

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos para satisfacer las necesidades crecientes de la población lleva a un uso irracional de los suelos y de los recursos naturales en general; el monocultivismo y la intensiva preparación del suelo son factores responsables en la destrucción del mismo, debido a que de estos factores la erosión es el principal factor limitante para la producción agrícola (9). Las tierras destinadas para cultivos sufren a través del tiempo desgastes químicos y físicos, que modifican su fertilidad y estructura debido a que la excesiva labranza promueve la erosión de éstos, a través del arrastre de partículas por el agua y el aire, aumentando su degradación (9).

La utilización de siembra directa con labranza mínima es un método de conservación de los suelos, en el que la semilla se deposita directamente sobre el suelo sin tener que prepararlo mecánicamente. En el presente trabajo, el método de labranza se evaluó por medio de unidades experimentales comprendidas por parcelas de esorrentía con un área de 455 m<sup>2</sup>. Los resultados obtenidos con este método se evaluaron comparándolo con el método de siembra tradicional con unidades experimentales de la misma área. Cuando se utiliza labranza mínima los residuos del cultivo anterior permanecen en la superficie del suelo, esto permite mejorar las características físicas y químicas del suelo ya que se siembra directamente sobre los residuos de cosechas. Al utilizar labranza de conservación se está incorporando materia orgánica, por lo que se mejora la disponibilidad de nutrientes, conserva la humedad, aumenta la actividad microbiana y reduce las pérdidas por escurrimiento superficial y erosión.

La incorporación de los restos vegetales a los suelos favoreció la emergencia de plantas que son de competencia para el cultivo de maíz, por lo que se realizó un control de las malezas antes de la siembra para el tratamiento del método de siembra directa con labranza mínima, por medio de la aplicación de glifosato, que es un herbicida sistémico, postemergente, no selectivo que controla muchas gramíneas y malezas de hoja ancha. La utilización del herbicida permitió que se interrumpiera el ciclo fisiológico de la maleza y éstas pasaron a formar parte de la labranza de conservación, ya que nutren el suelo donde se desarrolla el cultivo. Al no prepararse el suelo mecánicamente, la siembra de la semilla se realizó mediante la utilización de labranza mínima, por medio de la sembradora Semeato que está diseñada para sembrar sobre rastrojos, esta maquina posee discos que penetran sobre los rastrojos que están sobre la superficie del suelo y los cortan depositando la semilla uniformemente.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El establecimiento de cultivos por los agricultores a través del tiempo tiene un efecto degradante en la calidad productiva del suelo debido a un sobreuso de éstos, llegando a causar pérdidas de nutrientes, disminución de microorganismos, aumento de la escorrentía superficial y erosión. Al degradarse la productividad de los suelos, el agricultor tiene que aplicar enmiendas de encalado, materia orgánica y subsolado; por el uso excesivo de maquinaria pesada. Las enmiendas anteriores causan un incremento de los costos de producción, provocando menores ingresos económicos a los agricultores.

Debido a la escasez de suelo productivo se da el avance de la frontera agrícola que ha provocado que se tengan que utilizar tierras que no son aptas para el cultivo y eliminar áreas de vocación forestal, que a través del tiempo por el uso excesivo de mecanización se convierte en una agricultura no sostenible, debido a las pérdidas provocadas por la erosión y por el desconocimiento de técnicas de conservación de suelos.

El problema de la pérdida de fertilidad de los suelos no se da solamente por el avance de la frontera agrícola, sino se ha dado por el uso de maquinaria pesada, arados y rastras que provocan la destrucción de los suelos, causando daño en la estructura, erosión, pérdida de la fertilidad, compactación, disminución de la infiltración del agua y arrastre de partículas hacia fuentes de agua.

La siembra directa con labranza mínima es un método alternativo de labranza que permitió compararlo con el método de siembra tradicional, para generar información que contribuya a

la protección de las características químicas y físicas de los suelos a través del tiempo, así como para poder obtener una mayor rentabilidad del cultivo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 EROSIÓN**

Suárez (30), indica que es la remoción de materiales del suelo por la acción del agua corriente superficial, el viento o por otros agentes geológicos incluyendo procesos como deslizamientos gravitacionales.

La erosión actúa con forme al área del terreno y el grado de la pendiente, el agua de lluvia ejerce su acción erosiva sobre el suelo mediante el impacto de las gotas, las cuales caen con velocidad y energía variables según sea su diámetro y mediante la escorrentía (30).

##### **3.1.2 EROSIÓN HIDRICA**

Toda remoción de suelo exige la presencia de agua sobre el terreno, cuya única fuente es la lluvia. De su cantidad, intensidad y distribución depende el flujo que se desliza en capa uniforme llevando en suspensión las sustancias minerales. La erosión hídrica se da por medio de la escorrentía que arrastra a su paso partículas de suelo en cantidad variable, según sea su volumen y velocidad (30).

##### **3.1.3 ETAPAS DEL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA**

El proceso de erosión hídrica se realiza en tres etapas.

### 3.1.3.1 Desprendimiento

Es la separación o liberación de las partículas del suelo por el impacto de las gotas de lluvia en la superficie terrestre, esta fase se verá propiciada si la cubierta vegetal es escasa. En cuestión de suelos también se ha de considerar el tamaño de la partícula y la textura, puesto que suelos arenosos son más susceptibles al desprendimiento que los suelos arcillosos (30).

### 3.1.3.2 Arrastre

Es el proceso por el cual las partículas y/o agregados del suelo se mueven a través de la pendiente. Se expresa en unidades de peso por unidad de distancia (kg./m). El arrastre se da como consecuencia del escurrimiento superficial del agua de lluvia que por efecto de la topografía, textura del suelo, cantidad, intensidad y distribución de la lluvia; determinará los volúmenes del mismo escurrimiento y por lo tanto de las pérdidas del suelo (30).

### 3.1.3.3 Deposición

Proceso por el cual los materiales de suelo transportados son depositados al disminuir la capacidad de transporte del flujo del agua, y como consecuencia los materiales se hunden. Esto ocurre cuando se da un cambio en la pendiente del terreno o existe algún obstáculo que disminuya la velocidad de la corriente (30).

El proceso de desprendimiento así como el de arrastre de las partículas del suelo involucra pérdida de nutrientes, cambios en propiedades físicas del suelo, disminución de la capacidad de infiltración y retención de la humedad, además de asolvamiento de las partes bajas y áreas de almacenamiento de agua (30).

### 3.1.3.4 Factores determinantes de la erosión y la escorrentía

Existen cuatro factores que determinan la erosión y la escorrentía; el clima, la topografía, la vegetación o cobertura vegetal, el suelo y sus características físicas y químicas.

#### 3.1.3.4.1 El Clima

Morales (20) indica que existen cuatro factores dentro del clima que intervienen en los procesos erosivos: La lluvia, el viento, la temperatura y la radiación solar. Dentro de estos factores el factor climático con mayor grado de acción en los procesos erosivos lo constituyen las lluvias.

#### 3.1.3.4.2 La Topografía

Para Pérez (27), el agua se mueve en sentido de la pendiente, la topografía es un factor muy importante en la determinación de la magnitud y la velocidad del flujo de escorrentía y por ende ejerce un papel importante en la erosión. Suárez (30), estableció que el tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que esta fluya, lo cual es una resultante directa de la longitud y el grado de la pendiente.

a) Grado de la pendiente: El Centro Técnico Forestal Tropical de Francia (10), determinaron que la erosión crece rápidamente con relación al grado de la pendiente del terreno y se observa un aumento considerable de las pérdidas del suelo por débil que sea el crecimiento de la misma.

b) Longitud de la pendiente: El efecto de la longitud de la pendiente va a variar dependiendo del tipo de suelo. Donde los suelos tienen buena permeabilidad, las pendientes de mayor

longitud van a producir menor escorrentía que pendientes cortas.

#### 3.1.3.4.3 La cobertura Vegetal

La cobertura desempeña el papel de resistencia en el proceso de erosión, lo que representa el factor de mayor importancia. Toda planta ejerce un efecto de protección al suelo en contra de los procesos erosivos. El Centro Técnico Forestal Tropical de Francia (10), indica que la vegetación juega un papel importante y significativo en el control de la erosión, ya que la vegetación intercepta las gotas de lluvia, disminuye el volumen y la velocidad de la escorrentía. La cobertura ejerce acción a través de la protección directa contra el impacto de las gotas al disparar la energía cinética con que la gota de lluvia llega al suelo, intercepción del volumen de agua que llega al suelo, amarre de masa de suelo, aumento de la porosidad del suelo.

#### 3.1.3.4.4 Suelos

Suárez (30), estableció que las condiciones físicas y químicas del suelo al impartirles mayor o menor resistencia a la acción de las aguas, tipifican y singularizan el comportamiento de cada suelo expuesto a condiciones similares de pendientes, lluvia y cobertura vegetal.

