

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

EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA CERO Y EL MÉTODO TRADICIONAL, EN LA ROTACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN LA FINCA LAS CRUCES, RETALHULEU.

TESIS

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

POR

RAUL ARMANDO CRUZ VALDEZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, Julio de 2,001

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

D2  
01  
+ (1981)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Prof.	Abelardo Caal Ich
VOCAL QUINTO	Br	José Baldomero Sandoval Arriaza
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, Julio del 2,001

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

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA CERO Y EL MÉTODO TRADICIONAL, EN LA ROTACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ ( Zea mays L. ), EN LA FINCA LAS CRUCES, RETALHULEU.**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de ustedes, estrechando manos de amistad  
Sinceramente:



**Raúl Armando Cruz Valdez**

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Luz del mundo, que me orienta a buscar sabiduría y prudencia.

**MIS PADRES** Raúl Armando Cruz y María Palmerinda Valdez de Cruz, por su instrucción y doctrinas que guarda mi ser con amor filial.

**MIS HERMANOS** Ingrid Nineth, Ileana Lucrecia, Ronaldo Arturo y Fernando Rafael.

**MIS CUNADOS** Ing. Carlos Cano e Ing. Mario Carrera.

**MIS SOBRINOS** Rodrigo José Cano Cruz, Daniela María y Juan José Carrera Cruz.

## TESIS QUE DEDICO

A:

### MI QUERIDO ABUELO

José Arnulfo Valdez España ( † ), de quien con admiración y respeto recuerdo las palabras: *Los fuertes vientos y las grandes tormentas, hacen que los árboles tengan raíces fuertes y mucho más profundas.*

### LOS ESTUDIOSOS DE LAS CIENCIAS AGRÍCOLAS

Proporcionándoles información básica sobre la labranza mínima de la tierra.

### LOS AGRICULTORES DE GUATEMALA

Que con virtud y buena voluntad con el alba de cada día, labran la tierra para producir los ansiados frutos.

## AGRADECIMIENTO

**A:**

Todas las personas que colaboraron en la realización de esta investigación, en especial a mis asesores: **Ing. Agr. Manuel Martínez e Ing. Agr. Francisco Vásquez.**

**Ing. Agr. Eddi Vanegas**, por su gran apoyo y colaboración, que contribuyeron fuertemente a la realización de la presente.

**Ing. Carlos Hernández**, por su amistad y colaboración incondicional.

**Manolo Fernández**, a quien profundamente agradezco su amistad, ciudadano ejemplar, virtuoso que comparte su generosidad al crear fuentes de trabajo en la Costa Sur del país.

**Monsanto**, institución financiante.

**Paula Julieta Rímola Fernández, Martha Regina Suárez Rímola y Alejandro Vásquez Reyna**, por su amor y confianza en mi persona, quienes desde siempre contribuyen con mi formación personal y profesional.

**Mis amigos:** Oscar Javier Guevara Pineda, Germán Lazo Lemus, Lesbia Amparo Gutierrez Alarcón, Felipe Alfonso Menéndez Blas, Rafael Estuardo Valle Santos, Oswaldo Melgar, Luis Fernando Recinos Bracamonte ( † ) y José Eduardo Acevedo Morales ( † ), por compartir tantos ideales en nuestra formación profesional en las aulas de nuestra Facultad de Agronomía.

## CONTENIDO GENERAL

	Página
Indice de gráficas	ix
Indice de cuadros	ix
Resumen	x
1. Introducción	1
2. Definición del problema	2
3. Marco teórico	4
3.1 Marco conceptual	4
3.1.1 Concepto de sustentabilidad	4
3.1.2 Razones de uso de la labranza convencional	5
3.1.3 Labranza conservacionista	6
3.1.3.1 Labranza del mantillo	6
3.1.3.2 Labranza posterior a la cosecha	7
3.1.4 Labranza directa o cero	7
3.1.4.1 Antecedentes y situación actual	7
3.1.5 Razones de uso de siembra directa	8
3.1.5.1 Cama de siembra adecuada	8
3.1.5.2 Incorporación de enmiendas y fertilizantes	9
3.1.5.3 Control de malezas, plagas y enfermedades	9
3.1.5.4 Control del escurrimiento y la infiltración	10
3.1.5.5 Eliminación de capas compactas	11
3.1.6 Dinámica de las malezas en el sistema siembra directa	12
3.1.7 La calidad del agua en la siembra directa	13
3.1.8 Ventajas y desventajas del sistema de siembra directa	13
3.1.9 Algunos requisitos para iniciar la siembra directa	14
3.1.10 Rotación de cultivos	15
3.2 Marco referencial	16
3.2.1 Descripción del área de estudio	16
3.2.1.1 Ubicación	16
3.2.1.2 Suelos	16
3.2.1.3 Zona de vida	16
3.2.2 Herbicida utilizado	16
4. Objetivos	18
4.1 Objetivo general	18
4.2 Objetivos específicos	18
5. Hipótesis	19
6. Metodología	19
6.1 Descripción de los tratamientos	19
6.1.1 Método tradicional	19
6.1.2 Siembra directa con labranza cero	19
6.1.3 Rotación de cultivos	19
6.2 Diseño experimental	20
6.3 Unidad experimental	20
6.4 Establecimiento y manejo de los cultivos	21
6.5 Datos a tomar	23

6.6	Variabes respuesta	23
6.7	Análisis de la información	24
6.7.1	Análisis de varianza	24
6.7.2	Modelos estadísticos	24
6.7.3	Análisis económico	25
7.	Resultados y discusión	26
7.1	Escurrimiento superficial	26
7.2	Suelo erosionado	28
7.3	Rendimiento de maíz	30
7.4	Comportamiento agronómico de los cultivos	31
7.5	Análisis económico	32
8.	Conclusiones y recomendaciones	33
9.	Bibliografía	35
10.	Apéndice	36

C  
C  
C

## INDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Precipitación del año 2000 en mm. Finca las cruces Retalhuleu	26
Gráfica 2. Escorrentía superficial en m <sup>3</sup> /ha. Retalhuleu año 2000	28
Gráfica 3. Cantidad de suelo erosionado en Ton/ha. Retalhuleu año 2000	30
Gráfica 4. Rendimiento de maíz en Kg/ha. Retalhuleu, año 2000	33
Gráfica 1 A. Distribución de Los tratamientos en el campo experimental	37

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Malezas controladas por Roundup max	17
Cuadro 2. Tratamientos evaluados	20
Cuadro 3. Resumen de ANDEVA para escurrimiento superficial m <sup>3</sup> /ha	27
Cuadro 4. Prueba de medias Tuckey para escurrimiento superficial m <sup>3</sup> /ha	27
Cuadro 5. Resumen de ANDEVA para suelo erosionado Ton/ha	28
Cuadro 6. Prueba de medias Tuckey para suelo erosionado Ton/ha	29
Cuadro 7. Resumen de ANDEVA para rendimiento de maíz Kg/ha	30
Cuadro 8. Resumen de ANDEVA para las variables del comportamiento agronómico de los cultivos	31
Cuadro 9. Rentabilidad de los tratamientos	32
Cuadro 1 A. Precipitación total mensual del año 2000. Finca las Cruces Retalhuleu	38
Cuadro 2 A. Análisis de varianza para el escurrimiento superficial en m <sup>3</sup> /ha	38
Cuadro 3 A. Análisis de varianza para el suelo erosionado en Ton/ha	39
Cuadro 4 A. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica del maíz	39
Cuadro 5 A. Análisis de varianza para la altura de plantas de maíz en cm	39
Cuadro 6 A. Análisis de varianza para longitud de mazorca de maíz en cm	40
Cuadro 7 A. Análisis de varianza para diámetro de mazorca de maíz en cm	40
Cuadro 8 A. Análisis de varianza para número de cápsulas de ajonjolí	40
Cuadro 9 A. Análisis de varianza para número de semillas/cápsula de ajonjolí	40
Cuadro 10 A. Costo de producción/ha de maíz. Método de siembra tradicional	41
Cuadro 11 A. Costo de producción/ha de maíz. Método de siembra directa con labranza cero	42
Cuadro 12 A. Costo de producción/ha de ajonjolí. Método de siembra tradicional	43
Cuadro 13 A. Costo de producción/ha de ajonjolí. Método de siembra directa con labranza cero	44

**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA CERO Y EL MÉTODO TRADICIONAL, EN LA ROTACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ ( Zea mays L. ), EN LA FINCA LAS CRUCES, RETALHULEU.**

**EVALUATION OF THE DIRECT SOWING METHOD WITH ZERO CULTIVATION AND THE TRADITIONAL METHOD, ON THE ROTATION OF CORN ( Zea mays L. ), IN LAS CRUCES FARM, RETALHULEU.**

**RESUMEN**

Mucho se puede decir de las causas que favorecen a la degradación de los suelos, siendo una de las más importante el laboreo intensivo y descontrolado, que deja al suelo sin cobertura vegetal, haciéndolo más sensible a las fuerzas de intemperización. La labranza cero, como componente de la agricultura sostenible, enfatiza que una cobertura permanente del suelo constituye una práctica de manejo agronómico para disminuir los daños de erosión y a la vez ha demostrado ser eficaz para la recuperación física, química y biológica de los suelos.

