad de la época lluviosa, y en el que adicionalmente al registro de densidad poblacional se registró el daño encontrado. Este daño se reportó de acuerdo a la escala siguiente:<sup>1</sup>

Aparentemente sano:	0-5 %	del area foliar infestada (se asigna un valor de 1)
Daño leve:	5-25%	del area foliar infestada (se asigna un valor de 2)
Daño moderado:	25-40%	del area foliar infestada (se asigna un valor de 3)
Daño fuerte:	mayor de 40 %	del area foliar infestada (se asigna un valor de 4)

El tercer muestreo contemplado se realizó hacia finales de la época lluviosa, registrándose tanto la densidad poblacional como el daño observado.

Se contempló una unidad de muestreo consistente en 5 metros lineales medidos al azar en el surco central de la unidad experimental. En cada unidad de muestreo se anotaron los adultos y ninfas de chinche salivosa que pudieron ser encontrados. Adicionalmente se contó la población de tallos para obtener posteriormente la densidad de chinche por tallo.

---

<sup>1</sup> Carrillo, E. 1996. El muestreo de plagas en caña de azúcar. Estación Experimental Camantulul. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de azúcar. Area de Entomología. (Comunicación personal).

#### 6.4.7. Población de gallina ciega y gusano alambre

Se realizaron dos muestreos, el primero dos días antes de la instalación del ensayo, y el segundo 10 días después de la cosecha de girasol. En ambos casos la unidad de muestreo fué un agujero de 0.30 x 0.30 x 0.30 m., en el que se efectuó el recuento de larvas que pudieron encontrarse. Se ubicaron dos unidades de muestreo por unidad experimental, y debido a que el muestreo era destructivo, ya que fué necesario arrancar las cepas de caña, los muestreos se realizaron en los surcos bordes de la parcela bruta de cada unidad experimental.

#### 6.4.8. Población de barrenador del tallo

Se distinguió entre muestreo para determinar el porcentaje de infestación (muestreo de corazones muertos) y muestreo para definir el porcentaje de intensidad de infestación.

El muestreo para determinar el porcentaje de infestación se realizó tomando el surco central completo de cada unidad experimental, anotando la población total de tallos en el surco, y el número de tallos afectados. Este muestreo se efectuó tres meses después del corte.

Para determinar el porcentaje de intensidad de infestación, se efectuó el muestreo al momento de la cosecha. Se seleccionó una muestra de 20 cañas por unidad experimental, antes del pesado. Estas cañas se partieron longitudinalmente y se hizo un recuento de los entrenudos dañados. El porcentaje de infestación de tallos se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de intensidad de infestación} = \frac{\text{Número de entrenudos dañados}}{\text{Número total de entrenudos}} * 100$$

## 6.5 Análisis de la Información

### 6.5.1. Análisis Estadístico

Se aplicó un análisis de varianza correspondiente a un diseño de bloques completos al azar, a los registros que se obtuvieron de las siguientes variables: rendimiento de caña de azúcar en toneladas de caña por hectárea y libras de azúcar por tonelada de caña, altura de tallos de caña de azúcar por lectura, densidad de población de tallos de caña por lectura, rendimiento de semillas de girasol, y densidad de población de chinche salivosa por muestreo.

### 6.5.2. Eficiencia del Sistema de Cultivo Intercalado

Se aplicó un indicador matemático diseñado para evaluar sistemas de cultivos intercalados (24,32,53) UET (Unidad equivalente de tierra). Para la aplicación del índice fué necesario contar con el rendimiento de los cultivos bajo estudio, tanto en monocultivo como bajo el sistema de intercalamiento.

La expresión matemática que define al índice es la siguiente:

$$UET = \sum_{i=1}^n (Y_i^I / Y_i^M)$$

donde,  $Y_i^I$  = Rendimiento del i-ésimo cultivo bajo intercalamiento

$Y_i^M$  = Rendimiento del i-ésimo cultivo en monocultura.

$n$  = Número total de cultivos en intercalamiento.

El índice encontrado, es la proporción que define relativamente el rendimiento obtenido, en superficies comparables por especies que se cultivan intercaladas respecto a las mismas cuando se cultivan solas. De esta manera la interpretación al índice encontrado es:

Si índice > 1: El intercalamiento es ventajoso

Si índice = 1: Es indistinto el sistema de siembra

Si índice < 1: Los monocultivos sobrerinden a los policultivos.

La exposición anterior condujo a evaluar la hipótesis en la que el índice encontrado era igual a 1, utilizándose para ello una prueba de  $t$  de Student.

### 6.5.3. Análisis Económico

El análisis económico consideró un análisis de dominancia aplicando la metodología de presupuesto parcial. Para calcular el beneficio bruto se consideraron los resultados del análisis estadístico, utilizando la media de los tratamientos, calculando finalmente la tasa marginal de retorno para los tratamientos que resultaron no dominados.

(15)

## 6.6. Manejo del Experimento

### 6.6.1. Labores previas a la siembra de girasol

En secuencia la primera actividad realizada fue el encalle, que consiste en retirar los residuos de la cosecha de los surcos, y colocarla en un surco en particular. El encalle se hizo mecánicamente, y su propósito fue permitir la labor de siembra de girasol, fertilización y riego de la caña.

Posterior al encalle se realizó un paso de cultivadora, para permitir la aireación del suelo, y preparar el suelo adecuadamente para la siembra del girasol.

### 6.6.2. Siembra

La caña utilizada fue de la variedad CP-722086, de maduración temprana, de crecimiento erecto, con entrenudos largos y delgados de color verde (8), con una distancia entre surcos de 1.50 metros. El intercalamiento se llevó a cabo en una plantación sin renovar, y que en el ciclo de cultivo anterior había tenido problemas graves con chinche salivosa. El girasol se sembró al centro de dos hileras de caña de azúcar, 10 días después de efectuado el corte de ésta última, de acuerdo a las distancias entre planta fijadas al inicio.

En el caso de girasol en monocultivo, para no dificultar la instalación del ensayo, se sembró un área única, cercana al experimento de 400 m<sup>2</sup>. La siembra de girasol se hizo en forma manual.

### **6.6.3. Riego**

Dos días antes de la siembra de girasol se hizo un riego de germinación para garantizar un nivel adecuado de humedad en el suelo. Los riegos posteriores (por aspersión durante 2 horas) se aplicaron a un intervalo de 15 días; aplicándose 5 riegos en total.

### **6.6.4. Control de malezas**

Se efectuaron únicamente limpiezas manuales para ambos sistemas de cultivo. La primera de ellas 25 días después del corte (DDC), la segunda 60 DDC, y una última 100 DDC.

### **6.6.5. Fertilización**

Se efectuó una sola aplicación de sulfato de amonio, a los 45 días después de la siembra de girasol en dosis de 315 kg/ha de sulfato de amonio (21-0-0).

### **6.6.6. Control de Plagas**

No se efectuaron aplicaciones de insecticidas químicos o biológicos, para apreciar el comportamiento de las plagas tanto bajo el sistema de cultivo intercalado, como la caña en monocultivo.

### **6.6.7. Control de Enfermedades**

En ambos casos, para la caña de azúcar y para el girasol no se efectuaron aplicaciones de ningún tipo para el control de enfermedades.

### **6.6.8. Cosecha del girasol**

El corte del girasol se hizo manualmente a los 92 días después de la siembra y la semilla fue separada de los capítulos en el lugar de corte.

## 7. Resultados y Discusión

### 7.1 Efecto del Intercalamiento sobre el rendimiento y crecimiento de la Caña de azúcar

#### 7.1.1 Efecto sobre la altura de Tallos

En ninguna de las cinco lecturas efectuadas se encontraron diferencias significativas entre las distintas modalidades de intercalamiento (caña de azúcar intercalada con dos híbridos de girasol a dos diferentes distancias de siembra entre plantas) y el monocultivo de caña, respecto a la altura de tallos de caña de azúcar. Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro 4, mientras que un detalle de los mismos con todas las fuentes de variación incluidas se presenta en los Cuadros 13A al 17A del anexo, pudiéndose observar que en todos los casos los valores fueron bastante similares, lo que permite indicar que el crecimiento de la caña no se ve afectado por la siembra conjunta de girasol.

Cuadro 4: Restímen de los análisis de varianza practicados a la variable altura de tallos de caña de azúcar (m) hasta 270 DDC\*\*. Finca Bouganbilia, Ingenio Magdalena. 1997.

	30 DDC	60 DDC	90 DDC	180 DDC	270 DDC
Promedio de altura (m)	0.1828	0.3872	0.6788	1.49	1.99
Valor F	0.96	0.33	1.45	1.8	1.99
Pr > F	0.4561 (ns)	0.8505 (ns)	0.2623 (ns)	0.1783 (ns)	0.1449 (ns)
CV (%)	10.53	12.27	9.41	8.11	10.94

ns = no significativo al 5% de probabilidad

DDC = Días después del corte.

Pr > F = Probabilidad de encontrar un valor de F igual o mayor al observado

El comportamiento de los valores medios de altura registrados en las diferentes lecturas puede apreciarse en la figura 1, y en ella puede verse como la línea de tendencia del crecimiento del monocultivo de caña es muy similar y no se diferencia de las líneas de crecimiento de la caña en intercalamiento.