Baver *et al.*, citados por López (18), indican que los efectos de las propiedades del suelo sobre la erosión hídrica se manifiestan de dos formas:

a) Aquellas propiedades que determinan la habilidad del suelo para permitir la penetración de la lluvia la cual depende de: La condición de la superficie del suelo representada por su rugosidad, el contenido de la humedad del suelo al momento de ocurrir la lluvia, la

permeabilidad del suelo.

b) Por las propiedades que imparten al suelo resistencia a la dispersión, entre las cuales se encuentra la estructura, la textura, la mineralogía de las arcillas, el contenido de materia orgánica, los agentes cementales, etc. La profundidad del suelo es un factor importante en la susceptibilidad a la erosión, no solamente el arrastre de cierta cantidad de suelo es una consecuencia, también lo es la “Erosión de la fertilidad”, que consiste en la influencia que ejerce la escorrentía sobre los elementos que constituyen el suelo en una forma selectiva, manifestándose como una modificación de las características físicas y químicas del suelo.

#### 3.1.3.4.5 Factores Socioeconómicos

Suárez (30) indica que existen diversas circunstancias como; distribución de la población y los terrenos agrícolas, la estabilidad de los precios de los productos agrícolas, el grado de educación del agricultor, las vías de comunicación, etc. que explican el uso y manejo inadecuado del suelo y como consecuencia la magnitud y características de la erosión en la región.

#### 3.1.3.4.6 El Hombre

Suárez (30) indica que los factores mencionados anteriormente, favorecen e incrementan la erosión en los suelos agrícolas. Sin embargo, el problema social y económico es un factor determinante en la erosión de los suelos, puede afirmarse que el hombre es el principal factor al alterar las condiciones ecológicas del lugar ya sea por necesidad, por ignorancia o por aplicar técnicas inadecuadas en el uso de los recursos naturales, el hombre extrae del suelo directa o indirectamente, todos los alimentos que consume. Comentarios sobre reforma

agraria citados por Suárez (30), indican que la meta de la conservación no es la de proteger los recursos naturales como un fin en sí mismo, sino la de asegurar la mejor utilización de ellos de manera que se usen sin destrozos.

#### 3.1.3.5 Formas de erosión hídrica

Se conocen varias formas de erosión hídrica (30):

- a) Erosión por salpicadura: Que ocurre cuando chocan las gotas de lluvia contra el suelo.
- b) Erosión laminar: Consiste en la remoción de capas delgadas y más o menos uniformes del suelo, sobre toda un área.
- c) Erosión en surcos: Se da cuando por pequeñas irregularidades en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos puntos o sitios, hasta adquirir volumen y velocidad suficiente para hacer cortes y formar canalícuas en el terreno.
- d) Erosión en zanjones o cárcavas: Se presenta generalmente cuando hay una gran concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno permitiendo que año tras año, vaya ampliándose los surcos formados por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad (30).

#### 3.1.3.6 Medición de las pérdidas de suelo por la erosión

Para cuantificar las pérdidas de suelo por erosión hídrica existen diferentes métodos entre los cuales se encuentran (4):

- a) Método de clavos y rondanas: Para cuantificar las pérdidas de suelo que son provocadas por el agua o el viento, de una forma más confiable, pero así mismo requiere del empleo de más recursos para su implementación y establecimiento que van a depender del motivo de

estudio o bien de las características implícitas dentro del área de estudio, se colocan los clavos y rondanas perpendiculares a la pendiente con distancias de 10 metros entre cada uno, se ubican después de un período por efecto de la erosión y se miden las variaciones (4).

b) Método de las corcholatas: Se utiliza para la medición de la erosión laminar, la cual puede ser provocada por el agua o el viento, se colocan corcholatas (tapas de) de botellas con el lado interior hacia el suelo, en el área donde se desea cuantificar la erosión, se colocan 16 ó 25 corcholatas por hectárea, dispuestas en cuadrícula con equidistancias de 25 ó 20 metros, respectivamente por lado (4).

c) Lotes de escurrimiento o Parcelas de escorrentía: Las parcelas de escorrentía constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica. A continuación se mencionan los pasos que consta esta metodología (4):

- i. Se selecciona un área representativa de las condiciones donde se desea estimar la pérdida de suelo por erosión.
- ii. se ubican lotes o parcelas de escurrimiento a lo largo de la pendiente principal del terreno y se confinan mediante laminas de metal, asbesto, cemento o madera. Debe procurarse que queden enterrados y salgan de la superficie del terreno de 25 a 30 cm.
- iii. En la parte baja se ubica un tanque graduado en litros con capacidad tal que se permita captar los escurrimientos máximos generados.
- iv. después de cada día de lluvia se observa el volumen de escurrimiento captado en el tanque graduado y se toma una muestra de un litro.
- v. Se filtra la muestra y se determina el peso de los sedimentos que acarreoó este se

multiplica por el volumen escurrido y se obtiene la cantidad total de suelo perdido por erosión.

### **3.1.4 SUSTENTABILIDAD**

Calegari (3) describe que 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 observadas 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 sustentabilidad de los sistemas.”

Según Senholm y Waggoner, citados por Derpsch (8), el término sustentable 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 plaguicidas, 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” se define como “siendo para siempre”, o “sea ambientes agrícolas que estén diseñados a promover una regeneración perpétua”.

Derpsch (8) describe los siguientes aspectos 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 no es sustentable en los trópicos y subtrópicos 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 (8).

### **3.1.5 RAZONES DE USO DE LABRANZA CONVENCIONAL**

Se define a 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. La labranza de un suelo se realiza para cumplir con los siguientes objetivos

(7):

- 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 (7).

### **3.1.6 LABRANZA CONSERVACIONISTA**

Delgado (7) 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. Existen varios tipos de labranza conservacionista, entre ellos están:

### 3.1.6.1 Labranza de 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 el suelo superficial con una cultivadora grande o con el azadón rotativo para producir roturación. Solo se realiza una ligera remoción muy superficial del mantillo del suelo, quedando 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 malezas se realiza con productos químicos. Es también llamada no labranza (7).

### 3.1.6.2 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 de lluvia controlando principalmente las malezas. Esta humedad residual que se conserva, permite mantener el suelo en condiciones de trabajo 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 (7).

### **3.1.7 LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

A través de los siglos, la agricultura, siempre en evolución, ha experimentado varios sistemas de labranza con un objetivo inamovible muy preciso: la obtención de mayores rendimientos. Con la revolución industrial y el mejoramiento de los equipos de labranza, el trabajo en el campo se tornó más fácil y desde entonces, los caballos de fuerza disponibles sustentaron, casi en exclusiva, el éxito agrícola (1). Esto generó una confusión entre mecanización y tecnificación. En los últimos años el incremento en los costos de la maquinaria, su mantenimiento y los combustibles inherentes, los cambiantes e inciertos precios de las cosechas en los competidos mercados internacionales, los problemas de la erosión del suelo cultivable y una conciencia ecológica más decidida y racional han iniciado un proceso de transformación en nuestra manera de pensar y trabajar el campo. La labranza de conservación es el principio del retorno al origen de nuestra tierra y del respeto por el futuro, tiene como fundamento sembrar directamente sobre los residuos de la cosecha anterior, sin tener que preparar el suelo mecánicamente (25). Es la base para incrementar la productividad y reducir costos, conservar la tierra cultivable y alcanzar una agricultura sostenible, multiplicando así, el valor de la tierra que se comparte (1). La labranza de conservación presenta dos objetivos:

### 3.1.7.1 Reducción integral de costos

Para los productores agrícolas, el concepto más interesante de labranza de conservación es la reducción integral de costos:

- A. Ahorro de capital en cantidad de maquinaria: debido al requerimiento de menos equipo de labranza, la inversión en maquinaria se reduce significativamente.
- B. Ahorro de capital en reposición de maquinaria: favorece un menor desgaste en los equipos al disminuir su uso.
- C. Ahorro de combustible: al reducirse el número de pasos de labranza se logra un importante ahorro en combustible.
- D. Ahorro de mano de obra: se requieren menos jornales para el riego y menos operadores de maquinaria.
- E. Ahorro de tiempo: la labranza de conservación permite sembrar un nuevo cultivo inmediatamente después de la cosecha del cultivo anterior, lo que se traduce en mejores rendimientos al aprovechar las fechas óptimas para la siembra. La labranza de conservación aporta a la tierra y al cultivo beneficios adicionales importantes; conserva la humedad en el suelo, incrementa la actividad microbiana y consecuentemente la fertilidad del suelo, mantiene uniformidad de la temperatura en el suelo, aumenta la disponibilidad de nutrientes en la zona radicular y genera más plusvalía y valor a la tierra (1).

### 3.1.7.2 Valor a la tierra

La labranza de conservación es un sistema de cultivo con tres principios esenciales (1):

- A. Dejar sobre la superficie del suelo, cuando menos, 30 % de residuos del cultivo anterior con el propósito de mejorar la fertilidad del suelo y minimizar la erosión causada por el agua y el viento.
- B. Sembrar la semilla con el equipo especializado de labranza de conservación sin necesidad de mover la tierra en toda su extensión.
- C. Producir eficientemente a costos significativamente menores.

### **3.1.8 SIEMBRA DIRECTA**

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 las malezas son controladas mediante el uso de herbicidas y/o abonos verdes.