El objeto de esta investigación es validar esta tecnología y darla a conocer, principalmente a medianos y pequeños productores, que bregan con la agricultura en el agro nacional. Se evaluó el método de siembra directo con labranza cero, comparándolo con el método de siembra tradicional y las rotaciones de cultivos de maíz en la primera siembra y maíz en la segunda; maíz en la primera y ajonjolí en la segunda, en la Finca las Cruces, del municipio de Retalhuleu. El ciclo productivo abarcó de Mayo a Agosto el primero, y el segundo de Agosto a Diciembre. Las variables respuesta fueron: cantidad de escurrimiento superficial, cantidad de suelo erosionado, rendimiento, rentabilidad, así como el comportamiento agronómico de los cultivos de maíz y ajonjolí.

Se concluyó que la cantidad de escurrimiento superficial y suelo erosionado fueron menores con el método de siembra directo usando labranza cero (127.25 m<sup>3</sup>/ha y 1.66 Ton/ha respectivamente), en comparación con los obtenidos con el método tradicional (236.15 m<sup>3</sup>/ha y 3.57 Ton/ha). El método de siembra directa con labranza cero, con la rotación de maíz-ajonjolí presentó la mayor rentabilidad con un 60.34 %.

## 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala, presenta un régimen de lluvias en cantidades e intensidades altas, capaces de ocasionar procesos erosivos que conllevan a una rápida degradación de los suelos. Además de la pérdida del suelo y su consecuente empobrecimiento, se presentan otros problemas como: depósito de sedimentos en cuerpos acuíferos, alteración y destrucción del paisaje, bajas en la producción; y como consecuencia se producen desequilibrios ecológicos. Mucho se puede decir de las causas que favorecen a la degradación de los suelos, siendo una de ellas y quizá la más importante el laboreo intensivo y descontrolado que entre otros, deja al suelo sin cobertura vegetal, haciéndolo más sensible a las fuerzas destructivas.

De los componentes de la agricultura sostenible, se hace mención el sistema de "Labranza cero" como la metodología que permite una cobertura permanente del suelo, constituyéndose probablemente en una buena práctica de manejo para disminuir los daños de erosión y a la vez ha demostrado ser una práctica eficaz para la recuperación física, química y biológica de los suelos.

La Labranza Cero, como sistema está siendo utilizado a gran escala en países que ya han sufrido un proceso de transformación en sus prácticas convencionales de la agricultura, pues descubrieron que la sustentabilidad del recurso se alcanza mediante una mínima alteración del mismo.

Desafortunadamente, el número de productores que practica este método en nuestro medio es bajo, por lo que surge la necesidad de validar esta tecnología y darla a conocer, principalmente a medianos y pequeños productores, que constituyen una parte importante del sector agrícola.

En la presente investigación se evaluó el método de siembra directa con labranza cero, comparándolo con el método de siembra tradicional, y las rotaciones de cultivos de maíz en la primera siembra y maíz en la segunda; maíz en la primera y ajonjolí en la segunda, en la Finca las Cruces, del municipio de Retalhuleu.

El primer ciclo productivo abarcó de Mayo a Agosto el primero, y el segundo de Agosto a Diciembre. Las variables respuesta fueron: cantidad de escurrimiento superficial, cantidad de suelo erosionado, rendimiento, rentabilidad, así como el comportamiento agronómico de los cultivos de maíz y ajonjolí.

La cantidad de escurrimiento superficial y suelo erosionado fueron menores en el método de siembra directa con labranza cero (127.25 m<sup>3</sup>/ha y 1.66 Ton/ha respectivamente), mientras que en el método tradicional fueron mayores (236.15 m<sup>3</sup>/ha y 3.57 Ton/ha).

El rendimiento y comportamiento agronómico de los cultivos fue estadísticamente igual en ambos métodos. El método de siembra directa con labranza cero, con la rotación de maíz-ajonjolí fue la más rentable con un 60.34 % de rentabilidad.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Guatemala es un país que basa su economía en la agricultura. Esto ha sido el resultado de procesos históricos, culturales, sociales, etc. que terminan siempre señalando a la tierra como el principal medio de producción existente en el país. Desafortunadamente, este recurso no ha sido bien manejado, debido a diversos factores, tal es el caso del avance de la frontera agrícola migratoria, falta de legislación que regule o controle las actividades productivas en cuencas de ríos y lagos, relieve irregular favorable a fenómenos erosivos, etc.

Es conocido que más del 60% del territorio nacional presenta una vocación forestal, sin embargo, se realiza en la mayoría de estos terrenos la siembra de cultivos anuales, de forma intensiva y continua, sin considerar la degradación del suelo ocasionada por la labranza y la falta de cobertura vegetal.

La agricultura convencional comenzó con el desmonte de los bosques, con preparación intensiva del suelo mediante tractores pesados, arados, rastras, dando como resultado la destrucción de los suelos y la consecuente disminución de la productividad. La destrucción de los suelos se

traduce en una pérdida del mismo, debido a erosión laminar y cárcavas, daños en su estructura, mineralización acelerada, altos índices de compactación, disminución de las tasas de infiltración y contenido de materia orgánica, todo esto aunado a consecuencias mayores como lo son las modificaciones del clima, debido a la alteración de los ecosistemas, depósito de sedimentos en arroyos, ríos, lagos y mares.

Los resultados de una agricultura depredadora no solamente se han sentido en Guatemala, ya que en regiones de Norte y Sur América se han reportado cifras alarmantes de hasta 50 toneladas de suelo erosionado por hectárea al año (7). Debe mencionarse aquí que no solo los sistemas extensivos o convencionales de producción a gran escala son llamados depredadores, ya que existe el desconocimiento de técnicas conservacionistas en el ámbito de pequeños agricultores, muchos de los cuales dependen exclusivamente de la agricultura para sobrevivir. Algunas prácticas de agricultura sustentable son conocidas por muchos lamentablemente son aplicadas por muy pocos. La información sobre métodos de agricultura sostenible o sustentable es accesible, pero es el resultado de experiencias en condiciones diferentes a las nuestras, y aún cuando podrían aplicarse, es necesario generar información básica a nivel local.

La población de campesinos del área de Retalhuleu, no escapa a la problemática antes descrita. En su mayoría son agricultores dedicados a la producción de maíz, arroz y ajonjolí, principalmente, aunque también se dedican a la explotación ganadera en forma convencional y con poco o ningún conocimiento de agricultura sustentable, con las consecuencias comunes que esto acarrea.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD

Según Calegari (3) en las regiones tropicales y subtropicales donde las tierras son cultivadas intensamente, los procesos de descomposición de la materia orgánica son acelerados, provocando severa disminución del potencial productivo del suelo agrícola. Muchas veces en razón de la no existencia de un plan adecuado de manejo y uso del suelo agrícola y tampoco una visión de un sistema integrado de manejo de suelo y agua. En diferentes regiones de diferentes países han sido observados significativas áreas de vocación agrícola con elevados grados de desequilibrio, principalmente por esta interferencia inapropiada de los recursos naturales. Esto ha generado una discusión sobre lo que algunos llaman el grado de desafío de final de siglo "la búsqueda de la sustentabilidad de los sistemas".

El término sustentable tiene varias acepciones de acuerdo con Senholm y Waggoner, citados por Derpsch (7), el término tiene dimensiones agronómicas, ambientales, sociales, económicas y políticas. No se trata meramente del conjunto de las mejores prácticas de manejo del suelo, o simplemente de la reducción en el uso de pesticidas, es un sistema específico para cada lugar que requiere un manejo intensivo y eficiente, que conserva los recursos naturales y considera aspectos económicos a largo y corto plazo. En realidad sustentable ya se define como siendo para siempre, o sea ambientes agrícolas que están diseñados a promover una regeneración perpetua.

Por lo anterior algunos definen agricultura sostenible como "agricultura donde se procura establecer una productividad alta del suelo permanentemente, de tal forma de conservar o restablecer un ambiente ecológico equilibrado", Andelhelm y Kitshci (7).

Derpsch (7), cita los siguientes como requisitos para obtener una agricultura sostenible:

a. Cero erosión

- b. Cero quema
- c. Cero labranza
- d. Rotación de cultivos
- e. Uso de abonos verdes
- f. Cobertura permanente de suelo
- g. Aplicar criterio sobre el uso de fertilizantes correctivos
- h. Diversificación y aumento de la biodiversidad
- i. Integración de ciclos

En la búsqueda de una agricultura alternativa, algunas personas y técnicos creen, que la agricultura orgánica sería una solución. Sin embargo, en general se puede afirmar que la agricultura orgánica no es sustentable en los trópicos y subtrópicos (agricultura extensiva) debido a razones como: rechaza dogmáticamente la utilización de herbicidas, obligando a la preparación mecánica del suelo para eliminar las malezas, teniendo como consecuencia la exposición del suelo desnudo a los agentes climáticos, acelerando los procesos erosivos, generando calentamiento excesivo del suelo, aumentando la mineralización rápida de la materia orgánica y disminuyendo el contenido de la misma, así como provocando una disminución de la actividad biológica y con una reducción de la estabilidad estructural del suelo.

### 3.1.2. RAZONES DE USO DE LA LABRANZA CONVENCIONAL

Se ha definido la labranza como la preparación del terreno, a las diferentes manipulaciones mecánicas de los suelos con el fin de mantenerlos en condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos.

- o La labranza de un suelo se realiza para cumplir con los objetivos siguientes:
  - a. Preparar la cama de la semilla para favorecer su germinación y establecimiento.
  - b. Incorporar fertilizantes y enmiendas.
  - c. Controlar malezas y combatir plagas y enfermedades.