Puede estimarse que la competencia del girasol con la caña de azúcar respecto a la altura de tallos de esta última es reducida, debido a que cuando el girasol se encuentra en su etapa de maduración, es decir cuando ha alcanzado su concentración máxima de aceite, la caña está entrando en su período más acelerado de crecimiento vegetativo. Esto, gráficamente puede verse en la figura 1 donde se observa que en los primeros 90 DDC la línea de crecimiento no presenta cambios grandes en su comportamiento, mientras que de este punto hacia adelante se aprecia un cambio drástico en la pendiente de la línea, lo que indica un despegue pronunciado en el crecimiento.

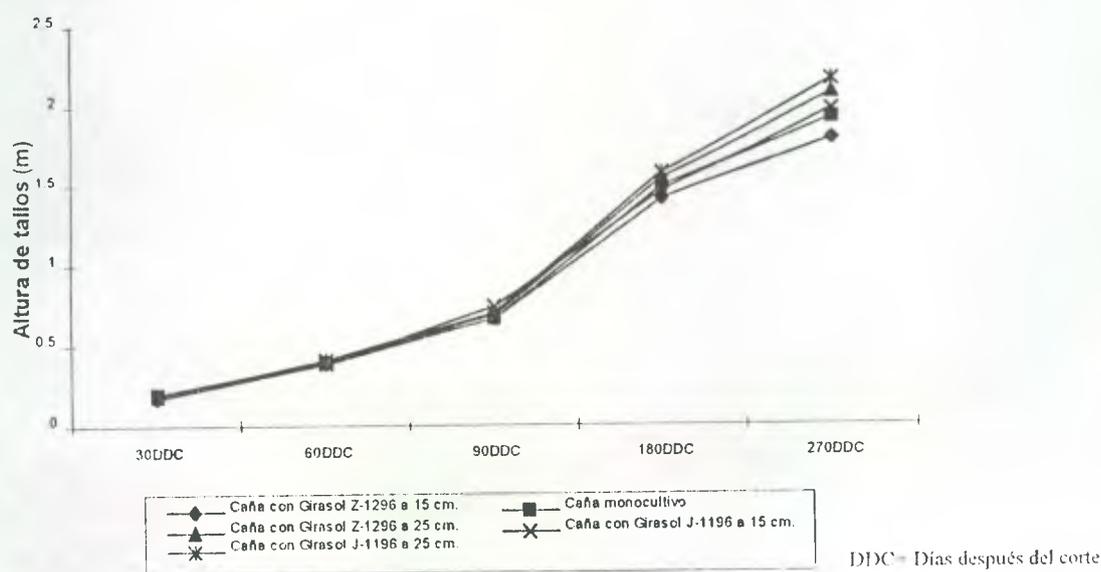


Figura 1: Valores medios de altura de tallos de caña de azúcar registrados hasta 270 DDC para las distintas modalidades de intercalamiento caña de azúcar-girasol y caña en monocultivo. Finca Bouganibilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

### 7.1.2 Efecto sobre la densidad de población de tallos

Todas las modalidades de intercalamiento (caña de azúcar intercalada con dos híbridos de girasol a dos diferentes distancias de siembra entre plantas) se comportaron de la misma manera a lo largo de las cinco lecturas efectuadas en relación a la población total de tallos de caña por hectárea, no encontrándose diferencias en ninguna de ellas.

Un resumen de los análisis de varianza practicados se incluye en el Cuadro 5, (y un detalle de los mismos con todas las fuentes de variación incluidas en los Cuadros 18A al 22A del anexo), donde puede verse que los

valores de probabilidad asociados son bastante superiores al nivel crítico considerado (0.05), declarándose así no significancia, tanto entre las modalidades de intercalamiento y el monocultivo de caña, como entre ellas mismas.

Esta situación complementa lo expresado en el inciso anterior, al mencionarse que la siembra intercalada de girasol no afecta el crecimiento de la caña de azúcar, aún cuando se decida el uso de cualquiera de los dos híbridos probados, o se modifique el distanciamiento entre planta en la siembra del girasol. Sin embargo, para el caso de éste último tales modificaciones sí producen variaciones en su rendimiento, tal como se discute más adelante.

La siembra intercalada de girasol puede no afectar el crecimiento de la caña de azúcar en relación a la densidad de población de tallos de esta última, porque particularmente en la caso de la variedad de caña CP-722086, la misma presenta al inicio del ciclo de cultivo un macollamiento no muy pronunciado, lo que puede ofrecer una baja competencia al girasol intercalado. Este mismo aspecto contribuyó a obtener producciones adecuadas de caña de azúcar al intercalarla con frijol en el Valle del Cauca según explica Zuñiga V.(54). La variedad de caña empleada fué la POJ-2878 cuyo lento desarrollo inicial y bajo macollamiento permitió una baja competencia al frijol.

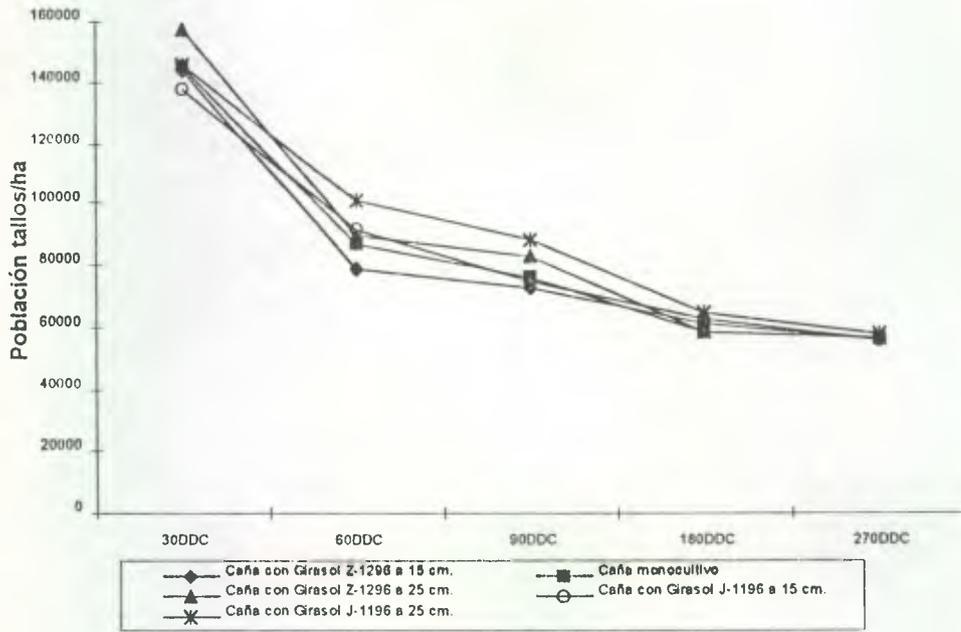
Cuadro 5: Resumen de los análisis de varianza practicados a la variable población de tallos de caña de azúcar por hectárea hasta 270 DDC. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena 1997.

	30 DDC	60 DDC	90 DDC	180 DDC	270 DDC
Población media tallos/ha	145919	89412	78790	61102	54151
Valor F	0.61	1.55	1.37	0.38	0.55
Pr > F	0.6620 (ns)	0.2348 (ns)	0.2876 (ns)	0.8172 (ns)	0.6991 (ns)
CV (%)	14.06	15.96	15.54	15.91	13.39

ns = no significativo al 5% de probabilidad; DDC = Días después del corte.

Pr>F = Probabilidad de encontrar un valor de F igual o mayor al observado

En la figura 2 puede apreciarse el comportamiento de la densidad de población de tallos a lo largo de los 270 días después del corte, notándose una gran semejanza entre las líneas de tendencia de las poblaciones de caña en intercalamiento y la del monocultivo.



DDC= Días después del corte

Figura 2: Comportamiento de los valores medios de población de tallos por hectárea registrados hasta 270 DDC para las distintas modalidades de intercalamiento caña de azúcar-girasol y caña en monocultivo. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena, 1,997.

### 7.1.3 Efecto sobre el rendimiento de caña de azúcar por hectárea

La caña de azúcar fué cosechada 12 meses después del corte anterior, y los resultados permiten indicar que la siembra de girasol entre las hileras de caña no afecta la producción por hectárea. De acuerdo al análisis de varianza practicado (Cuadro 23A) no existen diferencias significativas entre el monocultivo de caña y las diferentes modalidades de intercalamiento al obtenerse un valor de  $Pr > F = 0.1320$ .

Del análisis también puede establecerse que la siembra intercalada de los dos híbridos probados y la variación en los distanciamientos de siembra entre planta de 0.15 y 0.25 cm. no producen mayores disminuciones en el rendimiento de la caña de azúcar (ton.caña/ha), con excepción de la siembra del híbrido Z-1296 sembrado a 15 cm. entre planta, que disminuyó en un 22% el rendimiento en relación al monocultivo, y cuya comparación gráfica se presenta en la figura 3.