Este sistema ha sido adoptado en aproximadamente 1.800.000 hectáreas en Argentina, 3 millones de hectáreas en Brasil y en más de 15 millones de hectáreas en los Estados Unidos, con un ritmo creciente de adopción en Paraguay y a nivel mundial (1).

### **3.1.9 VENTAJAS DE LA SIEMBRA DIRECTA**

Según la Asociación de productores para una agricultura sustentable (APASCU) (2).

- a) Detiene la erosión y la pérdida de suelo, debido a la cobertura del rastrojo sobre 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.

### **3.1.10 DESVENTAJAS DE LA SIEMBRA DIRECTA**

La Asociación de productores para una agricultura sustentable (APASCU) (2), señala que:

- a) Los cultivos son más susceptibles a las enfermedades. La solución es el uso de la rotación de cultivos.

b) Tecnología más compleja que requiere mejor administración. La solución es la capacitación de agricultores, técnicos y ejecutores.

### **3.1.11 REQUISITOS PARA INICIAR LA SIEMBRA DIRECTA**

La Asociación de productores para una agricultura sustentable (APASCU) (2) indica al iniciar la siembra directa, 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 enmiendas, por ejemplo la incorporación de cal.

c) 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 residuos.

d) Iniciar la siembra directa en forma escalonada.

e) Utilizar la rotación de cultivos, con la inclusión de maíz y abonos verdes.

### **3.1.12 ROTACIÓN DE CULTIVOS**

Delgado (7), define esta práctica 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 un 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 (7). Algunos principios 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 posibilidades de mercado en la zona, que permita incrementar los ingresos totales de la unidad de producción.

### 3.1.13 LABRANZA MÍNIMA

Labranza mínima significa, por definición, interferir lo menos posible en la estructura del suelo y un aspecto no menos importante, reducir los costos de producción del cultivo. El cultivo en la capa superior del suelo reduce al mínimo el daño estructural, favorece la actividad microbiana y reduce los costos por hectárea. El objetivo de las técnicas de labranza mínima es hacer que el suelo se vuelva más activo asimilando los restos de cultivo en su capa más superficial, donde éstos pueden descomponerse más rápidamente y estimular así un ambiente sano para las plantas. Se ha demostrado también que un suelo activo retiene mejor la humedad, sufre una menor compactación, tiene un desarrollo más sostenible y es más ecológico; características, todas ellas, muy beneficiosas para el agricultor.

Las nuevas plantas aparecerán a través de una capa superficial de residuos que retiene la humedad y evita la acción del sol. Cuando la cosecha empiece a cubrir la superficie, los microorganismos del suelo empezarán a absorber rápidamente los residuos, hasta hacerlos desaparecer casi por completo, además, los microorganismos crean huecos en el suelo que permiten al aire y al agua circular fácilmente, favoreciendo el desarrollo de las plantas (21).

El suelo no se prepara mecánicamente, las malezas vivas (germinadas) se controlan con la aplicación de Glifosato antes de la siembra. Una vez muertas pasan a formar parte de la capa vegetal que nutre el suelo para el desarrollo del cultivo. Al no prepararse el suelo mecánicamente la siembra correcta de la semilla se realiza con sembradoras especializadas. Estas máquinas están diseñadas para plantar las semillas en suelos sin arar, tanto livianos como pesados y con residuos de cosecha (19).

El monocultivo y la preparación intensiva son responsables de la destrucción del suelo. Por eso la erosión se tornó en el principal factor limitante de la producción agrícola. La preparación del suelo con el arado, el rotovalor y otros implementos similares es inadecuada e inevitablemente provoca la erosión y la pérdida de fertilidad del suelo. El sistema convencional ha demostrado que la introducción de estos implementos de preparación intensiva del suelo en las zonas tropicales y subtropicales ocasiona la destrucción y degradación del suelo.

Esta preparación produce la rápida mineralización de la materia orgánica de la reserva del suelo. Una vez que se ha consumido la materia orgánica, no puede ser liberado más nitrógeno y los rendimientos de los cultivos permanecen bajos. El resultado es un suelo cansado, infértil e improductivo.

Muchas veces la erosión hídrica es aceptada como un fenómeno inevitable, asociado a la agricultura en terrenos con pendientes, sin embargo, la pérdida de suelo no es un fenómeno natural inevitable. Según Lal 1,982, citado por Corporación autónoma regional de cundinamarca (CAR) (5), el surgimiento de daños causados por la erosión en áreas cultivadas no es más que un síntoma de que los métodos de cultivo empleados fueron inadecuados. No es la naturaleza (relieve y agente climáticos), sino los métodos irracionales de cultivo utilizados por el hombre, los responsables de la erosión y sus graves consecuencias.

Factores como: el uso inapropiado del suelo, el monocultivo, e implementos de labranza inadecuados, dejan el suelo desnudo y pulverizado, destruyéndolo en su estructura física, es

decir, en condiciones propicias para ser arrastrados por la lluvia. Debido a los factores que se mencionaron es de importancia la utilización de la Labranza mínima, que es un método de siembra conservacionista en el cual la semilla es depositada directamente en un suelo no preparado mecánicamente, donde los residuos del cultivo anterior permanecen en la superficie y donde solo se disturba o interviene el suelo donde va a quedar la semilla (5).

Entre las ventajas de la labranza mínima se mencionan las siguientes:

- a) Evitar la erosión y la pérdida de suelo, debido a la cobertura del rastrojo sobre la superficie. Aumenta la infiltración de agua y reduce la evaporación, permitiendo optimizar las épocas de siembra.
- b) Disminuye la temperatura y aumenta la actividad biológica del suelo. Aumenta la fertilidad del suelo a través del mejoramiento de las propiedades químicas, físicas y biológicas.
- c) Disminuye costos en la labor de preparación del suelo. En este sistema se destacan las funciones que cumplen los abonos verdes: proteger a los suelos de las lluvias de alta intensidad. Aportan gran cantidad de biomasa, de tal forma que aumentan con el tiempo, la cantidad de materia orgánica del suelo.
- d) Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo.
- e) Fortalece la cobertura vegetal para la conservación del suelo e incrementa la actividad biológica del suelo.

Este sistema presenta como desventaja hasta ahora, y en algunos casos, el aumento de rastrojo sobre la superficie del suelo, aumenta las fuentes de inóculo de patógenos que causan enfermedades como plagas en los cultivos (5).

### **3.1.14 HERBICIDA UTILIZADO**

Prácticamente todas las malezas, tanto anuales como perennes, pueden ser controladas en forma económica con Glifosato. Este es un producto sistémico, postemergente, no selectivo, capaz de controlar muchas de las gramíneas, malezas de hoja ancha y ciperáceas de difícil control. Este herbicida se caracteriza por ser una sustancia orgánica sumamente simple. No se trata de un compuesto organofosforado, por lo que su modo de acción, toxicología y tratamiento médico en caso de accidentes es completamente diferente. El herbicida glifosato se compone de ácido fosfometilo y un aminoácido esencial denominado glicina. La absorción, es el movimiento activo de la superficie al interior de la hoja, es absorbido por la planta a través de tejidos fotosintéticamente activos como las hojas y partes verdes del tallo. La absorción es un proceso complejo y difícil porque las plantas poseen mecanismos naturales para repeler la entrada de elementos extraños, de manera variable según la especie (23).

#### **3.1.14.1 Como actúa glifosato**

Debe ser aplicado sobre las plantas fotosintéticamente activas. Cuando se aplica sobre el follaje, es absorbido por los tejidos fotosintéticamente activos y es movilizado a través del

floema hasta todos los sitios de la planta, donde se requiere de los productos de la fotosíntesis para el crecimiento. Una vez en el interior, de la planta inhibe la producción de la enzima EPSP sintetasa (5-enolpiruvil-shikimato-3fosfato), con lo cual evita que se fabrique ciertos aminoácidos aromáticos esenciales para el crecimiento de la planta (23).

#### 3.1.14.2 Mecanismo de acción de glifosato

Actúa sobre el sistema bioquímico de las malezas. Bloquea la vía del shikimato e impide la síntesis donde la planta produce los aminoácidos; fenilalanina, trisina y triptofano, estos aminoácidos son básicos para la síntesis de proteínas que necesitan las plantas para crecer. La molécula se acopla a la enzima EPSP, imposibilitando la reacción con el fosfoenol piruvato. El ingrediente activo inmediatamente detiene la síntesis del ácido corísmico, que a su vez es precursor de los ácidos antranílico y prefénico, esenciales para la producción de estos aminoácidos. Tan pronto como cae sobre el follaje, inicia su efecto de control, evitando que la maleza continúe compitiendo con el cultivo. A pesar de que los síntomas visuales empiezan a manifestarse después de 2 a 4 días, la acción de control inicia prácticamente de inmediato (23).

#### 3.1.14.3 Malezas que controla Glifosato

Son varias las malezas tanto de hoja ancha como angosta que son controladas por Glifosato (cuadro 1).