- d. Aumentar la infiltración y la penetración radicular.
- e. Preparar el suelo para prácticas como el riego y el drenaje.
- f. Eliminar capas compactas.

El efecto benéfico o perjudicial de la labranza depende fundamentalmente del tipo de maquinaria e implementos utilizados, intensidad de uso y condiciones del suelo para el momento de labranza (6).

### 3.1.3 LABRANZA CONSERVASIONISTA

Delgado (6), define la labranza conservacionista como todo sistema de labranza que incluya prácticas que ayuden a conservar las características deseables del suelo y la conservación del agua. De estos existen varios tipos entre ellos:

#### 3.1.3.1 LABRANZA DEL MANTILLO

Es todo sistema de laboreo que disminuya el número de pasos de maquinaria agrícola, sin afectar la buena germinación y producción del cultivo. Existen varias modalidades de las cuales las más conocidas son:

- a. Laboreo del mantillo: Llamada también labranza-Mulch. En esta modalidad se prepara suelo superficial con una cultivadora grande o con el azadón rotativo para producir roturación. Sólo se realiza una ligera remoción muy superficial del mantillo del suelo, quedando este tosco y con rugosidades que impiden la erosión. La siembra se realiza posteriormente con una sembradora a poca profundidad.
- b. Labranza y cultivo en hilo: Es la práctica de no remoción, sin más labranza que la de abrir unas grietas o franjas angostas suficientes para plantar la semilla. El fertilizante se coloca en bandas en la misma operación. El control de maleza se realiza con productos químicos. Esta también es llamada no-labranza.

### 3.1.3.2 LABRANZA POSTERIOR A LA COSECHA

En algunas regiones tropicales existe la posibilidad de conservar en el suelo cierta humedad residual después de la cosecha de un cultivo a finales de la temporada lluviosa controlando principalmente las malezas. Esta humedad residual que se conserva, permite mantener el suelo en condiciones de trabajarlo y sembrarlo rápidamente al inicio de la próxima temporada húmeda. En estas condiciones se aconseja una labranza posterior a la cosecha, al inicio de la temporada seca y no al inicio de la época lluviosa como tradicionalmente ocurre, con el consecuente incremento en el número de pasos de la maquinaria. De esta forma a menudo solo se requerirán una o dos operaciones de labranza o combinar la última con la siembra para tener un cultivo establecido cuando ocurran las primeras lluvias (6).

### 3.1.4 SIEMBRA DIRECTA O LABRANZA CERO

Es un método de siembra conservacionista en el cual la semilla es depositada directamente en el suelo no preparado mecánicamente, donde los residuos del cultivo anterior permanecen en la superficie y la malezas son controladas mediante el uso de herbicidas y/o abonos verdes (9).

Dentro de los sistemas conservacionistas, la siembra directa permite lograr la implantación de un cultivo con el mayor porcentaje de cobertura del suelo, donde el manejo de residuos comienza detrás de la cosechadora (10).

#### 3.1.4.1 ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

El uso de la siembra directa en una escala comercial extensiva, realmente empezó con el lanzamiento del herbicida Paraquat al mercado, lo cual permitió un control total de las malezas anuales, sin tener efectos residuales que afectaran al cultivo siguiente. El problema principal con este herbicida fue la necesidad de tener buena cobertura de las malezas con el producto y el hecho de que no controlara malezas perennes especialmente aquellas que han almacenado reservas metabólicas.

Problemas con el manejo de Paraquat resultaron en un estancamiento en la década de los 70, y en muchos casos los agricultores volvieron a labrar el suelo para poder controlar el mismo. El siguiente gran avance fue la llegada del Glifosato, aunque su precio muy alto al principio, y las recomendaciones para el uso de dosis altas del producto, restringieron el uso extensivo. Ahora la reducción de precio de este herbicida, junto con la posibilidad de usar técnicas para reducir las dosis normales de aplicación hace su uso muy accesible, y este herbicida sigue siendo un arma muy importante en la viabilización del sistema de siembra directa.

Actualmente, la siembra directa o labranza cero es un sistema adaptado en aproximadamente 1,800,000 - 72,000 hectáreas en Paraguay, 3 millones de hectáreas en Brasil y 15 millones de hectáreas en los Estados Unidos (9), con un ritmo creciente de adopción en América Latina en países como Uruguay, Chile, Bolivia y Perú, así como otros tantos en el ámbito mundial (9). En los países de Sur América, asociados al MERCOSUR se está implementando asociaciones de productores de siembra directa, quienes reciben apoyo del gobierno y entidades extranjeras de la Comunidad Económica Europea, con respecto a asistencia técnica y extensión agrícola (2).

### 3.1.5 RAZONES DE USO DE SIEMBRA DIRECTA O LABRANZA CERO

Para poder cambiar de un sistema convencional a otro conservacionista, el nuevo sistema tiene que suplir todas estas razones de labrar y dar una ventaja en por lo menos una faceta de la aceptabilidad del sistema al agricultor. El criterio de aceptabilidad más importante normalmente es la rentabilidad del sistema, aunque hay otros como la estabilidad de rendimiento entre años, la sostenibilidad y la facilidad de manejar el sistema. Así se podrían mencionar como posibilidades para el cambio las siguientes:

#### 3.1.5.1 CAMA DE SIEMBRA ADECUADA

La definición de una cama de siembra adecuada cambia en la siembra directa. Una cama adecuada en siembra directa es una cama bien cubierta con residuos vegetales. Esto es la base de la siembra directa y los equipos tienen que tener la capacidad de sembrar en condiciones de

una buena cobertura vegetal. La capa superficial de suelo es más densa que el suelo labrado, requiriendo una sembradora más pesada para penetrarlo, pero la resistencia ofrecida por este suelo más denso permite el corte fácil de los residuos, sin doblarse bajo los discos cortadores. La roturación y mullido del suelo, con el cual se logra un mejor contacto de la semilla para favorecer la germinación se obtiene mediante sembradoras especializadas (10).

### 3.1.5.2 INCORPORACIÓN DE ENMIENDAS Y FERTILIZANTES

Resultados de investigaciones en Kentucky, reportadas por Pugniau (10), aplicaciones de fósforo al boleo mostraron que este método de aplicación funcionaba bastante bien en siembra directa, dada la buena humedad abajo del Mulch, que permite al cultivo seguir absorbiendo nutrientes de una banda horizontal de alta concentración de fósforo. Posteriormente estos datos se han corroborado en Brasil.

La actividad de la macrofauna (hormigas, lombrices, larvas de insectos, etc.), con respecto al transporte de materia orgánica es también eficiente en mover enmiendas en el perfil. En general, la distribución de nutrientes en el perfil y los niveles aprovechables de P, K, Ca y Mg son mayores en sistemas de siembra directa, debido principalmente a los niveles mayores de materia orgánica en el perfil (Sidiras y Pavan, 1985, Bogado *et al* 1993, citados por Puignau, 1,995).

### 3.1.5.3 CONTROL DE MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES

a. Control de Malezas: Esta es probablemente la razón más importante de por qué labrar el suelo; históricamente fue el problema principal con el manejo de la siembra directa. La factibilidad de siembra directa en una escala comercial extensiva, realmente empezó con el lanzamiento del herbicida Paraquat al mercado, lo cual permitió un control total de las malezas anuales, sin tener efectos residuales que afectan el cultivo siguiente.

En general, los agricultores en siembra directa notan que después de tres o cuatro años el problema de malezas empieza a disminuir. Esto se debe a dos razones principales: La cobertura del suelo con residuos vegetales tiene un efecto grande en la reducción de las

poblaciones de malezas, y el hecho de que no se incorpora nueva semilla al suelo tiende a eliminar el banco de semilla en él. A la vez, el incremento de actividad biológica en la capa de residuos reduce la longevidad de la semilla de malezas depositadas en ella. Además, el hecho de no romper estolones de gramíneas perennes y distribuirlos en el campo como con el arado y otro implemento de labranza, reduce la diseminación de estas malezas y en algunos casos (ej. *Cynodon dactylon* y *Cyperus rotundus*) permite un control más efectivo de la población (10).

- b. Control de plagas y enfermedades: Los monocultivos resultan en un incremento en las poblaciones de enfermedades y plagas de los cultivos, que pueden integrarlos. Los residuos vegetales sobre el suelo en siembra directa proveen un ambiente excelente para hospedar a hongos e insectos, incluyendo aquellos que son enfermedades y plagas de los cultivos comerciales, y si se sigue con el monocultivo las probabilidades son de una mayor incidencia de plagas y enfermedades en siembra directa. Aquí el problema es el monocultivo. La siembra directa exige una rotación adecuada. Aunque en unas situaciones se practica la siembra directa con éxito en un sistema de monocultivo, las probabilidades son de que se producirán fallas.

Una rotación adecuada reduce o elimina el problema de enfermedades y reduce también el problema de plagas en la mayoría de los casos. La presencia de los residuos vegetales también crea condiciones favorables para la reproducción de los enemigos naturales de las plagas. En general, parece que en siembra directa hay una mayor diversidad y mayor población de predadores de insectos.