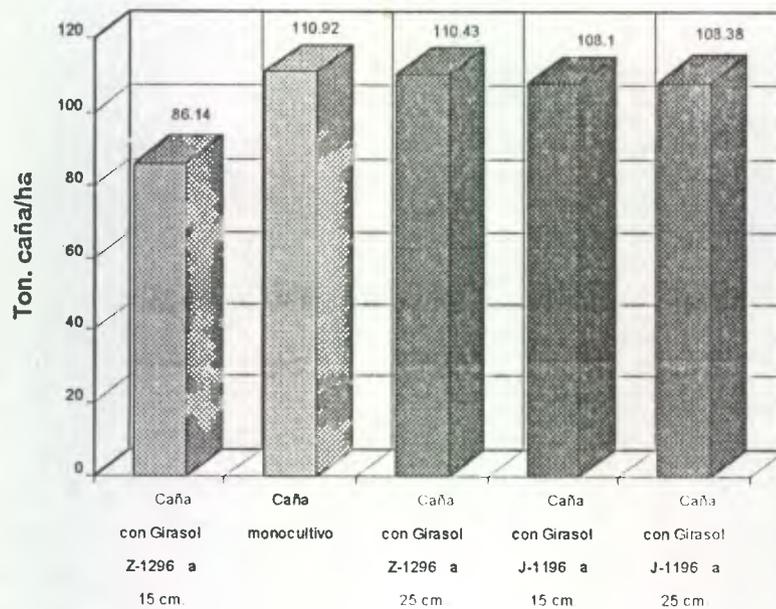


Figura 3: Rendimiento en toneladas de caña por hectárea en el monocultivo y las diferentes modalidades de intercalamiento. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

#### 7.1.4. Efecto sobre el contenido de azúcar

El análisis practicado (Cuadro 24A) no encontró diferencias entre el monocultivo y las distintas alternativas de intercalamiento con valor de  $Pr > F = 0.5563$

Aunque, en el caso de la modalidad caña intercalada con girasol híbrido Z-1296 sembrado a 15 cm. entre planta se obtuvo un rendimiento de azúcar un 4% inferior al valor obtenido en el monocultivo, y un 5% inferior al valor más alto registrado.

La comparación gráfica de los valores obtenidos de azúcar por tonelada de caña puede apreciarse en la figura 4.

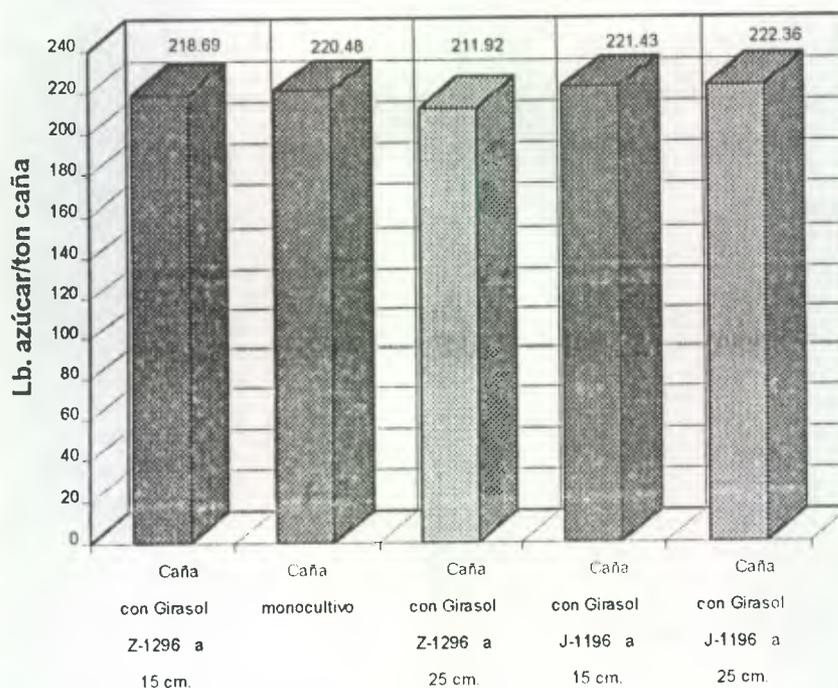


Figura 4: Contenido promedio de azúcar en libras por toneladas de caña en el monocultivo y las diferentes modalidades de intercalamiento. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

Aún cuando en ambos casos: rendimiento en toneladas caña por hectárea y libras de azúcar por toneladas de caña no se encontraron diferencias significativas, existió una tendencia a la obtención de menores valores en los que se intercaló el híbrido Z-1296.

Esta situación es complementaria, porque como se verá más adelante, este híbrido también tendió a presentar los valores más bajos de producción de girasol, lo que sugiere que pudo darse una relación de competencia entre este material y el cultivo de caña, resultando en detrimento de la producción de ambos cultivos.

Al analizar la productividad de las diferentes alternativas de intercalamiento en relación al monocultivo de caña de azúcar, a través del cálculo del ARE (azúcar recuperable estimado en porcentaje, y referido al contenido de azúcar en libras por tonelada de caña.), TCHM (toneladas de caña/hectárea/mes) y TAHM (toneladas de azúcar/ha/mes) y su representación gráfica (figura 5), se aprecia claramente que las modalidades que incluyeron la siembra del híbrido Z-1296 en cualquiera de los dos distanciamientos entre planta usados presentan una productividad inferior a las modalidades en que se sembró el híbrido J-1196, e inferior al monocultivo de caña.

Las modalidades de intercalamiento en las que se sembró el híbrido J-1196 presentaron valores superiores de ARE y TAHM a las alternativas en el que el híbrido sembrado fué Z-1296. Además tales valores fueron ligeramente superiores a los presentados por el monocultivo de caña de azúcar.

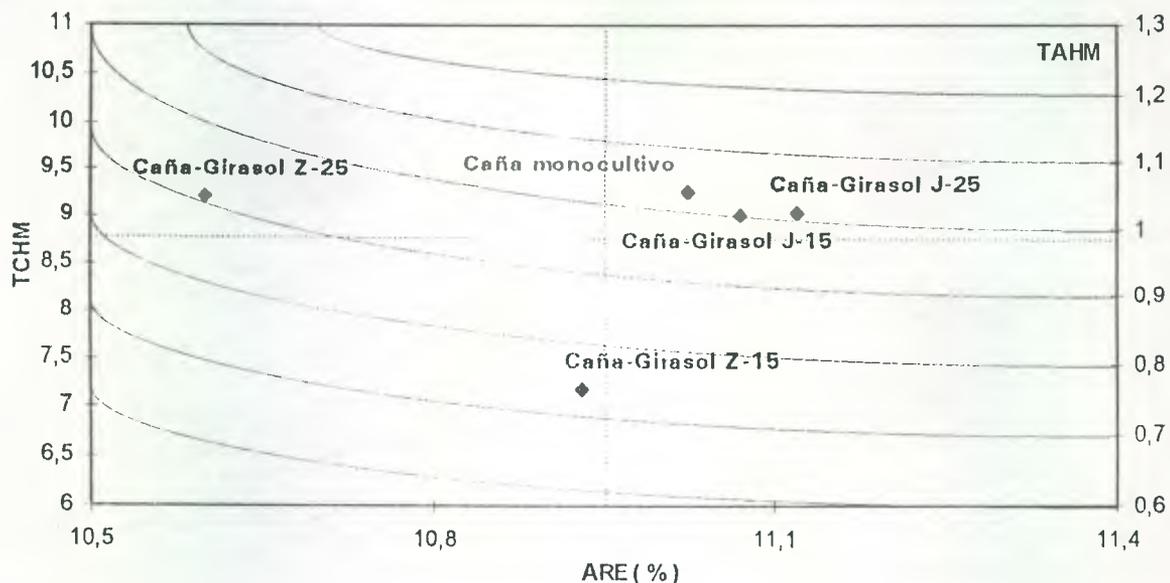


Figura 5: Curvas de isocronoproduktividad de las diferentes alternativas de intercalamiento y monocultivo de caña de azúcar. Finca Bougambilia. Ingenio Magdalena. 1997.

ARE = Azúcar recuperable estimado, expresado en porcentaje. 1 % es igual a 20 libras de azúcar por tonelada de caña

TCHM = Toneladas de caña por hectárea mes

TAHM = Toneladas de azúcar por hectárea mes

## 7.2 Eficiencia del Sistema de Cultivo Intercalado

En general la totalidad de modalidades de intercalamiento resultaron ser superiores al monocultivo de caña de azúcar al calcular las respectivas unidades equivalentes de tierra. Se usó la prueba de *t de Student* para probar la hipótesis de que los índices encontrados eran iguales a uno.

La hipótesis fue rechazada ( $\text{Prob} > |T| = 0.0001$ ) y el UET resultó ser significativamente mayor que uno, corroborándose de esta manera que el policultivo en sus distintas modalidades sobrerindió al monocultivo de caña. En el Cuadro 25A se presentan los valores de UET calculados por unidad experimental y para todo el ensayo.