Cuadro 1. Nombre común y científico de las malezas que son controladas por glifosato.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Cissus sicyoides</i>	Uvilla
<i>Ipomoea spp.</i>	Churristate
<i>Dieffenbachia tonduzzii</i>	Sainillo
<i>Syngonium sp.</i>	Conde o garrobo
<i>Sida rhombifolia</i>	Escobilla
<i>Borreria alata</i>	Chiquizacillo
<i>Amaranthus spp.</i>	Amaranto
<i>Richardia scabra</i>	Botoncillo
<i>Commelian diffusa</i>	Cucaracha
<i>Tripogandra cumanensis</i>	Siempre viva
<i>Alcalypha sp.</i>	Gusanillo
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Lechilla
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga
<i>Bidens pilosa</i>	Mosote
<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda
<i>Paspalum virgatum</i>	Zacatón
<i>Panicum maximun</i>	Guinea
<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina
<i>Digitaria spp.</i>	Salea
<i>Echinochloa colonum</i>	Arrocillo
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora
<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo
<i>Scleria pterota</i>	Navajuela
<i>Dichromena ciliata</i>	Estrellita
<i>Cyperus odoratus</i>	Coyolillo
<i>Fimbristylis annua</i>	Arrocillo
<i>Killinga pumila</i>	Coyolillo

Fuente: Ortega (23)

### 3.1.15 MAQUINARIA

#### 4.1.15.1 Sembradoras Semeato

Para el sistema de siembra directa debe utilizarse una sembradora especialmente diseñada para trabajar sobre rastros como las sembradoras de precisión marca Semeato. Para la

siembra de maíz se recomienda operar el tractor entre 4 y 6 km/h (cuadro 2) y entre 6 y 8 Km/h para la siembra de semillas de sorgo. Una característica muy importante de las sembradoras Semeato es el peso, el cuál permite a sus discos cortadores, penetrar al suelo y depositar la semilla uniformemente (distancia entre semilla y profundidad), cortando exitosamente los rastrojos. Adicionalmente, la presión constante en sus resortes le permite conservar las llantas en contacto con el suelo, independientemente de la posición del equipo y evitar que el mismo patine; manteniendo la precisión de la distribución de las semillas (28).

Cuadro 2. Modelos de sembradoras para siembra directa marca Semeato.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	MODELOS		
	SHM 11/13	SHM 15/17	PAR 2800
No. de líneas y Espaciamientos	13 líneas de 17 cm 11 líneas de 17 cm 9 líneas de 20 cm 5 líneas de 40 a 45 cm 4 líneas de 60 cm 3 líneas de 70 a 90 cm	17 líneas de 17 cm 15 líneas de 17 a 20 cm 8 líneas de 40 cm 7 líneas de 45 cm 5 líneas de 60 a 70 cm 4 líneas de 70 a 90 cm	7 líneas de 45 cm 6 líneas de 54 cm 5 líneas de 68 cm 4 líneas de 90 cm
Potencia del tractor Con disco desfasado Con cincel	65 hp 75 hp	75 a 90 hp 90 a 105 hp	100 hp
Capacidad del Recipiente de abono	339 Kg	600 Kg	350 Kg
Capacidad del Recipiente de semilla	203 Kg	282 Kg	570 a 920 Kg
Peso aproximado	1870 Kg	2550 Kg	2720 a 2820 Kg
Velocidad de Operación	4 a 6 Km/h semilla maíz 6 a 9 Km/h sorgo	4 a 6 Km semilla maíz 6 a 8 Km/h sorgo	5 a 8 Km/h

Fuente: Semeato, S.A. Siembra directa (28)

Los controladores o reguladores de profundidad de la sembradora Semeato son de disco doble, con banda de hule, que permiten ajustar mejor la profundidad y distribución de siembra y acondicionar el suelo dentro del surco para que exista un mejor contacto entre la semilla y el suelo. Los discos cortadores de rastrojos en las sembradoras para sistema de siembra directa deben ser preferiblemente lisos, para minimizar la remoción de suelo y evitar la formación de bolsas de aire en la zona alrededor de las semillas. Un buen contacto entre la semilla y el suelo resulta indispensable para la germinación de las mismas (28).

Las sembradoras Semeato cuentan con dos opciones de discos cortadores:

- a) Discos dobles desfasados y lisos, utilizados para cortar los residuos y colocar la semilla uniformemente en el surco abierto por el disco.
- b) Cíncel de efecto guillotina, el cuál corta el rastrojo, mantiene el equipo limpio y permite la penetración en el suelo sin que se requiera paso adicional. Para la distribución del fertilizante, las sembradoras disponen de dos sistemas: uno, mediante un rotor dentado con 7 o 12 dientes y el otro mediante una rosca sin fin. Con la ayuda de conductores telescópicos que se extienden y contraen según el movimiento de las líneas, la sembradora coloca el fertilizante a profundidades mayores que el de la semilla, promoviendo un leve movimiento del suelo en la línea de siembra que favorece el desarrollo de las raíces del cultivo. Para los cultivos de maíz y sorgo, las sembradoras cuentan con dos ruedas tapadoras dispuestas en forma de “V” para cerrar el surco y realizar la compactación lateral de las semillas, lo cual asegura el tapado de las mismas y promueve un mejor contacto con el suelo. Para la siembra

de pasto o semillas pequeñas, el tapado de las semillas lo realiza en parte, el controlador de profundidad (28).

El cabezal retráctil de las sembradoras Semeato facilita el transporte y almacenamiento de la sembradora. Cuenta con una gata para nivelar la sembradora y un cilindro hidráulico para accionar el sistema motriz. La versatilidad, eficiencia y precisión de estas sembradoras las convierten en el equipo ideal para siembra directa en lotes grandes, medianos o pequeños, durante las diferentes épocas del año (invierno o verano). Dependiendo del modelo, cada sembradora posee un número máximo y mínimo de líneas, que permite adaptar el equipo a diferentes distanciamientos de siembra (28).

### **3.1.16 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE MALEZAS**

Existen varias definiciones para el término malezas. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- a) Son plantas que llegan a ser perjudiciales o indeseables en un determinado lugar y en cierto tiempo.
- b) Son plantas que nacen y se desarrollan en lugares donde no se les ha sembrado.
- c) Son poblaciones colonizadoras, adaptadas a los sistemas de producción.
- d) Son plantas que se presentan accidentalmente, sin introducción voluntaria (22).

Las malezas son plantas que interfieren en el bienestar del agricultor. A través del tiempo, el agricultor vio la necesidad de combatir las plantas indeseables, ya que se dio cuenta que

una manera de incrementar los rendimientos de las cosechas, era controlando las malas hierbas, las cuales dañan a los cultivos tanto o más que los insectos, debido a que compiten por nutrientes, agua, luz y espacio, además de ser reservorios de plagas y enfermedades durante todo su ciclo, y dificultan la cosecha de los mismos (22).

En la actualidad, para lograr una producción económicamente rentable, sostenible y de calidad, es indispensable el control de malezas y se debe prestar mucha atención a este problema, sobre todo cuando se trata de la producción de materiales genéticos de alto rendimiento.

El control de malezas es un problema mundial, ya que dichas plantas limitan al rendimiento de los cultivos. Debido al fenómeno de latencia, muchas semillas de malezas permanecen en el suelo por períodos prolongados de tiempo y germinan cuando las condiciones son favorables; por ejemplo, cuando se elimina la cubierta vegetal con la preparación de tierras.

Las malezas poseen un conjunto de características que hacen difícil su control; algunas desarrollan un sistema radical muy extensivo y profundo que les permiten extraer humedad de las capas más profundas del suelo. Otras, poseen órganos de reserva especializados de diversa constitución que les permite una alta capacidad de regeneración y resistencia a la destrucción repetida de sus partes aéreas, lo que no sucede con muchos cultivos.

La reducción en la producción agrícola, causada por la presencia de malezas ha ido en aumento y esta competencia es la interferencia más común y perjudicial, ya que las malezas son plantas de hábito competitivo y agresivas, que interfieren en el comportamiento de las

plantas cultivadas. Mientras más intensa sea la competencia, mayor será la reducción del rendimiento, especialmente si la población de malezas es abundante y las condiciones ambientales son favorables para un crecimiento vigoroso de las plantas (22).

La distribución y dominancia de las malezas está condicionada por factores ecológicos, como la altitud, la temperatura, el régimen de lluvias y las condiciones edáficas.

Algunas veces la semejanza entre las semillas de las malezas y las del cultivo, hace difícil la separación mecánica, favoreciéndose así la dispersión. Esta circunstancia es especialmente importante cuando se intenta la introducción de materiales genéticos de alto rendimiento.

Un buen control de malezas es necesario por muchas razones (22):

- a) Las malas hierbas reducen la disponibilidad de nutrientes, agua, luz solar y espacio al competir con el cultivo y con apreciable ventaja, dado su alta densidad y desarrollo más vertiginoso. Además, las semillas de las malezas germinan más rápido y son más agresivas.
- b) Son reservorios de insectos plaga y patógenos, especialmente en aquellas malezas que son afines al cultivo. Por ejemplo, en los cultivos de maíz y sorgo, las malezas como el pasto Johnson (*Sorghum halepense*).
- c) Dificultan la cosecha, reduciendo su eficiencia e interfiriendo en el proceso de separación de los granos.
- d) Disminuyen la calidad del grano cosechado, sobre todo cuando las semillas de las malezas son de tamaño similar a la del cultivo, mezclándose durante la cosecha.