#### 3.1.5.4 CONTROL DEL ESCURRIMIENTO Y LA INFILTRACIÓN

Los residuos vegetales sobre el suelo, protegen la superficie de la acción explosiva de las gotas de lluvia, evitando el planchado de la superficie, junto con las mayores tasas de infiltración debido a este factor y la mayor agregación y porosidad del suelo, resultan en un mayor control

del escurrimiento con siembra directa que con cualquier otro sistema (Roth *et al.* 1988 citado por Pugniau). Los residuos también incrementan la cantidad de agua represada sobre la superficie, aumentando el tiempo de oportunidad de infiltración.

### 3.1.5.5 ELIMINACIÓN DE CAPAS COMPACTAS

La compactación en siembra directa es todavía causa de considerable polémica. Hay resultados opuestos en suelos similares que aún no se explican bien. En general, el problema tiende a ser mayor en suelos muy pesados o muy livianos. A pesar de esto la mayoría de los agricultores en siembra directa por varios años aseguran que el problema inicial de compactación inicial superficial desaparece con el tiempo. La razón de nuevo es el incremento en la actividad biológica del suelo. El hecho de tener una fuente de alimentación disponible en forma de residuos vegetales incrementan las poblaciones de organismos benéficos, los cuales abren el suelo con canales, incorporando materia orgánica de la superficie y dejando una capa superficial bien estructurada que no presenta impedimento al desarrollo de las raíces de los cultivos. Los organismos principales de este fenómeno son las lombrices, larvas de insectos y hormigas. Después de dos o tres años de siembra directa se nota un incremento marcado en estos organismos, lo cual, sin duda tiene un efecto muy positivo en el control de la compactación. Los canales dejados por las raíces de los cultivos anteriores, también son importantes para limitar los efectos de una capa densificada. El hecho de no laborar el suelo resulta en una descomposición más de estas raíces, que siguen ejerciendo su efecto sobre la estructura del suelo y también tiene la continuidad de estos canales, hecho muy importante en el transporte de agua en el perfil y en el enraizamiento de cultivos posteriores (10).

Hay cultivos con sistemas radiculares más fuertes que otros que logran abrir el suelo y reducir el efecto de la compactación, dejando poros continuos pasando por capas densificadas. A la vez, el mayor contenido de materia orgánica y la presencia del Mulch hacen más resistente el suelo a las fuerzas de comprensión.

### 3.1.6 DINÁMICA DE MALEZAS EN EL SISTEMA SIEMBRA DIRECTA

El conjunto de plantas superiores que se mantienen espontáneamente en áreas agrícolas y pecuarias comprende plantas con características pioneras, o sea, plantas que ocupan lugares donde por alguna razón la vegetación natural fue extinguida y el suelo quedó total y/o parcialmente expuesto. Este tipo de vegetación siempre existió. En el pasado su presencia era fortuita y temporal, evolucionando siempre que hubiese un área desprovista de vegetación natural y desapareciendo cuando la vegetación original fuese restablecida. Al inicio de la agricultura moderna, los procesos de arada y rastreada del suelo constituían factores ecológicos no periódicos, y por lo tanto de gran impacto en las poblaciones de malezas. El volteo de suelo efectuado por el arado, proporcionaba elevada mortalidad de las diásporas y de las partes vegetativas enterradas, porque estas plantas no poseían mecanismos de adaptación desarrollados (10).

Con la aplicación sucesiva de estas prácticas culturales, las malezas pasaron a desarrollar mecanismos que le permitieron sobrevivir al entierro como resistencia a los agentes bióticos del suelo, exigencia de temperatura variable para iniciar el proceso germinativo, desarrollo de innumerables y complejos mecanismos de dormancia de las diásporas de germinación y emergencia a partir de grandes profundidades en el perfil del suelo, etc. También hubo una uniformidad en la distribución de las diásporas en el perfil de la capa arable del suelo, de modo que la aradura y el allanamiento apenas movían la semilla superficial para las zonas más profundas y traían las semillas más profundas para la región más superficial. De este modo, el impacto de la preparación del suelo sobre las poblaciones de malezas decreció bastante en el área de siembra convencional (10).

### 3.1.7 LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SIEMBRA DIRECTA

La calidad del agua es mejorada en el sistema de siembra directa. Mientras que el agua que escurre de microcuencas que fueron preparadas convencionalmente es de color marrón y carga una gran cantidad de sedimentos. En las microcuencas de Brasil donde se ha adoptado la siembra directa, el agua que escurre es de color claro inclusive después de fuertes lluvias (7).

### 3.1.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA

La APASCU, 1996 (2), resume las siguientes ventajas y desventajas.

#### Ventajas:

- a. Detiene la erosión y la pérdida de suelo, debido a la cobertura del rastrojo de la superficie.
- b. Aumenta la infiltración del agua de lluvia y reduce la evaporación, permitiendo optimizar las épocas de siembra.
- c. Disminuye la temperatura y aumenta la actividad biológica del suelo.
- d. Aumenta la fertilidad del suelo a través del mejoramiento de las propiedades químicas, físicas y biológicas.
- e. Disminuye la necesidad de aplicación de fertilizantes y correctivos.
- f. Permite reducir los costos de combustible, el tiempo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente y utilizar tractores de menos potencia.
- g. Es más rentable que el sistema tradicional de preparación del suelo.
- h. Disminuye los daños ecológicos de la agricultura convencional, como es la sedimentación de ríos, represas, lagos y puertos.
- i. Reduce las inundaciones, la contaminación de las aguas por agroquímicos y sedimentos y los costos para la obtención de agua potable.
- j. Es sustentable, es decir, es practicable en el tiempo sin producir deterioro de los suelos y del medio ambiente.

Desventajas:

- a. Los cultivos son más susceptibles a las enfermedades.
- b. Tecnología más compleja que requiere mejor supervisión.
- c. Falta de capacitación de agricultores, técnicos y ejecutores.

Una de las polémicas sobre el sistema y que aún sigue causando discusión es el hecho de existir o no, un uso más intensivo de herbicidas. Este temor no se ha confirmado en la práctica. En general los productores informan que han reducido el uso de dichos productos una vez que han aprendido a usarlos más eficientemente y cuando paralelamente emplean otros métodos de reducción de malezas en el campo, como son la inclusión de abonos verdes y la rotación de cultivos. Además a pesar de que se utilizan herbicidas para matar malezas, se registra una mayor actividad biológica en Siembra Directa, lo que es un indicador de un suelo más sano.

### 3.1.9 ALGUNOS REQUISITOS PARA INICIAR LA SIEMBRA DIRECTA

Según la APASCU, 1996 (2), al iniciar un plantío directo, se debe considerar las siguientes recomendaciones:

- a. Mejorar el nivel de conocimientos, a nivel de agricultor y empleados, en todos los aspectos relacionados con el sistema principalmente el uso de herbicidas y control de malezas.
- b. Realizar análisis de suelo y verificar la necesidad de incorporar cal.
- c. Cuando el historial de área revela que ha sido usada continuamente la rastra pesada en la preparación del suelo, será necesario descompactar el terreno.
- d. Producir residuos vegetales para producir una buena siembra directa es necesario proporcionar anualmente alrededor de 6 ton/ha de materia seca en el sistema. Nunca quemar los rastrojos.
- e. Iniciar el plantío directo en forma escalonada.
- f. Utilizar la rotación de cultivos, con la inclusión de maíz y abonos verdes.

### 3.1.10 ROTACIÓN DE CULTIVOS

Según Delgado (6), esta práctica se define como la sucesión de cultivos diferentes, en ciclos continuos sobre un área de terreno determinado. Se practica por los siguientes objetivos:

- a. Lograr la ocupación máxima del suelo en espacio y tiempo.
- b. Mantener una cobertura permanente, disminuyendo los riesgos de erosión.
- c. Mantener y mejorar la fertilidad del suelo.
- d. Ayudar a prevenir incidencia de plagas y enfermedades.
- e. Reducir efectos negativos del clima o fluctuación en los precios de los productos.

Hay dos tipos de rotación: En áreas únicas, donde todo el terreno es explotado por solo cultivo durante un ciclo de producción, y el otro es rotación por fracciones, donde se fracciona la unidad a explotar en tantas fracciones como número de años tenga la rotación. (6)

Algunos de los principios agronómicos de esta técnica podrían ser las siguientes:

- a. Hacer siembras precoces y con alta densidad, con buena fertilización.
- b. Elegir el cultivo más denso para la época de mayor agresividad y precipitación pluvial.
- c. Propiciar el crecimiento, alternando cultivos con diferentes profundidades del sistema radicular.
- d. Alternar cultivos susceptibles a ciertas enfermedades y plagas, con aquellos que no lo son.
- e. Alternar cultivos agotadores del suelo, con cultivos que mejoren la fertilidad. Es conveniente incluir al menos una leguminosa en un año del ciclo de rotación.
- f. Sistematizar la explotación de la tierra de acuerdo con los recursos y posibilidad de mercado en la zona, que permita incrementar los ingresos totales de la unidad de producción.

## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

#### 3.2.1.1 UBICACIÓN

La Finca Las Cruces está localizada en el municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu. Las coordenadas del lugar son: longitud oeste  $91^{\circ}30'$ , latitud norte  $14^{\circ}29'$ , respecto al meridiano de Greenwich, a una altura de 60 msnm.

#### 3.2.1.2 SUELOS.

Los suelos de la Finca Las Cruces, son suelos del litoral del Pacífico, pertenecientes a la serie Ixtan arcilloso, Ixtan franco limoso, cuyas características son: suelos profundos, moderadamente drenados, de textura pesada, desarrollados sobre materiales de grano fino, con relieves casi planos y latitudes bajas.