El análisis de varianza practicado a los valores de UET, declaró diferencias entre las distintas alternativas de intercalamiento y el monocultivo de caña de azúcar, al obtenerse un valor de probabilidad inferior al nivel crítico. ( $\text{Pr} > F = 0.0199$ ), Los resultados se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Resumen del análisis de varianza practicado a los valores de unidades equivalentes de tierra (UET) calculados para las diferentes alternativas de intercalamiento caña de azúcar-girasol. Finca Bougambilia Ingenio Magdalena. 1,997.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de intercalamiento	3	0.45276	0.15092	4.82	0.0199
Bloques	4	0.15164	0.03791		
Error exp.	12	0.37571	0.0313		
Total	19	0.98011			

De la prueba de Tukey aplicada a las medias de UET (Cuadro 7), la modalidad de intercalamiento caña con girasol J-1196 sembrado a 0.25 m. entre planta resultó ser la más eficiente en su productividad por unidad de área, siendo su diferencia significativamente *nó* distinta a la modalidad en que el girasol se sembró a 15 cm. con el mismo híbrido.

La misma prueba permitió ver que la alternativa caña intercalada con girasol Z-1296 sembrado a 15 cm. es la que presenta la menor eficiencia.

Cuadro 7: Prueba de Tukey para los valores de unidades equivalentes de tierra (UET) de las distintas alternativas de intercalamiento caña de azúcar-girasol. Finca Bougambilia. Ingenio Magdalena. 1,997.

Alternativa de intercalamiento	Valor medio de UET	Grupo Tukey
Caña intercalada con girasol J-1196 a 25 cm.	1.656	a
Caña intercalada con girasol J-1196 a 15 cm.	1.645	a
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	1.529	ab
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	1.282	b

La modalidad caña intercalada con girasol J-1196 sembrado a 0.25 m. presenta un valor de UET=1.656, que significa que esta alternativa de policultivo rindió 65.6 % más de producción por unidad de área que los monocultivos separados de caña de azúcar y girasol.

Dado que el UET es una sumatoria de los rendimientos relativos (RR) de los cultivos considerados tanto en intercalamiento como en monocultivo, se destacan los valores medios obtenidos para la alternativa caña intercalada con girasol J-1196 a 25 cm.: Caña de azúcar: 0.98, Girasol: 0.67.

De esta manera, el hecho de que el rendimiento relativo promedio de caña de azúcar no haya sido significativamente distinto de uno ( $RR = 0.98$ ) puede indicar que: *a)* Es posible lograr la cosecha del 67 % de girasol sembrado a 25 cm. entre planta ( $RR = 0.67$ ) en un rendimiento normal de caña de azúcar. *b)* Es posible sembrar girasol en un cultivo de caña de azúcar sin afectar el rendimiento de ésta última.

### 7.3 Efecto del Intercalamiento sobre la Producción del Girasol

Es necesario mencionar que en el intercalamiento de cultivos casi siempre se define a uno de los cultivos sembrados como el principal, y éste es en todo caso el que reviste la mayor importancia. De esta manera el análisis para el rendimiento de girasol es en apoyo a la información ya analizada en el cultivo de la caña de azúcar.

El análisis de varianza practicado al rendimiento de grano de girasol (Cuadro 8) mostró diferencias entre las distintas combinaciones de materiales y distanciamientos entre planta ( $Pr > F = 0.0001$ ). De ellas, la correspondiente

al híbrido J1196 es la que mostró los mayores valores de producción en combinación a una distancia de siembra entre planta de 25 cm.. Aunque ésta última es significativamente no distinta a la distancia de 15 cm entre planta con el mismo híbrido. El detalle de estas comparaciones se encuentra en el Cuadro 9.

Cuadro 8: Análisis de varianza para el rendimiento de grano de girasol (ton/ha) de las diferentes combinaciones de materiales y distanciamientos de siembra entre planta. Finca Bougambilia. Ingenio Magdalena. 1,997.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Combinación material+dep	3	55889.37	18629.79	24.15	0.0001
Bloques	4	5693.58	1423.4		
Error exp.	12	9256.73	771.39		
Total	19	70839.68			

dep = distancia entre planta

Cuadro 9: Prueba de Tukey para el rendimiento de grano de girasol en las diferentes combinaciones de materiales y distanciamientos de siembra entre planta. Finca Bougambilia. Ingenio Magdalena. 1,997.

Combinación material+dep	Valor medio de rendimiento de grano ton/ha	Grupo Tukey
Girasol J-1196 a 25 cm.	0.48	a
Girasol J-1196 a 15 cm.	0.47	a
Girasol Z-1296 a 25 cm.	0.38	b
Girasol Z-1296 a 15 cm.	0.36	b

\*dep = distancia entre planta

El material de girasol Z-1296 sembrado a 15 cm. es el que produjo el rendimiento en grano más bajo. Situación que complementa lo ya anunciado cuando se discutió el comportamiento del rendimiento de caña de azúcar por hectárea. En ambos cultivos se obtuvieron las más bajas producciones cuando se intercaló este material

caña. Probablemente esta situación se debió a una relación de competencia en la que ambos cultivos resultaron afectados.

En términos generales los valores de rendimiento de grano de girasol resultan ser inferiores a los obtenidos en experiencias de intercalamientos de este cultivo en Colombia, donde se han obtenido producciones máximas de 1100 kg/ha y producciones mínimas de 675 kg/ha. (19)

En el presente caso el valor máximo observado fue de 514 kg/ha, y el mínimo de 329 kg/ha.

El haber obtenido valores relativamente bajos de rendimiento en grano puede deberse probablemente a factores como: *a)* La fertilización a los cultivos intercalados fué exactamente la misma que se aplicó al monocultivo de caña de azúcar, sin considerar la presencia de girasol en el área de cultivo. *b)* Problemas de adaptación de los materiales a las condiciones climáticas en las que fueron sembrados. *c)* La condición genética de los materiales no era lo suficientemente homogénea como para garantizar un desarrollo y producción elevados.

Sin embargo, debe resaltarse que el análisis anterior es en forma aislada y únicamente destaca el comportamiento de un solo cultivo, y que el conjunto resultante del intercalamiento responde de una manera distinta y definitivamente ventajosa, como ya se discutió anteriormente.

#### 7.4 Efecto del intercalamiento sobre las poblaciones de las plagas aéreas

##### 7.4.1 Efecto sobre las poblaciones de adultos de chinche salivosa

No se encontró ningún efecto de la siembra conjunta de girasol-caña de azúcar sobre las poblaciones de adultos de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*), declarándose no significativas las diferencias entre las alternativas de intercalamiento y el monocultivo de caña de azúcar en las tres lecturas efectuadas (Cuadros 26A al 28A del anexo), con valores de probabilidad en los análisis de varianza superiores al valor crítico de 0.05 (Cuadro 10).

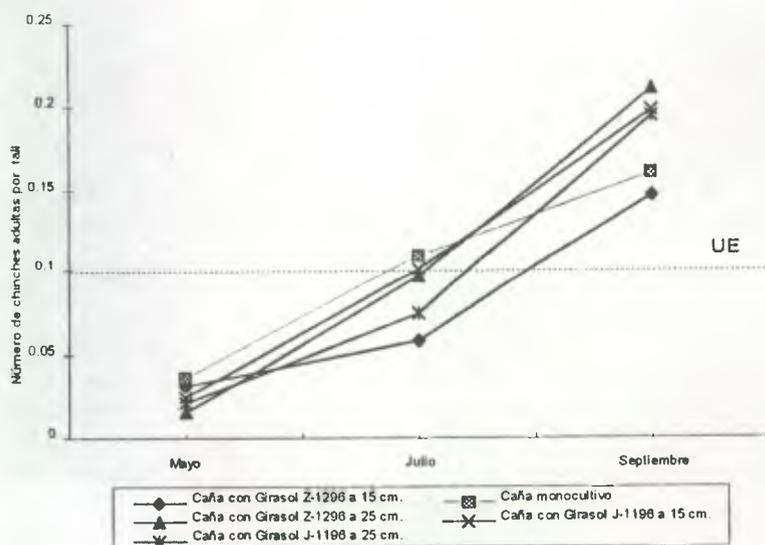
Cuadro 10: Análisis de varianza practicados a las variable poblacion de adultos de chinche salivosa por metro lineal de caña en 3 diferentes lecturas. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1997.

	Mayo	Julio	Septiembre
Media (ad/m)	0.026	0.087	0.182
Valor F	0.78	1.25	0.86
Pr > F	0.5585 (ns)*	0.3292 (ns)	0.5122 (ns)
CV (%)	73.32	47.26	33.72

ns = no significativo al 5% de probabilidad; ad/m = adultos de chinche salivosa por metro lineal de caña

En las primeras dos lecturas, realizadas hacia el inicio y mediados de la época lluviosa las poblaciones presentaron valores promedio inferiores al umbral económico (0.10 adultos por tallo) tanto en los policultivos como en el monocultivo. En la tercera lectura estos valores superaron el umbral mencionado, alcanzando un valor máximo de 0.2 adultos por tallo.

Una comparación de estos valores se presenta en la figura 6, en la que puede verse precisamente el comportamiento anotado, que al compararse con los valores de precipitación registrados para la época de lluvia del año 1997 (figura 7) presenta una relación sumamente estrecha. Es decir, a mayores valores de precipitación mayores valores poblacionales de chinche salivosa.