- e) Dificultan el combate de insectos y enfermedades, así como otras prácticas culturales, lo cual aumenta los costos de producción.
- f) Reducen los rendimientos y por ende, la rentabilidad de la explotación.

### **3.1.17 CONTROL INTEGRADO DE MALEZAS**

El control de las malezas es clave para el éxito comercial de los cultivos, las cuales deben de ser combatidas sin pensar en aniquilar hasta la última maleza, ya que se debe de trabajar no contra las malezas sino con las malezas, tratando de mantener y manipular una cierta población de malezas en el campo de tal forma que no se afecten seriamente los cultivos, ni que lo hagan antieconómico (22).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA**

#### **3.2.1.1 Antecedentes de la finca**

La finca Sabana grande, fue dada a la Universidad de San Carlos de Guatemala según acuerdo gubernativo de fecha 20 de junio de 1957, emitido por el Organo del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (actualmente es el ministerio de Finanzas Públicas) y paso a formar parte de sus activos el día 11 de Agosto de ese mismo año, actualmente la finca Sabana grande es administrada por la Facultad de Agronomía (31).

En los considerados del acuerdo gubernativo, se dejan implícitos los fines de la donación, los cuales son: prestar el apoyo necesario a la Universidad de San Carlos como un medio para el desarrollo de sus actividades y dotar a la Facultad de Agronomía de un inmueble para sus prácticas y labores de experimentación, ya que por la naturaleza de las enseñanzas que imparte está llamada a contribuir a la producción agrícola del país (31).

### **3.2.2 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA**

La finca Sabana Grande se encuentra localizada en el departamento de Escuintla (Figura 1) en las coordenadas 14° 22' 03" Latitud Norte y 90° 49'48" Longitud Oeste (13).

### **3.2.3 RELIEVE Y FISIOGRAFIA**

El relieve va de gradualmente ondulada a plana con pendientes que van de 0% al 3%, la elevación promedio es de 770 msnm con un rango que va desde los 745 a 795 msnm (13), según el Mapa de Regiones Fisiográficas de Guatemala, la finca Sabana Grande se encuentra dentro de la región fisiográfica denominada Pendiente Volcánica Reciente (16).

### **3.2.4 CLIMA Y ZONAS DE VIDA**

Según el Mapa Climatológico Preliminar de la República de Guatemala, basado en el Sistema de Clasificación de Thornthwaite (15); la finca Sabana Grande presenta un clima cálido sin estación fría bien definida, muy húmedo con estación seca bien definida.

Según la estación meteorológica Sabana Grande (11), la precipitación del año 2001 fue de 2,545.6 mm, humedad relativa media de 86.52% y temperatura media de 24.47 °C.

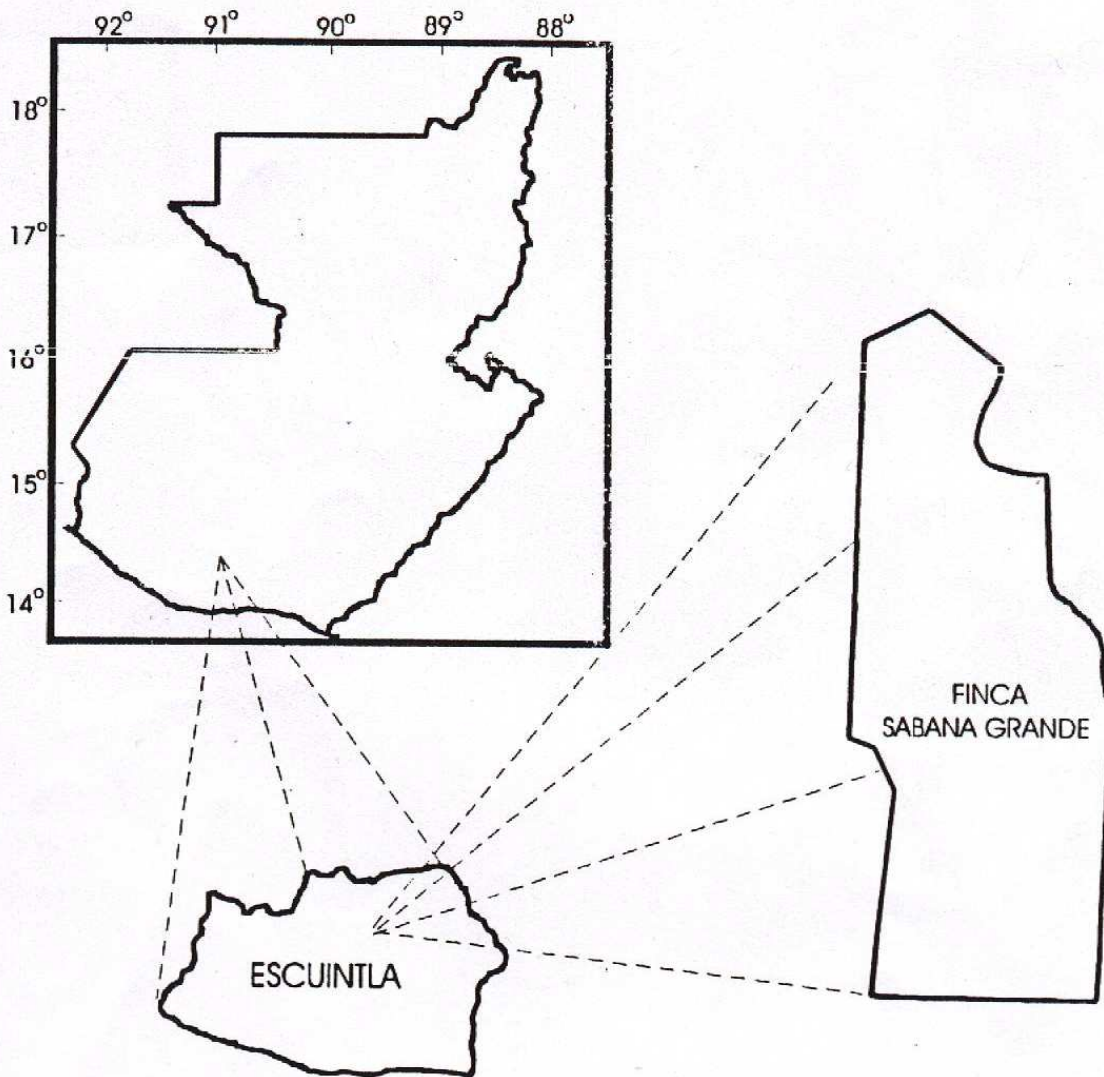
Según el Mapa de Zonas de Vida elaborado por de la Cruz (6); basado en el Sistema de Clasificación de Holdridge, la finca Sabana Grande se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque muy Húmedo Sub-Tropical cálido (bmh-c).

### **3.2.5 GEOLOGÍA Y SUELOS**

Según el Mapa Geológico de Guatemala (12); los suelos de la finca Sabana Grande son de origen cuaternario formados por sedimentos de origen volcánico. De acuerdo al estudio de suelos a nivel de reconocimiento elaborado por Simmons *et al.* (29), los suelos de la finca Sabana Grande pertenecen a la serie Alotenango, caracterizada por suelos profundos, bien drenados, de textura franca entre otras características.

### **3.2.6 HIDROGRAFÍA**

Según el mapa de Cuencas de la República de Guatemala (14), la finca Sabana Grande se encuentra ubicada dentro de la cuenca del Río Guacalate, el cual es tributario principal del Río Achiguate que pertenece a la vertiente del Pacífico. La finca se encuentra en la parte media de la cuenca del Río Guacalate, caracterizada por pendientes suaves no mayores del 10% (típico de la zona de Pié de Monte) pues se encuentra ubicada en una zona de acumulación de agua, la cual ha sido absorbida en la parte alta de la cuenca hidrográfica.



USAC	FACULTAD DE AGRONOMIA
FIGURA 1	Mapa de Ubicación y Localización de la Finca Sabana Grande, Escuintla
Sin Escala	

Figura 1. Ubicación de la Finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, tomado de Padilla (24).

### **3.2.7 ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL DE LABRANZA MINIMA**

El método de siembra directa con labranza mínima, es un sistema conservacionista de trabajar los suelos el cual pretende alcanzar una agricultura sostenible sin tener que agotar los recursos naturales y poder controlar el daño de los suelos por la erosión y mejorar las características físicas y químicas. El sistema de labranza mínima ha sido adoptado en aproximadamente 1,800,000 hectáreas en Argentina, 4,000,000 de hectáreas en Brasil y en más de 15,000,000 de hectáreas en los Estados Unidos, con un ritmo creciente de adopción en Paraguay de 250,000 hectáreas (5).

Trabajos de investigación realizados en el estado de Paraná, Brasil, muestran que el porcentaje de cobertura del suelo con residuos vegetales es el factor determinante sobre la infiltración de agua en el suelo, es así, como en suelos totalmente cubiertos la infiltración es del 100%, mientras que en suelos descubiertos, se presenta un escurrimiento superficial de 75% a 80% del agua (5).