#### 3.2.1.3 ZONA DE VIDA.

La finca se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical cálido, con una temperatura media anual de  $27^{\circ}\text{C}$  y una precipitación media anual de 1769 mm.

### 3.2.2 HERBICIDA UTILIZADO.

Nombre comercial: Roundup max

Nombre común: glifosato

Nombre químico: N-(fosforometil) glicina

Uso: herbicida sistémico, no residual, para el control post-emergente de la mayoría de las malezas gramíneas, ciperáceas y de hoja ancha, tanto anuales como perennes.

Se recomienda para el control general de malezas antes de la siembra, control dirigido de malezas en cultivos perennes, y control general de malezas en sistema de riego y áreas no cultivadas.

Concentración: 747 gramos de sal monoamonio de N-(fosforometil) glicina. Forma: gránulos altamente concentrados. Presentación: bolsas de 1 kilogramo y cajas de 10 kilogramos.

Concentración: 747 gramos de sal monoamonio de N-(fosforometil) glicina. Forma: gránulos altamente concentrados. Presentación: bolsas de 1 kilogramo y cajas de 10 kilogramos.

Cuadro 1. Malezas controladas por Roundup max

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Desmodium canum</i>	<i>Leguminosae</i>	pega pega
<i>Elytraria inbricata</i>	<i>Acanthaceae</i>	culantrillo
<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Malvaceae</i>	escobillo
<i>Sida spinosa</i>	<i>Malvaceae</i>	escobillo grande
<i>Eleusine indica</i>	<i>Poaceae</i>	pata de gallina
<i>Echinochloa colonum</i>	<i>Poaceae</i>	arrocillo
<i>Cassia occidentalis</i>	<i>Leguminosae</i>	frijolillo
<i>Ludwigia decurrens</i>	<i>Onagraceae</i>	clavelillo
<i>Ipomoea purpurea</i>	<i>Convolvulaceae</i>	churristate
<i>Ipomoea sp</i>	<i>Convolvulaceae</i>	quinamul
<i>Spilanthes americana</i>	<i>Compositae</i>	botoncillo
<i>Solanum sp</i>	<i>Solanaceae</i>	lavaplato
<i>Hyptis capitata</i>	<i>Lamiaceae</i>	pelotitas
<i>Hyptis verticillata</i>	<i>Lamiaceae</i>	canilla de mulo
<i>Laportea aestuans</i>	<i>Urticaceae</i>	chichicaste
<i>Mimosa pudica</i>	<i>Leguminosae</i>	dormilón

Modo de acción: se aplica como post-emergente, dirigido al follaje, cuando las malezas están en crecimiento activo; el producto es absorbido y transportado a todas las partes de la hierba incluyendo raíces rizomas.

Compatibilidad: puede mezclarse con varios productos herbicidas, se recomienda aplicarlo sólo, como el mejor post-emergente sistémico no selectivo. En ningún caso puede mezclarse con polvos mojables conteniendo arcillas como ingrediente inerte, Paraquat u otros herbicidas quemadores.

Toxicidad: El activo que pudiera ser ingerido vía oral es apenas ligeramente tóxico, la dosis letal media oral en ratas se determinó en LD<sub>50</sub> 5000 mg/kg. Prácticamente no es tóxico por vía dérmica (LD<sub>50</sub> dérmica en conejos 5000 mg/Kg).

Dosis: la mayoría de las malezas anuales son susceptibles a dosis que varían entre 2-3 kilogramos de producto comercial en 200 litros de agua. Para malezas perennes se recomienda la dosis de 3-4 kilogramos de producto comercial en 200 litros de agua.

#### **4. OBJETIVOS**

##### **4.1 PROPOSITO DEL ESTUDIO**

Estudiar el método de siembra directa con labranza cero y compararlo con el método tradicional, en la rotación de cultivos: maíz-maíz y maíz-ajonjolí, en la Finca Las Cruces, Retalhuleu.

##### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

4.2.1 Cuantificar el escurrimiento superficial y la cantidad de suelo erosionado, en los métodos de siembra directa con labranza cero y el sistema tradicional, con la rotación de cultivos maíz-maíz y maíz-ajonjolí.

4.2.2 Analizar las características morfológicas del maíz y el ajonjolí, como consecuencia de las prácticas evaluadas.

4.2.3 Comparar la rentabilidad de los dos sistemas.

## 5. HIPOTESIS

El sistema de siembra directa con labranza cero, presentará la misma escorrentia, erosión, comportamiento agronómico y rentabilidad que el sistema tradicional, en la rotación de cultivos maíz-maíz y maíz-ajonjolí.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron seleccionados de acuerdo al uso de la tierra que los agricultores hacen en el área. Se evaluó el sistema de siembra directa con labranza cero y el método tradicional, durante dos ciclos de cultivo, en los relevos maíz-maíz y maíz-ajonjolí.

6.1.1 Método tradicional: consiste en un paso de arado, 20 días antes de la siembra, y un paso de rastra antes de la siembra, la siembra se hizo en forma manual, tanto para el primero como para el segundo ciclo.

6.1.2 Siembra directa con labranza cero: se utilizó glifosato (Roundup max) en una dosis de 3 Kg por hectárea, antes de la siembra, para la eliminación de las malezas, posteriormente se abrió un surco, para depositar la semilla.

6.1.3 Rotación de cultivos: La primera secuencia de cultivo correspondió a la siembra de maíz de fuego, Mayo a Agosto; mientras que la segunda fue de Agosto a Noviembre.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados.

Número	TRATAMIENTO
1	Método de siembra tradicional Rotación de cultivos: maíz-maíz
2	Método de siembra tradicional Rotación de cultivos: maíz-ajonjolí
3	Método de siembra directo con labranza cero Rotación de cultivos: maíz-maíz
4	Método de siembra directo con labranza cero Rotación de cultivos: maíz-ajonjolí

## 6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en un terreno con pendiente de 5%. Se utilizó el diseño en bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas, correspondiendo las parcelas grandes el factor métodos de siembra y a las parcelas pequeñas, la secuencia de cultivos. Se contó con cuatro repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales, cada una con 105 metros cuadrados.

## 6.3 UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó como unidad experimental, parcelas con un ancho de 7 metros por 15 metros de largo, el cual estaba a favor de la pendiente. Las parcelas se circularon con madera de segunda (lepa), para evitar la penetración de escorrentia de las áreas aledañas.

Sistema colector de agua y sedimentos: Este sistema estaba constituido de los siguientes elementos:

- a) Canales colectores: consistió en una zanja construida en forma trapezoide, en la parte inferior de la parcela, que se recubrió con polietileno negro.
- b) Canales de evacuación: se utilizaron canales semicirculares de bambú, de 0.5 metros de largo.
- c) Recipientes colectores: se utilizaron dos toneles de plástico (200 litros c/u), por parcela, unidos por un tuvo de PVC.

#### 6.4 ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE LOS CULTIVOS

##### a) Cultivo del Maíz

- Preparación del terreno: se realizó con 20 días de anticipación, arando a 20 cm. de profundidad, seguido de un paso de rastra, para el sistema tradicional. Para el sistema de siembra directa, solo se aplicó el herbicida glifosato (Roundup max), en una dosis de 3 Kg/ha.
- Siembra: la siembra se hizo de forma manual, realizando la primera en el mes de Mayo y la segunda en el mes de Agosto, con distanciamiento de 0.8 m entre surcos y 0.4 entre plantas. La variedad usada fue H-5.
- Fertilización: la primera aplicación se hizo a los diez días después de la emergencia de las plantas, usando 50 Kg de urea y 50 Kg de TRIPLE 15 por hectárea. A los cuarenta días después se realizó una aplicación similar a la primera.

- Control de malezas: Se realizaron dos limpiezas en forma manual, la primera a los 20 días después de la siembra y la segunda 20 días después de la primera, para el sistema de siembra tradicional.
- Control de plagas: se realizaron 3 aplicaciones de insecticidas para el control de plagas del suelo y follaje como: gallina ciega (*Phyllophaga* sp), gusano alambre *Spodoptera exigua*, gusano cogollero (*Spodoptera forziperde*), gusano soldado (*Spodoptera* sp)
- Cosecha: se realizó a los 20 días después de la dobla, la cual se hizo al momento de la madurez fisiológica. La cosecha se hizo de forma manual.

#### b) Cultivo del Ajonjolí.

- Preparación del terreno: se realizó con 20 días de anticipación, se hizo en forma manual, para el sistema tradicional. Para el sistema de siembra directa, solo se aplicó el herbicida glifosato (Roundup max).
- Siembra: la siembra se hizo en forma manual, utilizando un surqueador de madera, haciendo surcos a una profundidad de 2 a 4 cm, la semilla fue depositada en el fondo del surco con ayuda de una botella perforada, haciendo posteriormente un raleo. La distancia entre surcos fue de 0.8 m. La variedad utilizada fue: Estrella
- Control de malezas: se realizó en forma manual, realizando la primera a los 20 días después de la germinación y la segunda a los 30 días después de la primera, para el sistema de siembra tradicional.
- Fertilización: se aplicaron 50 Kg de urea por hectárea, haciendo una aplicación en bandas.
- Control fitosanitario: únicamente se entresacaron las plantas enfermas, para evitar la propagación de las plagas y enfermedades.