UE = Umbral económico

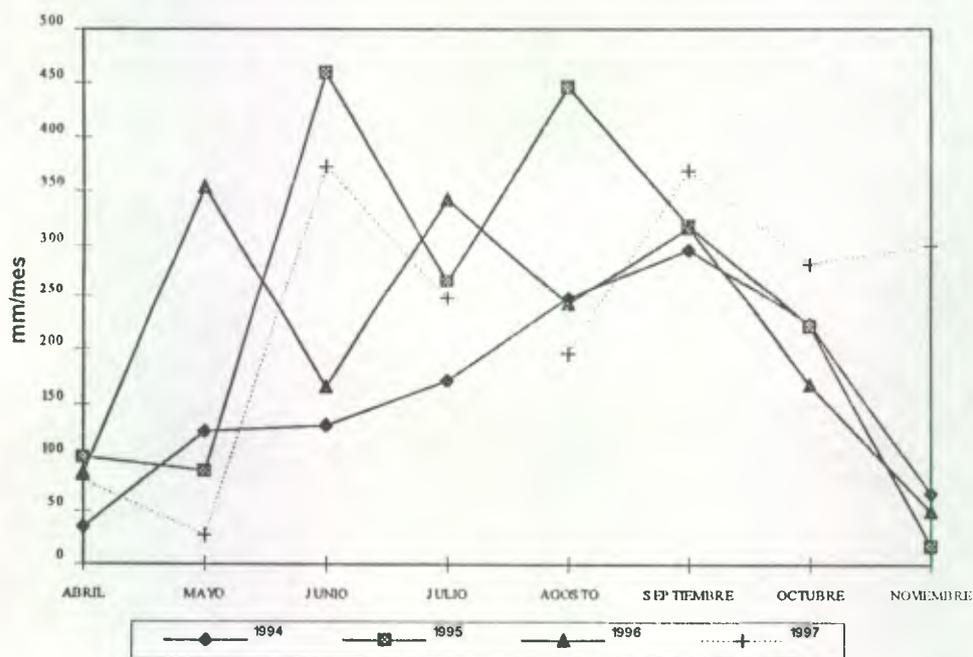
Figura 6: Comportamiento de las densidades poblacionales de adultos de chinche salivosa en los policultivos y monocultivo de caña de azúcar en las lecturas efectuadas. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

Se hace énfasis sobre la relación precipitación-densidad de población de chinche salivosa, puesto que como puede verse en la figura 7, la precipitación para el año 1997 presentó valores inferiores a los observados en el año 1996, en el que se registró para el área de ubicación del ensayo un valor máximo de densidad poblacional de chinche salivosa de 0.83 adultos/tallo.

Los valores de densidad poblacional de chinche salivosa observados en el año 1996 hacían pensar que las poblaciones en el año de desarrollo del ensayo serían igualmente elevadas, lo que permitiría observar el efecto del intercalamiento de girasol.

Tal situación no fué observada, y aunque las densidades poblacionales de chinche salivosa superaron en el mes de septiembre el umbral económico, la siembra conjunta de girasol con caña de azúcar no contribuyó a disminuir las poblaciones de la plaga en el cultivo de caña de azúcar.

Los resultados obtenidos en las poblaciones de chinche salivosa no concuerdan con la "hipótesis de concentración de recursos" de Root, (1973) citado por Carrillo E. (11), ya que no hubo reducción en el número de chinches en la caña en intercalamiento, aunque aspectos como la presencia de enemigos naturales, y condiciones ambientales entre otros pudieron haber cumplido una acción de regulación de las poblaciones de éste insecto en ambos sistemas de cultivo, debido a que como se discute en seguida no se encontraron diferencias en el daño provocado por el mismo.



Fuente: Departamento de Investigación Agrícola. Ingenio Magdalena.

Figura 7: Precipitación pluvial mensual (mm) registrada de abril a noviembre, años 1994 a 1997. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena.

#### **7.4.2 Efecto sobre el Daño de Chinche Salivosa**

Debido a que la variable daño foliar por chinche salivosa fué medida en una escala ordinal fué necesario para su análisis la aplicación de una prueba no paramétrica para comparar el efecto de los policultivos y el monocultivo de caña de azúcar.

La prueba empleada fué la denominada de Rangos de Friedman, y cuyos resultados en las dos lecturas analizadas indican que no se presentan diferencias significativas en el daño a la parte foliar de la caña por chinche salivosa, cuando ésta se encuentra en condición de intercalamiento o cuando se encuentra en condición de monocultivo.

Los valores obtenidos de Ji-cuadrada ( $X^2$ ) fueron de 1.4 y 1.04 en la primera y segunda lectura respectivamente; no rechazándose las hipótesis correspondientes con valores de probabilidad  $Pr > X^2$  de 0.65 y 0.77 respectivamente.

En los Cuadros 29A y 30A del anexo se puede ver el detalle de los rangos asignados a los valores de daño encontrados, por bloque y para todo el ensayo.

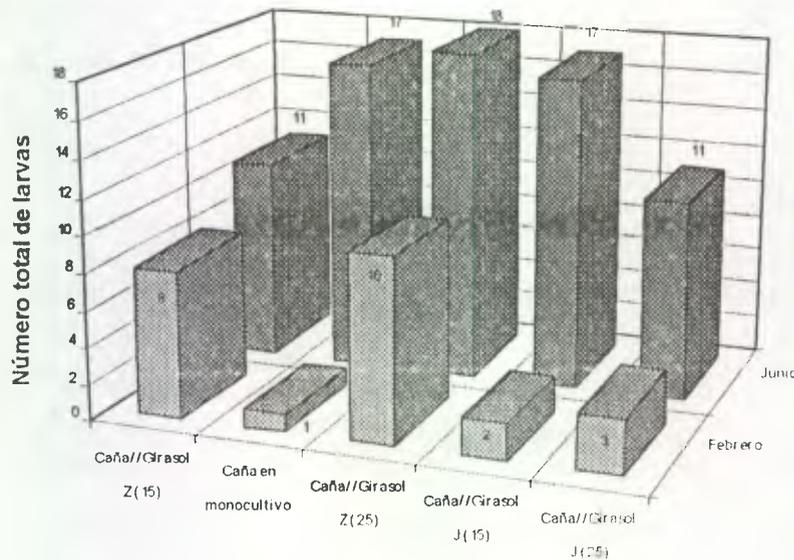
#### **7.4.3. Efecto sobre las Poblaciones de Barrenador del Tallo**

En los dos muestreos efectuados, los valores de daño fueron bajos (cero en la mayoría de unidades experimentales), llegando a observarse un valor máximo de 1.01 % de intensidad de infestación. De esta manera, los valores observados no permitieron hacer ninguna comparación sobre el efecto del intercalamiento de girasol en los valores de infestación por barrenador.

#### **7.5 Efecto sobre las Poblaciones de Plagas de Suelo: Gallina Ciega y Gusano Alambre**

El muestreo realizado para ambas plagas antes de la siembra de girasol fue hecho con el propósito de tener referencia de la densidad poblacional inicial, para luego hacer comparaciones con el muestreo realizado 10 días después de la cosecha de girasol. Sin embargo, en ambos casos las poblaciones fueron tan bajas, (obteniéndose

por resultado, cero en la mayoría de unidades experimentales), por lo que se considero a los valores de población observados como no analizables. De manera que únicamente se presenta el total observado por cada una de las modalidades del policultivo, y del monocultivo de caña de azúcar (figuras 8 y 9), indicando que no es posible diferenciar claramente si la siembra conjunta de girasol tuvo algún efecto sobre las densidades poblaciones de larvas de gallina ciega y gusano alambre.



Caña//girasol Z(15): Intercalamiento con el híbrido Z-1296 sembrado a 15 cm. entre planta.

Caña//girasol Z(25): Intercalamiento con el híbrido Z-1296 sembrado a 25 cm. entre planta.

Caña//girasol J(15): Intercalamiento con el híbrido J-1196 sembrado a 15 cm. entre planta.

Caña//girasol J(25): Intercalamiento con el híbrido J-1196 sembrado a 25 cm. entre planta.

Figura 8: Número total de larvas de Gallina Ciega (*Phyllophaga* sp.) 2 días antes, y 10 días posterior a la siembra de girasol, en cada una de las alternativas de intercalamiento y el monocultivo de caña de azúcar. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

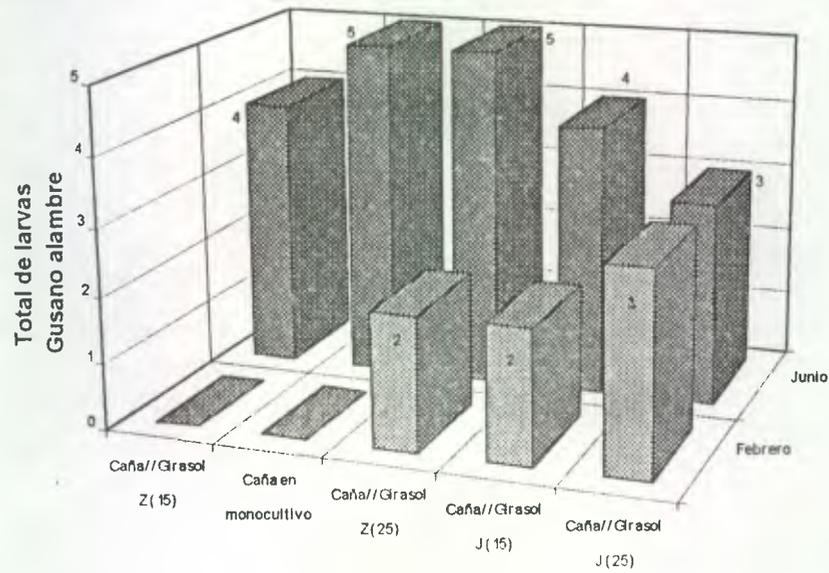


Figura 9: Número total de larvas de Gusano alambre (*Agriotes sp.*) 2 días antes, y 10 días posterior a la siembra de girasol, en cada una de las alternativas de intercalamiento y el monocultivo de caña de azúcar. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena, 1,997.