### **3.2.8 MUESTRAS DEPENDIENTES O APAREADAS**

Las muestras dependientes o apareadas, son muestras extraídas de dos poblaciones de tal manera que los elementos de una muestra estudiada se equiparen o apareen con los elementos de la otra muestra, con el fin de permitir un análisis más preciso al controlar los factores externos. Las diferencias de las dos poblaciones se le realiza una prueba de hipótesis mediante una prueba de “t”, se comparan dos poblaciones normalmente distribuidas con

respecto a una característica numérica comparando sus medias. Dos muestras están apareadas cuando sus elementos están relacionados en parejas (17).

**3.2.9 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS DE LA FINCA SABANA GRANDE**

En la Finca Sabana Grande actualmente el área esta dedicada a los cultivos de café, caña de azúcar, estanques para peces, bosque natural latifoliado y otros usos (cuadros 3) (24).

Cuadro 3. Distribución actual de los suelos de la finca Sabana Grande, Escuintla.

.. ACTIVIDAD	AREA EN HECTAREAS.
Cunsur	4.20
Aldea El Rodeo	2.10
Casco de la finca	4.20
Módulo docente	0.70
Estanque para peces	2.10
Bosque natural latifoliado	28.49
Bosques, Ríos y caminos	66.78
Café productivo	20.58
Café plantilla	11.20
Café improductivo	10.85
Caña de azúcar	65.8
TOTAL	217.00 hectáreas

Fuente: Padilla; España (24).

**3.2.10 CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS DE LA FINCA SABANA GRANDE**

Las principales clases de capacidad de uso en la finca Sabana Grande, Escuintla, son 4 (cuadro 4).

Cuadro 4. Capacidad de uso de los suelos de la finca Sabana Grande, Escuintla.

CLASE	AREA EN HECTAREAS
Clase I	10.32
Clase II	84.15
Clase III	10.08
Clase IV	60.36
Cuenca aldea El Rodeo, Casco de la finca, Modulo docente y Cauces de Ríos.	52.09
<b>TOTAL</b>	<b>217.00 hectáreas</b>

Fuente: Perdomo (26).

## **4. OBJETIVOS**

### 4.1 General

Analizar el impacto agronómico y económico del sistema de siembra directa con labranza mínima y compararlo con el método de siembra tradicional, en la Finca Sabana Grande, Escuintla.

### 4.2 Específicos

1. Cuantificar el escurrimiento superficial y la cantidad de suelo erosionado en el método de siembra directa con labranza mínima y en el método de siembra tradicional.
2. Analizar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz, en los dos tratamientos.
3. Comparar la rentabilidad del cultivo entre los dos métodos de siembra.

## **5. HIPOTESIS**

### **5.1 Hipótesis**

El método de siembra directa con labranza mínima, presentará diferencias significativas de escorrentía, suelo erosionado, comportamiento agronómico y rentabilidad que el método de siembra tradicional.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se realizó en un período de cinco meses, se evaluó el sistema de siembra directa con labranza mínima y el sistema de siembra tradicional, se desarrolló la metodología de labranza de conservación para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos, suelo, planta y agua.

El fundamento de la labranza de conservación consistió en sembrar directamente sobre los residuos de la cosecha anterior, no se preparó el suelo mecánicamente, no utilizándose arados y rastras. Para el control de las malezas que se encontraban en el terreno se aplicó Glifosato antes de la siembra, de este modo se interrumpió el ciclo de la maleza y la misma pasó a formar parte de la capa vegetal del suelo.

### **6.2 TRATAMIENTOS**

1. Método de siembra tradicional.
2. Método de siembra directa con labranza mínima.

### **6.3 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 método de siembra directa con labranza mínima y el método tradicional.

### 6.3.1 Método tradicional

Para el establecimiento del cultivo de maíz con éste método se mecanizó el suelo por medio de un paso de rastra, arado y elaboración de surcos para la siembra, esta se realizó de forma manual.

### 6.3.2 Siembra directa con labranza mínima

Este método de siembra se realizó sobre terreno sin preparar de forma mecanizada, la siembra se realizó por medio de la sembradora Semeato para siembra directa, los rastrojos del cultivo anterior permanecieron en el suelo. Las malezas se controlaron con la aplicación de Glifosato (Roundup max).

## **6.4 MANEJO Y ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO**

### 6.4.1 Preparación del terreno

Para el sistema tradicional se realizó un paso de arado a una profundidad de 20 cm, 10 días antes de la siembra, seguido por un paso de rastra y elaboración de surcos antes de la siembra.

Para el sistema de siembra directa con labranza mínima, se aplicó el herbicida glifosato en una dosis de 3 Kg por hectárea 3 días antes de la siembra, para el control de malezas.

### 6.4.2 Siembra

Para el sistema de siembra tradicional, la siembra se realizó de forma manual en el mes de mayo, con un distanciamiento de siembra de 0.85 mt entre surcos y 0.20 mt entre plantas. Se utilizó para la siembra el híbrido C-343, de porte bajo que le permite tolerar mejor los vientos

fuertes y mantener su posición erecta hasta la cosecha, tiene una amplia adaptación a diferentes zonas y se adapta a diferentes densidades de siembra, su alto vigor inicial y establecimiento uniforme lo convierten en un híbrido ideal para siembra directa sobre rastrojos de malezas o del cultivo anterior.

Para el sistema alternativo de siembra directa con labranza mínima, la siembra se realizó por medio de la sembradora Semeato para siembra directa, con distanciamiento igual al método tradicional, para la siembra de este método se utilizó el híbrido C-343.

#### 6.4.3 Fertilización

Se realizaron dos aplicaciones, la primera a los 20 días después de la emergencia de las plantas, usando 91 Kg de urea por hectárea para los dos tratamientos. La segunda aplicación se realizó a los 60 días, usando 181 Kg de triple 15 por hectárea, para los dos tratamientos.

#### 6.4.4 Control de malezas para los dos tratamientos

Se realizaron dos limpiezas de forma manual con azadón para el método de siembra tradicional, el primer control de malezas se realizó 15 días después de la siembra y el segundo se realizó 20 días después de la primera.

Para el sistema de labranza mínima, el control se realizó por medio de la aplicación de Glifosato.

#### 6.4.5 Control de plagas

Se realizaron 3 aplicaciones de insecticidas para el control de plagas del suelo y follaje como: gallina ciega (*Phyllophaga* sp), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano alambre (*Agriotes* sp).

#### 6.4.6 Cosecha

Se realizó a los 125 días después de la siembra, de forma manual para los dos tratamientos.

### 6.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El experimento se realizó en un terreno con pendiente de 2 %. Las parcelas se distribuyeron en el sitio experimental por parejas, teniendo el cuidado que dentro de cada pareja las condiciones fueran homogéneas. El experimento se realizó con ocho repeticiones para cada tratamiento, arreglando los tratamientos en bloques de parcelas de escorrentía, el total de unidades experimentales fue de 16 con un área de 455 m<sup>2</sup> cada una (Figura 1A).

### 6.6 ANALISIS DE LA INFORMACION

Los datos obtenidos de las variables de respuesta en el sitio experimental durante el periodo de investigación fueron evaluados mediante muestras dependientes o apareadas, a los resultados obtenidos de las muestras de los dos tratamientos se procedió a evaluar sus

diferencias, de modo que se pudieran aparear los elementos del método de siembra tradicional con el método de siembra directa con labranza mínima.

Las diferencias obtenidas de los dos métodos de siembra se les realizó una prueba de hipótesis para las diferencias apareadas, para el análisis estadístico se estableció un valor crítico de 5% (0.05 de significancia), éste correspondió a una prueba de “t” de Student’s, para diferencias entre medias apareadas o dependientes.

## **6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL**

Como unidad experimental se utilizó parcelas de escorrentía establecidas con un área de 13 metros de ancho, por una longitud de 35 metros (Figura 2).

### **6.7.1 Metodología para las variables escorrentía y suelo erosionado.**

Para la medición de escurrimiento superficial y la cantidad de suelo erosionado las unidades experimentales se circularon con madera para evitar la escorrentía de las áreas alternas. Los sistemas colectores de sedimentos que se utilizaron fueron:

- a) Canales colectores: zanja elaborada en la parte inferior de la unidad experimental que se cubrió con polietileno.
- b) Canales de evacuación: se utilizaron canales elaborados de pvc de 12 centímetros de ancho y 50 centímetros de largo.
- c) Recipientes colectores: se utilizaron dos toneles de plástico (200 lts. c/u), por parcela unidos por un tubo de pvc.

## 6.8 VARIABLES DE RESPUESTA

- Cantidad de escurrimiento superficial (metros cúbicos por hectárea).
- Cantidad de suelo erosionado (toneladas por hectárea).
- Rendimiento de maíz (Kilogramos por hectárea).
- Comportamiento agronómico del cultivo: número de días a la madurez fisiológica del cultivo, altura de planta (metros), longitud de mazorcas (centímetros), diámetro de mazorcas (centímetros).
- Precipitación: se midió en milímetros por cada evento de lluvia.