- Cosecha: la cosecha comprendió las siguientes operaciones: corte y atado, secado y aporreo. La cosecha se hizo cuando las hojas de la parte baja de la planta tomaron un color amarillento. El secado de las plantas duró entre 10 y 15 días.

## 6.5 DATOS A TOMAR

- a) Esgurrimiento superficial: Se midió después de cada evento de lluvia, siempre y cuando llegara agua a los recipientes colectores. Se determinó el volumen en litros y posteriormente se obtuvo el equivalente en metros cúbicos por hectárea.
- b) Cantidad de suelo erosionado: después de evacuar el agua de los recipientes, se sacaron los sedimentos depositados en el fondo de estos y los sedimentos colectados en el fondo de los canales; se pesaron en húmedo y se tomó una muestra para determinar el peso en base seca por el método gravimétrico, secado al horno a 64°C por 24 horas, los datos fueron tomados en libras/105 metros cuadrados y luego se transformaron en Ton/ha.
- c) Rendimiento de maíz: El cultivo de maíz fue cosechado a los 110 días después de la siembra, tanto para la siembra de primera como para la de segunda. Se tomaron datos en Kg/parcela y posteriormente se transformaron en Kg/ha.
- d) Comportamiento agronómico de los cultivos: Se tomaron los siguientes datos: días a la madurez fisiológica del maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas, número de cápsulas de ajonjolí y número de semillas/cápsula, estos datos se tomaron durante el desarrollo y al final del ciclo de los cultivos.

## 6.6 VARIABLES RESPUESTA

Las variables respuesta medidas fueron:

- a) Cantidad de escurrimiento superficial en metros cúbicos por hectárea.

- b) Cantidad de suelo erosionado en toneladas métricas por hectárea.
- c) Rendimiento de maíz.
- d) Comportamiento agronómico de los cultivos: días a la madurez fisiológica del maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas, número de cápsulas de ajonjolí y número de semillas/cápsula.

## 6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 6.7.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Los datos de escurrimiento superficial y cantidad de suelo erosionado, fueron sometidos a un análisis de varianza (Andeva), con el modelo de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas, determinando que existía una diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que fue necesario realizar una prueba de comparación de medias, Tuckey.

A los datos de las variables: rendimiento de grano de maíz, días a la madurez fisiológica del maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas, número de cápsulas de ajonjolí y número de semillas/cápsula, se les realizó un Andeva, utilizando el modelo de bloques completos al azar.

### 6.7.2 MODELOS ESTADÍSTICOS

Se utilizaron dos modelos estadísticos, uno fue el modelo de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas, para las variables escurrimiento superficial y cantidad de suelo erosionado. ( 8 )

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \epsilon_{ij} + \delta_k + \alpha\delta_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = variable respuesta

- $\mu$  = valor de la media general  
 $\beta_i$  = efecto del i-ésimo bloque  
 $\alpha_j$  = efecto del j-ésimo método de siembra  
 $\epsilon_{ij}$  = error experimental asociado a la parcela grande  
 $\delta_k$  = efecto de la k-ésima secuencia de cultivo  
 $\alpha\delta_{jk}$  = efecto de la interacción entre el j-ésimo método de siembra y la k-ésima secuencia de cultivo.  
 $\epsilon_{ijk}$  = error experimental asociado a la parcela pequeña

El modelo de bloques completos al azar, para las variables del comportamiento agronómico de los cultivos:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \epsilon_{ij}$$

- $Y_{ij}$  = variable respuesta  
 $\mu$  = valor de la media general  
 $\beta_i$  = efecto del i-ésimo bloque  
 $\alpha_j$  = efecto del j-ésimo tratamiento  
 $\epsilon_{ij}$  = error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

### 6.7.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

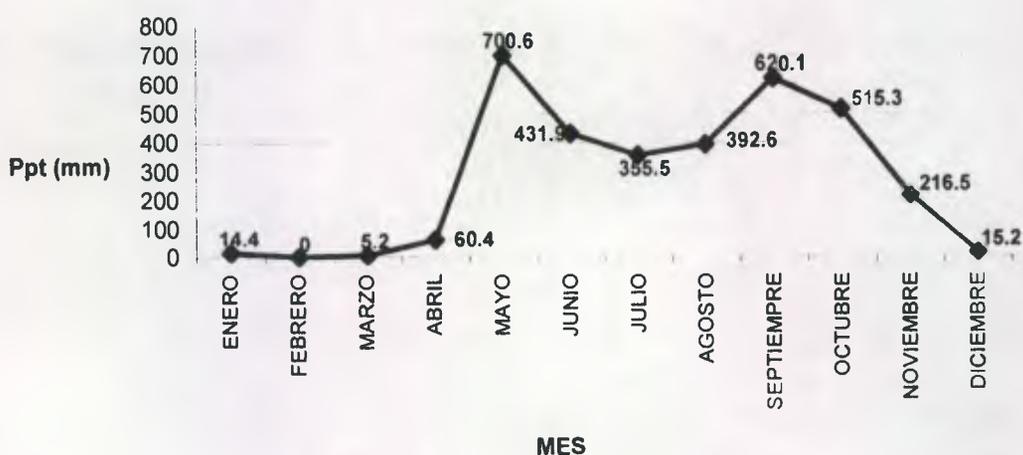
Se llevó un recuento de los costos de producción, posteriormente se calculó la rentabilidad, para cada sistema y para cada rotación de cultivos.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el experimento, se presentan a continuación:

### 7.1 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

En el experimento se tomaron datos de escurrimiento superficial en litros, en cada evento de lluvia, al final se sumaron y posteriormente se transformaron a  $m^3/ha$ . En la gráfica No. 1 se puede observar la precipitación pluvial total mensual del área experimental, la cual fue medida a través de un pluviómetro instalado en el sitio.



Grafica 1. Precipitación del año 2000 en mm. Finca Las Cruces, Retalhuleu

Al total de escurrimiento superficial se le realizó un análisis de varianza, utilizando el diseño experimental de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas.

Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre las rotación de cultivos de maíz-maíz y maíz-ajonjolí, ni entre la interacción entre el método de siembra y las rotaciones. Sí hubo diferencias significativas entre el método de siembra directo con labranza cero y el método tradicional.

Cuadro 3. Resumen de ANDEVA para escurrimiento superficial  $m^3/ha$ .

FUENTE DE VARIACION	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Método	288.18	0.0001 *
Rotación	0.60	0.4684 NS
Met/rotación	0.10	0.7634 NS

\* = Significativo

NS = No significativo al 5% de probabilidad

Se le realizó una prueba de medias a los datos de escurrimiento superficial en  $m^3/ha$ , para establecer el mejor tratamiento en lo referente a método de siembra, lo cual se muestra a continuación.

Cuadro 4. Prueba de medias Tuckey, para escurrimiento superficial en  $m^3/ha$ , de acuerdo al método de siembra.

METODO DE SIEMBRA	ESCORRENTIA ( $m^3/ha$ )	
Siembra directa	127.25	a
Siembra tradicional	236.15	b

En el cuadro 4, se observa la diferencia en cuanto a escurrimiento superficial en  $m^3/ha$ , de acuerdo al método de siembra, siendo la siembra tradicional la que muestra mayor escorrentia ( $236.15 m^3/ha$ ), comparado con la siembra directa ( $127.25 m^3/ha$ ), Gráfica No. 2.

El mayor escurrimiento superficial, se debe a que en el método tradicional, el suelo es desmenuzado, por las prácticas culturales como: arado, rastreado, surqueado; quedando el suelo desprotegido, siendo fácilmente arrastrado por la lluvia; mientras que en el método de labranza cero, el suelo no es desmenuzado, y las raíces de las malezas permanecen en el suelo, ejerciendo una protección contra la erosión hídrica.



Grafica 2. Escorrentia superficial en metros cúbicos/ha. Retalhuleu, año 2000.

## 7.2 SUELO EROSIONADO

La cantidad de suelo erosionado esta directamente relacionado con el escurrimiento superficial. El suelo erosionado se cuantificó al final de cada evento de lluvia, y al final del experimento se sumó, para hacerle el análisis de varianza.

El cuadro 5 muestra diferencias significativas, ( $< 0.05$ ), en cuanto al método de siembra, entre tradicional y labranza cero. No se encontraron diferencias significativas en la rotación de cultivos, ni en la interacción del método de siembra y la rotación de cultivos.

Cuadro 5. Resumen de ANDEVA para el suelo erosionado en ton/ha.

FUENTE DE VARIACION	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Método	61.44	0.0002 *
Rotación	0.59	0.4714 NS
Met/rotación	0.44	0.5302 NS

\* = Significativo

NS = No significativo al 5% de probabilidad

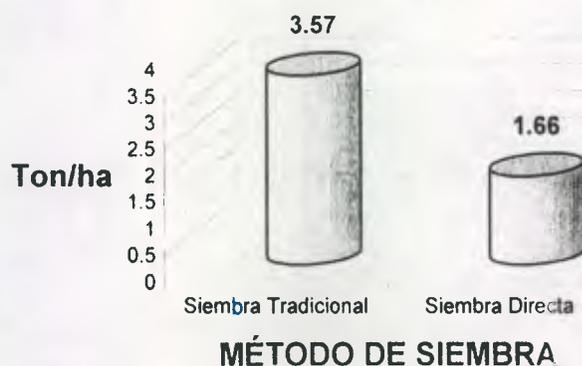
Se le realizó una prueba de medias a la cantidad de suelo erosionado en ton/ha, para establecer el mejor tratamiento en lo referente a método de siembra, lo cual se muestra a continuación.