Las bajas poblaciones de gusano alambre, gallina ciega y barrenador del tallo, pueden atribuirse al patrón de distribución de las lluvias y a las bajas cantidades precipitadas.

## 7.6 Análisis Económico

A partir de los costos variables y beneficios netos totales (Cuadro 34A) se realizó un análisis marginal empleando la metodología del presupuesto parcial. (15)

De acuerdo al análisis de dominancia (Cuadro 11) las modalidades de intercalamiento que incluyeron la variante en distancia de siembra entre planta de 15 cm. con ambos híbridos; resultaron económicamente dominadas por las demás modalidades de intercalamiento, al presentar un ingreso menor que el obtenido por la modalidad con menor costo variable inmediato inferior, por lo que no fueron consideradas en el análisis económico.

Cuadro 11: Análisis de dominancia de las diferentes alternativas de intercalamiento caña de azúcar-girasol y monocultivo de caña de azúcar. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

Tratamiento	Costos variables Q./ha	Beneficios netos Q./ha	Análisis de Dominancia
Caña en monocultivo	0	8873.60	ND
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	194.13	9322.56	ND
Caña intercalada con girasol J-1196 a 25 cm.	196.95	9335.29	ND
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	239.50	7298.08	
Caña intercalada con girasol J-1196 a 15 cm.	244.20	9247.69	

ND: Tratamientos no dominados pasan a la determinación de la TMR.

En el Cuadro 12 se muestra el análisis marginal para la caña en monocultivo y las modalidades de intercalamiento con los híbridos estudiados, ambos sembrados a una distancia entre planta de 25 cm.. Al compararlos, encontramos que la modalidad caña de azúcar intercalada con girasol J-1196 sembrado a 25 cm. entre planta es la mejor al presentar una TMR de 451.42%, que indica que por cada Quetzal adicional que se invierte a partir del monocultivo para sembrar el híbrido J-1196 a 25 cm. entre planta se recuperan Q. 4.51.

Cuadro 12: Análisis marginal para el monocultivo de caña de azúcar y las alternativas de intercalamiento con el híbrido J-1196 sembrado a 15 y 25 cm. entre planta. Finca Bougambilia, Ingenio Magdalena. 1,997.

Tratamiento	Costos variables Q./ha	Costos variables marginales Q./ha	Beneficios netos Q./ha	Beneficios netos marginales Q./ha	Tasa marginal de retorno (%)
Caña en monocultivo	0	-----	8873.60	-----	
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	194.13	194.13	9322.56	448.96	231.27
Caña intercalada con girasol J-1196 a 25 cm.	196.95	2.82	9335.29	12.73	451.42

## 8. CONCLUSIONES

1. La siembra conjunta de girasol con caña de azúcar no afecta los contenidos de azúcar, así como tampoco la producción de caña por hectárea, considerando las condiciones particulares edáficas y climáticas del sitio experimental.
2. Para las condiciones climáticas y edáficas particulares del estudio, el crecimiento de la caña de azúcar, en sus variables altura y población de tallos no resulta afectado por el intercalamiento de girasol.
3. El sistema de cultivo intercalado caña de azúcar-girasol es más eficiente en rendimiento que el monocultivo de caña de azúcar, reportando en todas sus modalidades valores de unidades equivalentes de tierra (UET) superiores a uno, destacando como mayor la modalidad caña//girasol J-1196 sembrado a 25 cm. entre planta, con un valor de unidad equivalente de tierra de 1.656.
4. El sistema de cultivo intercalado, en su modalidad caña intercalada con girasol J-1196 sembrado a 25 cm. entre planta resulta ser más redituable económicamente que el monocultivo de caña de azúcar, presentando una tasa marginal de retorno de 451%.
5. La siembra conjunta de girasol con caña de azúcar no ejerce ningún control sobre las poblaciones y daño de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*), bajo las condiciones particulares de ejecución del presente estudio.

## 9. RECOMENDACION

1. Se sugiere realizar réplicas de este sistema de cultivo en más de un sitio, tanto a nivel experimental como semicomercial para validar el efecto mostrado por el intercalamiento, considerando las condiciones edáficas y climáticas propias de cada lugar, utilizando el híbrido J-1196 y una distancia de siembra de 25 cm. entre planta, combinación que presentó los mejores resultados económicos y de eficiencia en rendimiento en el presente estudio. Así mismo observar su efecto sobre las poblaciones de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*), barrenador del tallo (*Diatraea sp.*), gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) y gusano alambre (*Agriotes sp.*), y tener resultados definitivos.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA J.A; SANCHEZ J., I. 1982. Asociaciones e intercalamientos de maíz y frijol bajo temporal en Durango. *Agricultura Técnica Mexicana (Mex.)* 8(1):65-75.
2. ALTIERI, M.A. 1985. Agroecología: bases científicas de la agricultura alternativa. Valparaiso, Chile, Comisión de Investigaciones sobre Agricultura Alternativa. p. 89-92
3. ARIAS F., J. 1983. El asocio papa, frijol arbustivo: influencia del genotipo de frijol con tres poblaciones en su productividad. *ICA (Colombia)* 18:411-418.
4. ASOCIACION DE AZUCAREROS DE GUATEMALA. 1996. Información general sobre el sector azucarero guatemalteco. 10 p.  
  
Sin publicar.
5. AVILA P., J. 1996. Evaluación del número de trampas para el monitoreo de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en La Democracia, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 37 p.
6. BOLSA DE valores república de Argentina. (<http://www.bolcereares/informativo/ter-girasol.html>)
7. BUENAVENTURA, C.E. 1987. Siembra de cultivos intercalados con caña de azúcar en Colombia. *In* Uso alternativo de la caña de azúcar para energía y alimento. Colección GEPLACEA. Serie Diversificación. p. 157-170.
8. ----- 1994. Cosecha de la caña de azúcar. *In* Curso Cultivo de la caña de azúcar (1,1994,Guatemala) Trabajos presentados. Guatemala, CENGICAÑA. sp.
9. BURGOS, J.A. 1989. Cultivos intercalados y de rotación con caña de azúcar: una alternativa a considerar para la producción de alimentos. *In* Seminarios Interamericanos de la caña de azúcar. Segunda parte, México, GEPLACEA. p. 420-431.
10. CARRILLO L., E. 1997. Evaluación de tres socios de brócoli (*Brassica oleracea L. var Itálica Plenck*) con maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y zanahoria (*Daucus carota*) y el efecto sobre las poblaciones de (*Plutella xylostella (L.) (maculipennis (Curtis))*), en Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 39 p.
11. CARRILLO E.; BRAVO M., H.; ROMERO N., J; SANTIZO R., J.A.; RODRIGUEZ M., R. 1989. Afidos y su control biológico en la asociación maíz-calabaza en Montecillo, Mexico. *Agrociencia (Mex.)* 76: 23-33.

12. CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZUCAR. 1996. El problema de la chinche salivosa para la industria azucarea guatemalteca y plan de acción para su control. [1,996. Area de Entomología]. Guatemala. 39 p.
- Sin publicar.
13. -----, 1996. Estudio semidetallado de los suelos de la zona cañera sur de Guatemala. 2 ed. Guatemala. p. 131-132.
14. -----, 1996. Plagas y roedores. [1,996. Area de Entomología]. Guatemala. 4 p.
- Sin publicar.
15. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México. 79 p.
16. CLAVIJO A., S. 1981. La densidad de siembra del maíz y su influencia en el porcentaje de plantas atacadas por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* (Smith)). Facultad de Agronomía (Col.) 12 (1-2): 5-12.
17. DIAZ, C.; RIVERA, J.A.; RIOS, M.J. 1983. Evaluación de diferentes arreglos en el sistema de siembra maíz-frijol en el oriente antioqueño. ICA (Col.) 17(4):251-259.
18. -----; RIVERA, J.A.; RIOS, M.J. 1988. Efecto de la competencia interespecífica en el sistema de siembra maíz-frijol. ICA (Col.) 27:25-33.
19. DOMINGUEZ, P. 1986. Posibilidades del girasol (*Helianthus annuus*) como cultivo intercalado con la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Colombia. *In* Curso El cultivo de la caña de azúcar. (1,1986, Colombia). Ed. C. Buenaventura. Colombia, TECNICAÑA. p. 431-460.
20. ESTUPIÑAN, R.M.; GOMEZ, R. 1984. Cultivos asociados con caña panelera en la hoya del río Suárez. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. (1,1984, Colombia). Trabajos presentados. Ed. C. Buenaventura. Colombia, TECNICAÑA. tomo 1, p. 101-122.
21. GARCIA, C. 1987. Evaluación de la siembra de caña de azúcar intercalada con leguminosas en el Valle del Cauca. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar. (2,1987, Colombia). Trabajos presentados. Ed. C. Buenaventura. Colombia, TECNICAÑA. tomo 2, p. 599-609.
22. HART, R.D. 1975. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. I effect of interespecific competition on crop yield. Turrialba (C.R.) 25(3):294-301.