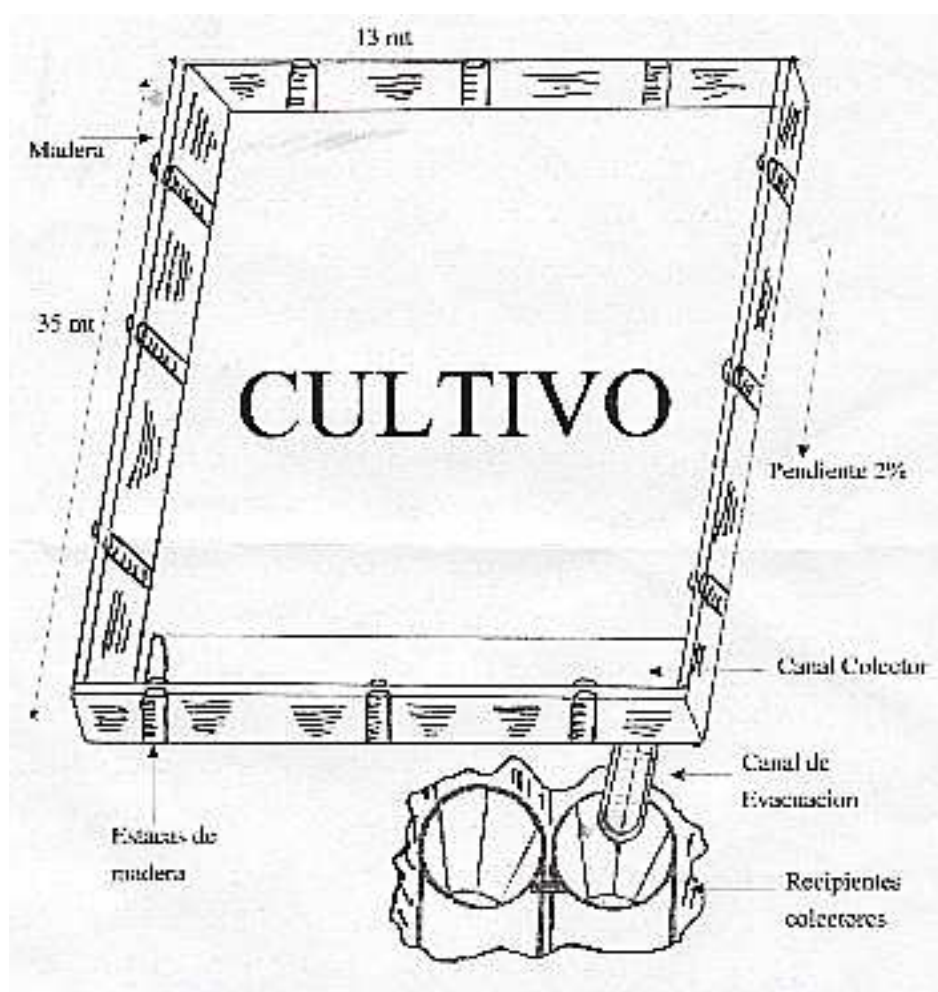


Figura 2. Esquema de una parcela de escurrimiento establecida en el ensayo.

## **6.9 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES**

### **1) Escurrimiento superficial**

Estos valores se midieron en el campo experimental después de cada evento de lluvia por medio de una regla graduada (calibrada en litros), siempre que llegara agua a los recipientes colectores, se midió el volumen en litros por unidad experimental y posteriormente se transformaron los datos a metros cúbicos por hectárea.

### **2) Cantidad de suelo erosionado**

Se colectaron los sedimentos depositados en el fondo de los toneles y de los canales de evacuación en el campo experimental, las muestras de suelo colectadas se secaron a la sombra y se pesaron por medio de una balanza, se tomó una muestra de suelo para determinar el peso en base seca, por el método gravimétrico de determinación de humedad, secado en horno a 105°C durante 24 horas. A las muestras de suelo colectadas se le sumaron los sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión se tomaron en muestras de 1 litro por unidad experimental y luego se multiplicaron por el total de litros recolectados.

Los datos obtenidos durante el período de investigación fueron tomados en kilogramos por unidad experimental y luego transformados a toneladas por hectárea.

### **3) Rendimiento del cultivo**

El cultivo de maíz se cosechó a los 125 días después de la siembra. Los datos obtenidos durante el periodo de investigación se tomaron en kilogramos por unidad experimental, el producto obtenido se peso con una romana y posteriormente se transformaron a kilogramos por hectárea.

#### 4) Comportamiento agronómico del cultivo

La variable de respuesta número de días a la madurez fisiológica se estableció hasta el día de la cosecha. Para determinar las variables; altura de planta se tomaron 20 plantas al azar por parcela y se procedió a medir, para la medición de longitud de mazorcas y diámetro de mazorcas se tomaron 20 muestras por parcela, para la medición del comportamiento agronómico se utilizó una cinta métrica, graduada en centímetros y pulgadas.

#### 5) Precipitación

se utilizó un pluviómetro instalado en la estación meteorológica Sabana Grande a 730 msnm, la precipitación se midió en milímetros por cada evento de lluvia.

### **6.10 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se realizó un análisis económico para calcular la rentabilidad del cultivo de maíz para el método de siembra tradicional y el método de siembra directa con labranza mínima.

Para las labores efectuadas se cuantificó el valor de los insumos y de cada jornal utilizado y se determinó el costo de producción del cultivo de maíz para los dos tratamientos.

Calculados los costos de producción, la rentabilidad se calculó mediante la productividad obtenida del cultivo de maíz y el precio del producto en el mercado.

Para obtener el porcentaje del rendimiento del cultivo para los dos métodos de siembra, se calculó por medio de la rentabilidad obtenida de la venta del producto, menos el costo de producción, dividido por el costo de producción y multiplicado por cien.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL, EROSION Y COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO, CON EL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA MINIMA Y EL MÉTODO DE SIEMBRA TRADICIONAL, EN LA FINCA SABANA GRANDE

#### 7.1.1 PRECIPITACIÓN

##### 7.1.1.1 PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL

En el cuadro 5 se presentan los valores de la precipitación mensual para el período de estudio, tomados en la estación meteorológica Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

Cuadro 5. Precipitación mensual durante el período de estudio, tomados en la estación meteorológica, Sabana Grande.

MESES	ESTACION SABANA GRANDE
Abril	58.9 milímetros.
Mayo	373.1 milímetros.
Junio	568.4 milímetros.
Julio	297.1 milímetros.
Agosto	254.7 milímetros.
Septiembre	338.8 milímetros.

Los valores de precipitación que se registraron durante la investigación en el área de estudio, tomados de la estación Sabana Grande (a 730 msnm). La precipitación más alta durante el período del experimento se observó en el mes de Junio (568.4 mm), esto influyó en que el suelo se mantuviera con un alto porcentaje de agua con relación a los otros meses, aumentando de esta manera la cantidad de escorrentía superficial y suelo erosionado.

### 7.1.1.2 FIGURA DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL

En la figura 3 se observa la precipitación pluvial total mensual para el área de estudio registrada durante el período de investigación.

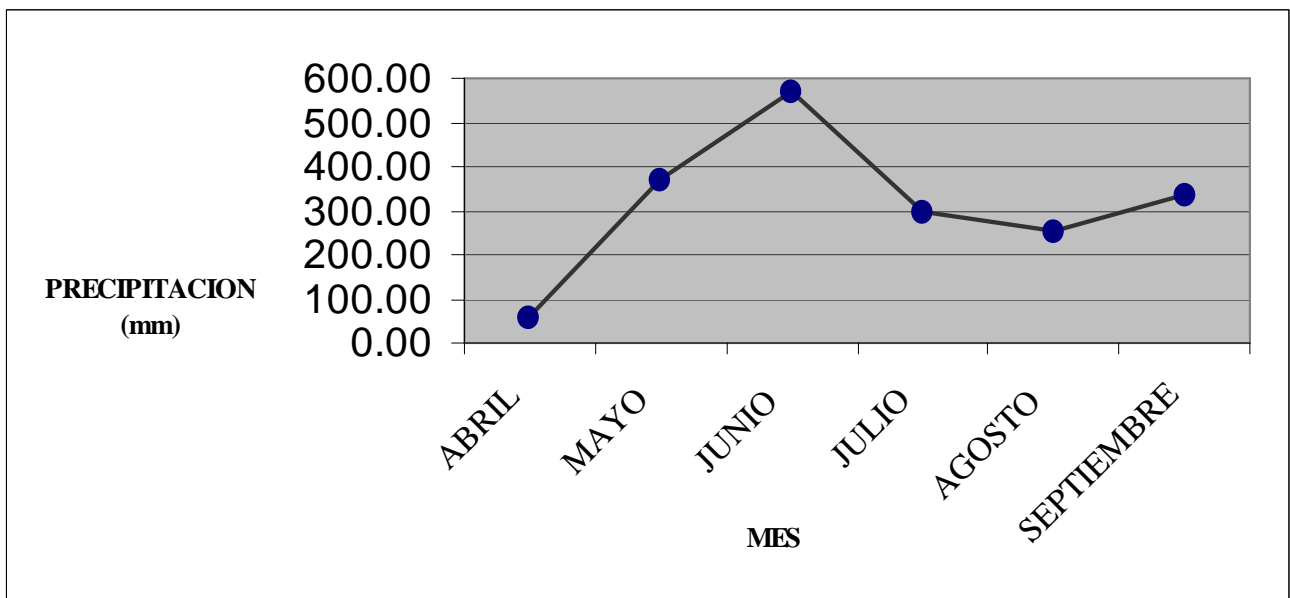


Figura 3. Precipitación pluvial del período de investigación en milímetros. Finca Sabana Grande. Escuintla.