Cuadro 6. Prueba de medias Tuckey, para la cantidad de suelo erosionado en Ton/ha, de acuerdo al método de siembra.

METODO DE SIEMBRA	SUELO EROSIONADO (Ton/ha)	
Siembra directa	1.66	a
Siembra tradicional	3.57	b

En el cuadro 6, se observa la diferencia en cuanto a suelo erosionado en ton/ha, de acuerdo al método de siembra, siendo la siembra tradicional la que muestra mayor cantidad (3.57 Ton/ha), comparado con la siembra directa (1.66 Ton/ha), Gráfica No. 3.

Nuevamente en esta variable, se muestra la diferencia entre los dos métodos de siembra, ya que en el método de labranza cero, el suelo permanece protegido por las raíces de las malezas, debido a que el herbicida aplicado, sólo afecta la parte aérea de la planta no deseada, dejando las raíces dentro del suelo.



Gráfica 3. Cantidad de suelo erosionado en Ton/ha. Retalhuleu, año 2000.

### 7.3 RENDIMIENTO DE MAIZ

Al rendimiento de maíz en Kg/ha, se le realizó un análisis de varianza, utilizando el modelo estadístico de bloques completos al azar, para poder integrar los datos de rendimiento de la primera y la segunda siembra de maíz.

Cuadro 7. Resumen de ANDEVA para el rendimiento de maíz en Kg/ha.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	5	9.3183	1.8636	1.26	0.3305 NS
Bloques	3	10.8216	3.6072		
Error	15	22.1583	1.4772		
Total	23	42.2383			

NS = No significativo al 5% de probabilidad.

De acuerdo con el Cuadro 7, no se encontraron diferencias significativas, en cuanto a rendimiento de maíz, tanto de la primera, como de la segunda siembra. Podemos decir que no hay diferencia entre sembrar el maíz con el método tradicional o con labranza cero, como tampoco si se siembra en el mes de Mayo o en el mes de Agosto.

#### 7.4 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LOS CULTIVOS

Del mismo modo que para el rendimiento de maíz, se integraron los datos de la primera y segunda siembra de maíz, para poder analizar las siguientes variables: madurez fisiológica del maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas. Para el ajonjolí, las variables que se analizaron fueron: número de cápsulas de ajonjolí y número de semillas/cápsula de ajonjolí.

Cuadro 8. Resumen de ANDEVA para las variables del comportamiento agronómico de los cultivos.

	VARIABLE	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE DE VARIACION	MEDIA GENERAL
1	Madurez fisiológica del maíz	2.58	0.0710 NS	1.39 %	91.13
2	(días)	0.75	0.6013 NS	1.72 %	1.7
3	Altura de plantas de maíz (m)	0.57	0.7251 NS	7.47 %	20.56
4	Longitud de mazorcas (cm)	0.81	0.5606 NS	5.75 %	5.31
5	Diámetro de mazorcas (cm)	0.54	0.5161 NS	6.53 %	66.38
6	No. de cápsulas de ajonjolí	0.76	0.4481 NS	9.17 %	88.5
	No. se semillas/cápsula				

NS = No significativo al 5% de probabilidad.

No se encontraron diferencias significativas ( $< 0.05$ ), para los días a la madurez fisiológica del maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas, número de cápsulas de ajonjolí y número de semillas/cápsula de ajonjolí. Estadísticamente las variables anteriores fueron iguales, tanto en el método de siembra tradicional como en la labranza cero.

## 7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se llevó un recuento de los costos de producción de ambos sistemas y de la rotación de cultivos, para calcular la rentabilidad. Los resultados se muestran a continuación.

Cuadro 9. Rentabilidad de los tratamientos

METODO	CULTIVO			RENTABILIDAD
	MAIZ (primera)	MAIZ (segunda)	AJONJOLI	TOTAL
Tradicional	16.36 %	16.36 %		32.72 %
Tradicional	16.36 %		41.67 %	58.03 %
Directo	19.86 %	19.86 %		39.72 %
Directo	19.86 %		40.48 %	60.34 %

Puede observarse en el cuadro 9, que la rentabilidad se incrementó con el cultivo de ajonjolí (41.67% para el método tradicional y 40.48% para el método directo), mientras que el maíz tiene mayor rentabilidad con el método directo.

La rentabilidad más alta fue la del método de siembra directa con labranza cero, con la rotación de cultivo de maíz en la primera siembra y ajonjolí en la segunda, con un valor de 60.34%. La rentabilidad más baja se obtuvo con el método de siembra tradicional y la rotación maíz – maíz (32.72%), Gráfica No. 4.



Gráfica 4. Rendimiento de maíz en Kg/ha.  
Retalhuleu, año 2000.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 8.1 Con base a los análisis de varianza practicados no se encontraron diferencias significativas en la rotación maíz-maíz y maíz-ajonjolí, pero se encontraron diferencias entre el método tradicional de siembra y el método directo con labranza cero, principalmente en las variables escurrimiento superficial y cantidad de suelo erosionado.
- 8.2 En el método de siembra directa la cantidad de escurrimiento superficial fue de 127.25 m<sup>3</sup>/ha y 1.66 Ton/ha de suelo erosionado, mientras que en el método de siembra tradicional, el escurrimiento superficial fue de 236.15 m<sup>3</sup>/ha y 3.57 Ton/ha de suelo erosionado, lo que evidencia la protección del suelo proporcionado por el método de siembra directa.

- 8.3 Las variables estudiadas: madurez fisiológica del maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas, número de cápsulas de ajonjolí y número de semillas/cápsula de ajonjolí, bajo los métodos de siembra directo y tradicional, fueron estadísticamente iguales. Probablemente la evaluación de estas variables necesita un tiempo mayor (más de tres años), para concluir en definitiva si existe efectos o no.
- 8.4 El tratamiento más rentable fue el método de siembra directa con labranza cero y la rotación de maíz-ajonjolí, con una rentabilidad de 60.34%, debido a que la rentabilidad del cultivo del ajonjolí es mucho mayor que la del cultivo de maíz.
- 8.5 Se recomienda realizar estudios para la validación del sistema de siembra directa con labranza cero durante varios años, para evaluar el efecto de la erosión sobre los rendimientos, en el largo plazo.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ACEVEDO, N. 1990. Evaluación de cuatro sistemas de labranza en ajonjolí (*Sesamun indicum* L.), en la comunidad agraria Montecristo, Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 89 p.
2. ASOCIACION DE PRODUCTORES PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE. 1996. Siembra directa. Agricultura Sostenible. (Par.) no.8:26-32
3. CALEGARI, A. 1997. Siembra directa. In: Seminario Agricultura Sostenible (1,1997, Guatemala, Gua.). Memoria. Guatemala, MAGA. p. 10-22
4. CIFUENTES, P. 1989. Caracterización del sistema de producción agropecuario a nivel de parcela en Nueva Concepción, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 130 p.
5. COOPERATIVA DE CAFECULTORES Y AGROPECUARISTAS DE MARINGA. 1992. Plantío directo o ratacao de culturas. Paraná, Brasil, Zéneca Agrícola. 65 p.
6. DELGADO, F. 1987. Prácticas agronómicas de conservación de suelos. Mérida, Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos "Ezequiel Zamora". Serie Suelos y Clima SC-63. 69 p.
7. DERPSCH, R. 1995. Efectos de la preparación del suelo en la sustentabilidad de la producción agrícola; experiencias del Mercosur. Paraguay, GTZ. 23 p.
8. LITTLE, T. 1981. Diseños experimentales. México D.F., México, Trillas. 270 p.
9. PARAGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1995. Proyecto conservación de suelos. Paraguay, GTZ. Boletín Informativo no.48. p. 1-5
10. PUIGNAU, J. 1995. Avances en siembra directa. Montevideo, Uruguay, I.I.C.A. 208 p.
11. ZALDAÑA RIOS, J.J. 1989. Evaluación de cuatro sistemas de labranza en maíz (*Zea mays*), en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 51 p.



**10. APÉNDICE**

Gráfica 1 A. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.

DIRECTO MAIZ MAIZ	TRADICIONAL MAIZ AJONJOLI	TRADICIONAL MAIZ AJONJOLI	DIRECTO MAIZ AJONJOLI	TRADICIONAL MAIZ MAIZ	DIRECTO MAIZ MAIZ	DIRECTO MAIZ MAIZ	TRADICIONAL MAIZ AJONJOLI
DIRECTO MAIZ AJONJOLI	TRADICIONAL MAIZ MAIZ	TRADICIONAL MAIZ MAIZ	DIRECTO MAIZ MAIZ	TRADICIONAL MAIZ AJONJOLI	DIRECTO MAIZ AJONJOLI	DIRECTO MAIZ AJONJOLI	TRADICIONAL MAIZ MAIZ

Bloque I

Bloque II

Bloque III

Bloque IV

## Parcelas grandes:

DIRECTO: método de siembra directa con labranza cero.

TRADICIONAL: método de siembra tradicional.

## Parcelas pequeñas:

MAÍZ – MAIZ: Rotación de cultivos maíz – maíz.

MAIZ – AJONJOLÍ: Rotación de cultivos maíz – ajonjolí.

Cuadro 1 A. Precipitación total mensual del año 2,000. Finca Las Cruces, Retalhuleu.