23. HERNANDEZ, M.A.; MARTINEZ, D. 1994. La intercalación de cultivos en caña de azúcar. In Simposio Nacional: La capacitación y desarrollo tecnológico en el campo cañero mexicano. (1,1993,Xalapa,Ver.,Mexico). Ed. David Riestra. México, tomo 1, p. 186-193.
24. HIEBISCH, C.K.; MCCOLLUM, R.E. 1987. Area x time equivalency ratio: a metod for evaluating the productivity of intercrops. *Agronomy Journal (United States of America)* 79:15-22.
25. HOWEL, H.; ANDREWS K. 1987. Utilización de prácticas culturales en el manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas (C.R.)* 4:1-16.
26. JUAREZ, P.; SOLIS, F. 1992. La asociación maíz (*Zea mays* L.)-frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) como perspectiva de producción en el Ejido Emiliano Zapata, Veracruz. *Chapingo (Mex)* 79-80:61-63.
27. HERNANDEZ R., J.C.; VERA G., J; VAN S., A.; CARDONA M., C. 1984. Efecto de la asociación maíz-frijol sobre poblaciones de insectos plaga, con énfasis en *Empoasca kraemeri* Ross & Moore. *Agrociencia (Mex.)* 57: 25-35.
28. LIGARRETO, G.; BASTIDAS, G.; CASTILLO, M.A. 1992. Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de la asociación maíz-frijol voluble. *ICA (Colombia)* 27:25-33.
29. LARIOS R., J.; TAH I., J. F. 1983. Respuesta del sistema asociado maíz-frijol a varios factores controlables de la producción, en el municipio de Coatepeq, Estado de Mexico. *Chapingo (Mex.)* 12(40):70-76.
30. LOPEZ M., R.; AGUILAR A., J. L. 1993. Aprovechamiento de las zonas cañeras del estado de Veracruz mediante el cultivo de frijol intercalado. In Simposio Nacional: La capacitación y desarrollo tecnológico en el campo cañero mexicano. (1,1993,Xalapa,Ver.,Mexico). Ed David Riestra. México, tomo 1, p. 194-202.
31. MALDONADO, S.I. 1984. Evaluación agroeconómica del sistema caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) asociado con leguminosas de grano, frijol común (*Phaseolus vulgaris* L), caupí (*Vigna unguiculata* Walp) y soya (*Glycine max* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 40 p.
32. MEAD, R.; WILLEY, R.W. 1980. The concept "land equivalent ratio" and advantages in yields from intercropping. *Expl. Agric. (Great Britain)* 16:217-228.
33. MELGAR, M. 1996 Cultivos asociados con caña de azúcar. Boletín técnico informativo. CENGICAÑA. 1:28-32.
34. MILLAN, A.; TURRENT, A. 1984. La siembra asociada de maíz-frijol en surcos anchos 1.80 m. intercalada con trigo o frijol, una alternativa de producción en áreas de temporal. *Revista Chapingo (Mex.)* 43-44:109-116.
35. MONTROYA, A.O. 1985. Análisis agroeconómico de la asociación frijol-caña de azúcar (*Phaseolus vulgaris*) -(*Saccharum officinarum*) bajo las condiciones de la unidad docente productiva Sabana Grande, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 56 p.

36. MORALES M., C.D. 1987. Cultivos conjuntos y alternativos. *In* Uso alternativo de la caña de azúcar para energía y alimento. Colección GEPLACEA. Serie Diversificación. p. 171-175.
37. NUÑEZ ALVARADO, C.O. 1995. Evaluación de tres dosis del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) para el control de la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Siquinala, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 73 p.
38. PAZ, M.V. 1987. Evaluación agroeconómica de la asociación caña de azúcar-frijol en el ingenio Pantaleón S.A. ATAGUA. (Gua.) 1(1):27-47.
39. POTTS, M.J. 1990. Influence of intercropping in warm climates on pest and diseases of potato, with special reference to their control. *Fields Crops Research* (Amsterdam, Holand) 25:133-144.
40. POY, M.E. 1989. Retos a la industria azucarera para la próxima década: necesidad impostergable para los países desarrollados. *In* Seminarios Interamericanos de la caña de azúcar. Segunda parte, México, GEPLACEA. p. 519-522.
41. PLA, L. 1995. Pruebas de hipótesis en experimentos con cultivos asociados. *In* Simposio de Estadística Universidad Nacional de Colombia: Estadística en agricultura y medio ambiente (1,1995, Santa Marta, Colombia) Colombia, Universidad Nacional de Colombia. p. 103-113
42. -----; COBO M., M. 1993. Uso de diseños sistemáticos para el estudio de la asociación maíz-caraota. *Facultad de Agronomía (Colombia)* 19(4) 329-353.
43. RAMIREZ, L.G. 1980. Comportamiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo condiciones de bosque húmedo premontano en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense (C.R.)* 4(1): 9-14.
44. ROMANINI, C. 1978. Cultivos intercalados en cañaverales. Centro de Ecodesarrollo. México. 20 p.
45. ROSSET, P.M; AMBROSE, R.J.; POWER, A.; HRUSKA, A. 1984. Overyielding in polycultures of tomato and bean in Costa Rica. *Agricultura Tropical. (C.R.)* 61(3):208-212.
46. -----, VANDERMEER, J.; CANO P., M.; VARRELA, G.; SNOOK, A.; HELLPAP, C. 1985. El frijol como cultivo trampa para el combate de *Spodoptera sunia* Guenée (Lepidoptera: Noctuide) en plantulas de tomate. *Agronomía Costarricense (C.R.)* 9(1): 99-102.
47. -----, P.M.; AMBROSE, R.; CANO, M.; VARRELA, G; SNOOK, A. 1987. Evaluación y validación del sistema de policultivo de tomate y frijol como un componente de un programa de manejo integrado de plagas de tomate en Nicaragua. *Turrialba (C.R.)* 37(1):85-92.
48. ROUILLARD, G. 1969. Notes un sunflower cultivation in ratoon cane interlines. *Ann. Report Mauritius Sugar Industries.* no:103-105
49. ROY, B.D. 1969 Notes on cultivation un sunflower in Mauritius. *Rev. Agr. Sucri. Ile. Maurice* 45(4):280-286.

50. SANCHEZ E., J.; VERA G., J.; BRAVO M., H.; CARRILLO S., J. L. 1986. Análisis de la entomofauna asociada al agroecosistema maíz-frijol bajo tres intensidades de labranza. *Agrociencia (Mex.)* 76:139-152.
51. SOLARES, E.R. 1992. Comparación de la incidencia y severidad del daño que causan las plagas en tres variedades de caña de azúcar en La Democracia, Escuintla. *Investigación Inferencial*. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40 p.
52. VALENCIA S., F.R.; SANCHEZ D., S.; JACINTO C., H. 1992. Caracterización de 20 genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) por su rendimiento, contenido y calidad de aceite, bajo tres condiciones ambientales. *Chapingo (Mex.)* 77:44-47
53. ZAMORA, C. 1986. Indicadores matemáticos del comportamiento de asociaciones de plantas cultivadas. *Chapingo (Mex.)* 52-53:82-90.
54. ZUÑIGA V., H.; MANTILLA G., C.E.; RAIGOSA, J. 1981. Factibilidad agronómica y entomológica de la siembra intercalada caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Agronómica (Col.)* 31(1/4):67-77.