MES	PRECIPITACION (mm)
Enero	14.4
Febrero	0
Marzo	5.2
Abril	60.4
Mayo	700.6
Junio	431.9
Julio	355.5
Agosto	392.6
Septiembre	620.1
Octubre	515.3
Noviembre	216.5
Diciembre	15.2

Cuadro 2 A. Análisis de varianza para el escurrimiento superficial en m<sup>3</sup>/ha

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Bloque	3	290.34	96.78	0.59	0.6463 NS
Método	1	47633.06	47633.06	288.18	0.0001 *
Rotación	1	99.00	99.00	0.60	0.4684 NS
Met/rotación	1	16.40	16.40	0.10	0.7634 NS
Bloque/m	3	557.24	185.74	1.12	0.4112 NS

\* = Significativo

NS = No significativo

Cuadro 3 A. Análisis de varianza para el suelo erosionado en Ton/ha

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Bloque	3	1.25	0.41	1.75	0.2557 NS
Método	1	14.63	14.63	61.44	0.0002 *
Rotación	1	0.14	0.14	0.59	0.4714 NS
Met/rotación	1	0.10	0.10	0.44	0.5302 NS
Bloque/m	3	0.64	0.21	0.91	0.4918 NS

\* = Significativo

NS = No significativo

Cuadro 4 A. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica del maíz.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	5	20.8750	4.1750	2.58	0.0710 NS
Bloques	3	5.4583	1.8194		
Error	15	24.2916	1.6194		
Total	23	50.6250			

NS = No significativo

Cuadro 5 A. Andeva para la altura de plantas de maíz en centímetros.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	5	0.0032	0.0006	0.75	0.6013 NS
Bloques	3	0.0083	0.0027		
Error	15	0.0128	0.0008		
Total	23	0.0244			

NS = No significativo

Cuadro 6 A. Análisis de varianza para longitud de mazorcas de maíz en centímetros.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	5	6.6733	1.3346	0.57	0.7251 NS
Bloques	3	3.6283	1.2094		
Error	15	35.3966	2.3597		
Total	23	45.6983			

NS = No significativo

Cuadro 7 A. Análisis de varianza para diametro de mazorcas de maíz en centímetros.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	5	0.3783	0.0756	0.81	0.5605 NS
Bloques	3	0.8983	0.2994		
Error	15	1.4016	0.0934		
Total	23	2.6783			

NS = No significativo

Cuadro 8 A. Análisis de varianza para número de cápsulas de ajonjolí.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	1	10.1250	10.1250	0.54	0.5161 NS
Bloques	3	843.3750	281.1250		
Error	3	56.3750	18.7916		
Total	7	909.8750			

NS = No significativo

Cuadro 9 A. Análisis de varianza para número de semillas/cápsula de ajonjolí.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	1	50.0000	50.0000	0.76	0.4481 NS
Bloques	3	118.0000	39.3333		
Error	3	198.0000	66.0000		
Total	7	366.0000			

NS = No significativo

Cuadro 10 A. Costo de producción/ha de maíz.  
Método de siembra tradicional. Finca las Cruces, Retalhuleu.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
I. COSTOS					
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Arrendamiento terreno	Quetzales				800.00
1.2 Preparación terreno	Quetzales				250.00
1.3 Siembra	Jornal	5	20.00	100.00	
1.4 Labores culturales					
1.4.1 Fertilización	Jornal	5	20.00	100.00	
1.4.2 Limpias y aporqué	Jornal	20	20.00	400.00	
1.4.3 Aplicación pesticidas	Jornal	4	20.00	80.00	
1.5 Cosecha					
1.5.1 Dobla y tapisca	Jornal	5	20.00	100.00	
1.5.2 Desgrane	Quetzales				360.00
1.6 Insumos					
1.6.1 Semilla	Libra	30	3.00	90.00	
1.6.2 Fertilizantes	qq	4	50.00	200.00	
1.6.3 Pesticidas	Litros	2	15.00	30.00	
SUB-TOTAL					2510.00
2. COSTOS INDIRECTOS					
2.1 Administración (10%)					251.00
2.2 Imprevistos (10%)					251.00
2.3 Intereses (15%)					376.50
SUB-TOTAL					878.50
TOTAL COSTOS					3388.50
II. INGRESO BRUTO					
Venta del producto					3943.00
III. INGRESO NETO					554.5
IV. RENTABILIDAD					16.36 %

Cuadro 11 A. Costo de producción/ha de maíz.  
Método de siembra directa con labranza cero. Finca las Cruces, Retalhuleu

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
I. COSTOS					
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Arrendamiento terreno	Quetzales				800.00
1.2 Siembra	Jornal	5	20.00	100.00	
1.3 Labores culturales					
1.3.1 Fertilización	Jornal	5	20.00	100.00	
1.3.2 Aplicación pesticidas	Jornal	10	20.00	200.00	
1.4 Cosecha					
1.4.1 Dobra y tapisca	Jornal	5	20.00	100.00	
1.4.2 Desgrane	Quetzales				360.00
1.5 Insumos					
1.5.1 Semilla	Libra	30	3.00	90.00	
1.5.2 Fertilizantes	qq	4	50.00	200.00	
1.5.3 Pesticidas	Litros	2	15.00	30.00	
1.5.4 Herbicida	Kilogramos	3	154.00	462.00	
SUB-TOTAL					2442.00
2. COSTOS INDIRECTOS					
2.1 Administración (10%)					244.20
2.2 Imprevistos (10%)					244.20
2.3 Intereses (15%)					366.30
SUB-TOTAL					854.70
TOTAL COSTOS					3296.70
II. INGRESO BRUTO					
Venta del producto					3951.50
III. INGRESO NETO					654.80
IV. RENTABILIDAD					19.86 %

Cuadro 12 A. Costo de producción/ha de ajonjolí.  
Método de siembra tradicional. Finca las Cruces, Retalhuleu

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
I. COSTOS					
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Arrendamiento terreno	Quetzales				800.00
1.2 Preparación terreno	Jornal	10	20.00	200.00	
1.3 Siembra	Jornal	5	20.00	100.00	
1.4 Labores culturales					
1.4.1 Fertilización	Jornal	3	20.00	60.00	
1.4.2 Limpias	Jornal	10	20.00	200.00	
1.5 Cosecha					
1.5.1 Corte y atado	Jornal	5	20.00	100.00	
1.5.2 Aporreo	Quetzales				420.00
1.6 Insumos					
1.6.1 Semilla	Libra	11	3.00	33.00	
1.6.2 Fertilizantes	qq	2	50.00	100.00	
SUB-TOTAL					2013.00
2. COSTOS INDIRECTOS					
2.1 Administración (10%)					201.30
2.2 Imprevistos (10%)					201.30
2.3 Intereses (15%)					301.95
SUB-TOTAL					704.55
TOTAL COSTOS					2717.55
II. INGRESO BRUTO					
Venta del producto	qq	14	275.00		3850.00
III. INGRESO NETO					1132.45
IV. RENTABILIDAD					41.67 %

Cuadro 13 A. Costo de producción/ha de ajonjolí.  
Método de siembra directa con labranza cero. Finca las Cruces, Retalhuleu

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
I. COSTOS					
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Arrendamiento terreno	Quetzales				800.00
1.2 Siembra	Jornal	5	20.00	100.00	
1.3 Labores culturales					
1.3.1 Fertilización	Jornal	3	20.00	60.00	
1.3.2 Aplicación herbicida	Jornal	5	20.00	100.00	
1.4 Cosecha					
1.4.1 Corte y atado	Jornal	5	20.00	100.00	
1.4.2 Aporreo	Quetzales				420.00
1.5 Insumos					
1.5.1 Semilla	Libra	11	3.00	33.00	
1.5.2 Fertilizantes	qq	2	50.00	100.00	
1.5.1 Herbicida	Kilogramos	3	154.00	462.00	
					2175.00
SUB-TOTAL					
2. COSTOS INDIRECTOS					
2.1 Administración (10%)					217.50
2.2 Imprevistos (10%)					217.50
2.3 Intereses (15%)					326.25
SUB-TOTAL					761.25
TOTAL COSTOS					2936.25
II. INGRESO BRUTO					
Venta del producto	qq	15	275.00		4125.00
III. INGRESO NETO					1188.75
IV. RENTABILIDAD					40.48 %



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL METODO DE SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA CERO Y EL METODO TRADICIONAL, EN LA ROTACION DEL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.) AJONJOLI (Sesamun indicum L.) EN LA FINCA LAS CRUCES, RETALHULEU".

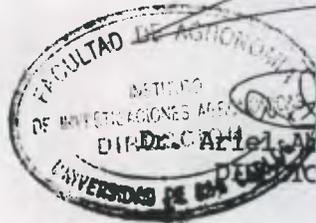
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: RAUL ARMANDO CRUZ VALDEZ

CARNET No: 8516740

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Luis Fernando Morán Palma  
Ing. Agr. Edgar Eduardo Pretzanzin  
Ing. Agr. Eddi Alejandro Vanegas Chacón  
Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez

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. Francisco Javier Vásquez Vásquez ASESOR  
Ing. Agr. M.Sc. Manuel de Jesús Martínez O. ASESOR



Ing. Agr. Ariel Alderramán Ortiz López  
DIRECTOR DEL IIA.

I M P R I M A S E



Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
DECANO

cc: Control Académico  
IIA.  
Archivo  
AO/prr.

APARTADO POSTAL 1515 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TEL/FAX (502) 476-9794

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