No. Bo. Rolando Barrios

*ANEXO*

Cuadro 13A: Análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar ( m ) 30 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.0014	0.00035	0.96	0.4561
Bloques	4	0.0021	0.00054		
Error exp.	16	0.0059	0.00037		
Total	24	0.0094			

Cuadro 14A: Análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar ( m ) 60 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.003	0.00075	0.33	0.8505
Bloques	4	0.0071	0.0017		
Error exp.	16	0.036	0.0022		
Total	24	0.046			

Cuadro 15A: Análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar ( m ) 90 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.024	0.0059	1.45	0.2623
Bloques	4	0.053	0.013		
Error exp.	16	0.065	0.004		
Total	24	0.1428			

Cuadro 16A: Análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar ( m ) 180 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.1056	0.0264	1.8	0.1783
Bloques	4	0.1027	0.0256		
Error exp.	16	0.2348	0.0146		
Total	24	0.4432			

Cuadro 17A: Análisis de varianza para la variable altura de tallos de caña de azúcar ( m ) 270 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.3772	0.0943	1.99	0.1449
Bloques	4	0.0168	0.0042		
Error exp.	16	0.7588	0.0474		
Total	24	1.1529			

Cuadro 18A: Análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea 30 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	1025923185	256480796	0.61	0.6620
Bloques	4	1587136652	396784163		
Error exp.	16	6738741273	421171330		
Total	24	9351801109			

Cuadro 19A: Análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea 60 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	1264752976	316188244	1.55	0.2348
Bloques	4	1330983750	332745938		
Error exp.	16	3259047904	203690494		
Total	24	5854784631			

Cuadro 20A: Análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea 90 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	822648238.1	205662059.5	1.37	0.2876
Bloques	4	466605976.4	116651494.1		
Error exp.	16	2398877454	149929841		
Total	24	3688131668			

Cuadro 21A: Análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar por hectárea 180 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	144933397.6	36233349.4	0.38	0.8172
Bloques	4	60530147.4	15132536.9		
Error exp.	16	1511487794.5	94467987.2		
Total	24	1716951339.5			

Cuadro 22A: Análisis de varianza para la variable densidad de población de tallos de caña de azúcar hectárea 270 días después del corte.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	116592236	29148059	0.55	0.6991
Bloques	4	229775157.5	57443789.4		
Error exp.	16	841926864.9	52620429.1		
Total	24	1188294258.4			

Cuadro 23A: Análisis de varianza para la variable rendimiento de caña de azúcar en toneladas por hectárea.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	2204.27	551.068	2.07	0.1320
Bloques	4	460.617	115.15		
Error exp.	16	4251.61	265.725		
Total	24	6916.51			

Cuadro 24A: Análisis de varianza para la variable libras de azúcar por tonelada de caña.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	696.83	174.21	0.76	0.5563
Bloques	4	4057.53	1014.38		
Error exp.	16	9377.81	228.73		
Total	24	14132.17			

Cuadro 25A: Valores de UET calculados por unidad experimental y para todo el ensayo

<i>Modalidad de Intercalamiento</i>	<i>Bloque</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	1.32	1.34	1.31	1.11	1.33
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	1.46	1.47	1.81	1.50	1.39
Caña intercalada con girasol J-1296 a 15 cm.	1.55	1.47	1.63	1.43	2.14
Caña intercalada con girasol J-1296 a 25 cm.	1.59	1.49	1.80	1.74	1.64

Cuadro 26A: Análisis de Varianza para la variable población de adultos de chinche salivosa al inicio de la época lluviosa, mayo 1,997.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.00116	0.00029	0.78	0.5585
Bloques	4	0.0025	0.000648		
Error exp.	13	0.0048	0.00037		
Total	21	0.0087			

Cuadro 27A: Análisis de Varianza para la variable población de adultos de chinche salivosa a mediados de la época lluviosa, julio 1,997.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.0085	0.0021	1.25	0.3292
Bloques	4	0.0152	0.0038		
Error exp.	16	0.0271	0.0016		
Total	24	0.509			

Cuadro 28A: Análisis de Varianza para la variable población de chinche salivosa a finales de la época lluviosa, septiembre 1,997.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Alternativas de Intercalamiento	4	0.0129	0.0032	0.86	0.5122
Bloques	4	0.017	0.004		
Error exp.	14	0.0528	0.0037		
Total	22	0.0832			

Cuadro 29A: Rangos asignados por bloque a los valores de daño de chinche salivosa por unidad experimental, primera lectura, julio 1,997.

Modalidad de Intercalamiento	Bloque				
	I	II	III	IV	V
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	3	4.5	2	2.5	5
Caña en monocultivo	3	4.5	2	5	2.5
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	3	2	4.5	2.5	2.5
Caña intercalada con girasol J-1296 a 15 cm.	3	2	4.5	2.5	2.5
Caña intercalada con girasol J-1296 a 25 cm.	3	2	2	2.5	2.5

Cuadro 30A: Rangos asignados por bloque a los valores de daño de chinche salivosa por unidad experimental, segunda lectura, septiembre 1,997.

Modalidad de Intercalamiento	Bloque				
	I	II	III	IV	V
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	1.5	4.5	4.5	4.5	2.5
Caña en monocultivo	4	2	4.5	2.5	2.5
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	4	2	1.5	2.5	5
Caña intercalada con girasol J-1296 a 15 cm.	1.5	4.5	1.5	4.5	2.5
Caña intercalada con girasol J-1296 a 25 cm.	4	2	3	1	2.5



Cuadro 31A: Rendimiento de caña de azúcar (ton/ha) para cada una de las modalidades de intercalamiento, por repetición, febrero 1, 1998.

<i>Modalidad de Intercalamiento</i>	<i>Bloque</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	87.62	106.20	78.81	72.38	85.71
Caña en monocultivo	115.00	126.19	105.12	110.48	97.81
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	105.48	121.9	130.95	110.00	83.81
Caña intercalada con girasol J-1296 a 15 cm.	111.91	105.71	98.10	83.33	141.43
Caña intercalada con girasol J-1296 a 25 cm.	105.71	100.95	114.76	123.81	96.67

Cuadro 32A: Rendimiento de azúcar (libras de azúcar por tonelada de caña) para cada una de las modalidades de intercalamiento, por repetición, febrero 1, 1998.

<i>Modalidad de Intercalamiento</i>	<i>Bloque</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	233.93	225.03	208.01	211.38	212.47
	236.74	255.19	213.16	188.92	202.06
Caña en monocultivo	230.56	221.02	215.79	218.57	199.89
	227.04	210.86	227.24	238.98	214.88
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	236.16	213.51	192.82	222.90	195.58
	212.94	221.92	199.25	198.23	225.85
Caña intercalada con girasol J-1296 a 15 cm.	241.71	216.15	214.19	206.76	219.89
	218.74	264.48	206.02	224.07	202.26
Caña intercalada con girasol J-1296 a 25 cm.	248.62	196.49	241.86	193.54	208.75
	253.30	219.72	228.55	215.11	217.70

Cuadro 33A: Rendimiento de grano de girasol (ton/ha) por unidad experimental, junio 1, 1997.

Modalidad de Intercalamiento	Bloque				
	I	II	III	IV	V
Girasol Z-1296 a 15 cm.	399.12	358.88	403.19	329.12	329.14
Girasol Z-1296 a 25 cm.	388.25	368.22	409.15	367.14	387.12
Girasol J-1196 a 15 cm.	416.06	455.71	505.52	490.12	497.12
Girasol J-1196 a 25 cm.	490.38	501.12	514.19	443.78	470.11

Cuadro 34A: Costos variables y beneficios por hectárea de las distintas alternativas de intercalamiento y del monocultivo de caña de azúcar. Finca Bougumbilia, Ingenio Magdalena, 1997.

Tratamientos	TCH	BBCCA	RG	BBCG	BBCT	CSG	CSIG	TCV	BN
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 15 cm.	86.14	6891.2	0.36	646.4	7537.58	23.5	216.0	239.50	7298.08
Caña en monocultivo	110.9	8873.6	0	0	8873.6	0	0	0	8873.60
Caña intercalada con girasol Z-1296 a 25 cm.	110.4	8834.4	0.38	682.3	9516.69	14.13	180.00	194.13	9322.56
Caña intercalada con girasol J-1196 a 15 cm.	108.4	8648	0.47	843.9	9491.89	28.2	216.00	244.20	9247.69
Caña intercalada con girasol J-1196 a 25 cm.	108.4	8670.4	0.48	861.8	9532.24	16.95	180.00	196.50	9335.29

TCH	Toneladas de caña/ha
BBCCA	Beneficios brutos de campo caña de azúcar Q./ha
RG	Rendimiento de girasol Ton./ha
BBCG	Beneficios brutos de campo girasol Q./ha
BBCT	Beneficios brutos de campo totales Q./ha
CSG	Costo semilla girasol Q./ha
CSIG	Costo siembra girasol Q./ha
TCV	Total costos variables Q./ha
BN	Beneficios netos Q./ha



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

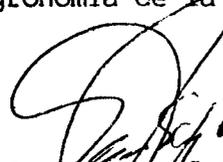
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION AGROECONOMICA DEL SISTEMA DE CULTIVO INTERCALADO CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.) GIRASOL (Helianthus annus L.)".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: BYRON HUMBERTO GONZALEZ RAMIREZ

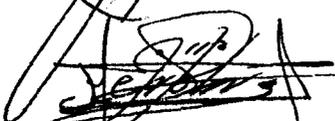
CARNET No: 9210141

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edil René Rodríguez Q.  
Ing. Agr. Fernando Rodríguez B.  
Ing. Agr. Marco Antonio Nájera C.

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

  
Ing. Agr. Víctor M. Alvarez C.  
A S E S O R

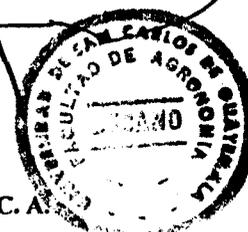
  
Dr. Mario Fco. Melgar Morales  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Fernando Rodríguez B.  
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
D E C A N O



cc:Control Académico  
Archivo  
FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TELEFONO 476-9794 § FAX (502) 476-9770

E-mail: [lia@usac.edu.gt](mailto:lia@usac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>