### 7.1.2 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Los datos de escorrentía fueron tomados desde la siembra hasta la madurez fisiológica del maíz, después de cada evento de lluvia. El total de precipitación pluvial registrada durante el período del experimento fue de 1,891 milímetros, estableciéndose un volumen total de agua precipitada de 18,910 m<sup>3</sup>/ha.

En el cuadro 6 se presentan los valores de escorrentía superficial obtenidos en el sistema de siembra directa con labranza mínima y el sistema de siembra tradicional.

Cuadro 6. Escorrentía superficial m<sup>3</sup>/ha, para los tratamientos y las repeticiones en el sitio experimental.

BLOQUE	MÉTODO DE SIEMBRA	
	TRADICIONAL	LABRANZA MÍNIMA
I	468.04	333.67
II	358.99	320.84
III	315.56	314.33
IV	433.71	243.14
V	432.00	305.67
VI	483.49	260.11
VII	413.54	281.21
VIII	380.24	289.87
TOTAL	3285.57	2348.84
MEDIA	410.69	293.61

La cantidad de escorrentía superficial observada medida en los dos tratamientos, el método de siembra tradicional reportó el mayor volumen de escorrentía; mientras que el menor valor se presentó en el método de siembra directa con labranza mínima, debido a que este permaneció con cobertura vegetal, disminuyendo la escorrentía superficial.

En el cuadro 7 se muestra el resumen del total de escurrimiento superficial de los datos obtenidos en el sitio experimental, sometidos a una prueba de diferencias entre medias, para muestras apareadas, el análisis del escurrimiento superficial se realizó por medio de una prueba de “t”.

Cuadro 7. Resumen de la prueba de “t” de una cola, de las diferencias de muestras apareadas, para la escorrentía superficial m<sup>3</sup>/ha, en los dos métodos de siembra.

METODO DE SIEMBRA	MEDIA DE LAS DIFERENCIAS	T CALCULADA	T TABULADA
Tradicional Labranza Mínima	117.09	4.51	1.895

\* Nivel de significancia al 0.05

$$“t_c” = \frac{\bar{X}}{s / \sqrt{n}}$$

“t” Student’s = g1, α (5%)

El resumen de la prueba de diferencian entre medias con muestras apareadas para los dos tratamientos, se observo que hubo diferencias significativas (Figura 2A) entre el método de siembra tradicional que reportó el mayor volumen de escorrentía con una media de 410.69 metros cúbicos por hectárea, esto se debe a que el suelo fué removido por las labores de mecanización; arado, rastreo y surqueo, dejando totalmente descubierto el suelo a la lluvia. Este incremento de escorrentía por las labores de mecanización es provocado por el avance del agua a través de los surcos, la preparación mecánica realizada para el sistema tradicional provocó que el suelo se mantuviera sin cobertura vegetal y la lluvia no fue interceptada

cayendo directamente sobre el suelo, aumentando el volumen y la velocidad de la escorrentía a través del terreno.

La menor cantidad de escorrentía se presentó en el método de siembra directa con labranza mínima con una media de 293.61 metros cúbicos por hectárea, debido a que este no fue mecanizado y permaneció con una cobertura vegetal ejercida por los rastrojos de cosecha y las raíces de las malezas que permanecen en el suelo ejerciendo una mayor cohesión, la cobertura vegetal que permaneció en el terreno interceptó las gotas de lluvia disminuyendo el volumen y la velocidad de la escorrentía, ejerciendo un mayor control de las pérdidas de suelo por erosión, (Figura 4).

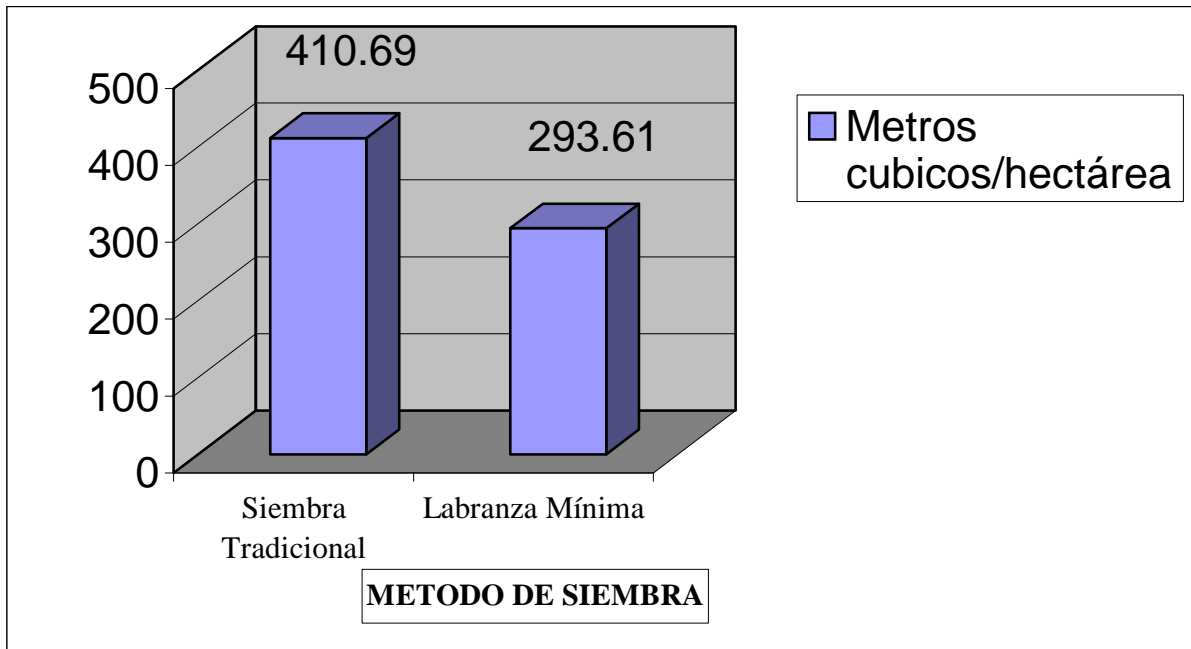


Figura 4. Escorrentía superficial m<sup>3</sup>/ha en el sitio experimental. Finca Sabana Grande.

Escuintla.

### 7.1.3 SUELO EROSIONADO EN PARCELAS DE ESCORRENTIA

Los datos de suelo erosionado medidos en las parcelas de escorrentía fueron tomados desde la siembra hasta la madurez fisiológica del maíz, después de cada evento de lluvia. Esta variable se encuentra relacionada con la escorrentía debido que el agua arrastra las partículas de suelo por medio del escurrimiento superficial.

En el cuadro 8 se observa la cantidad de suelo erosionado obtenidos por efecto de la escorrentía superficial en el sistema de siembra directa con labranza mínima y el sistema de siembra tradicional.

Cuadro 8. Suelo erosionado (ton/ha), para los tratamientos y las repeticiones en el sitio experimental.

BLOQUE	MÉTODO DE SIEMBRA	
	TRADICIONAL	LABRANZA MÍNIMA
I	2.57	0.97
II	1.29	0.75
III	1.38	0.83
IV	1.18	0.70
V	1.42	0.54
VI	1.25	0.58
VII	1.44	0.68
VIII	1.04	0.59
TOTAL	11.57	5.64
MEDIA	1.45	0.71

La cantidad de suelo erosionado medido en los dos tratamientos, el método de siembra tradicional reportó el mayor valor de suelo erosionado; mientras que el menor valor se

presentó en el método de siembra directa con labranza mínima, debido a que este permaneció con cobertura vegetal, disminuyendo el arrastre de las partículas de suelo por efecto de la escorrentía superficial. Esto indica que la siembra directa con labranza mínima ofrece la mayor protección al suelo contra la erosión hídrica.

En el cuadro 9 se muestra el resumen del total de suelo erosionado de los datos obtenidos en el sitio experimental. Los datos fueron sometidos a una prueba de diferencias entre medias para muestras apareadas, el análisis del escurrimiento superficial se realizó por medio de una prueba de “t”.

Cuadro 9. Resumen de la prueba de “t” de una cola, de las diferencias de muestras apareadas, para el suelo erosionado ton/ha, en los dos métodos de siembra.

METODO DE SIEMBRA	MEDIA DE LAS DIFERENCIAS	T CALCULADA	T TABULADA
Tradicional Labranza Mínima	0.70	5.12	1.895

\* Nivel de significancia al 0.05

$$t_c = \frac{\bar{X}}{s / \sqrt{n}}$$

“t” Student’s = gl, α (5%)

Se puede observar que en el resumen de la prueba de diferencias entre medias con muestras apareadas para los dos tratamientos, se observó que hubo diferencias significativas (Figura 3A) entre los dos métodos de siembra. Se puede observar que el método de siembra

tradicional fue el que reportó el mayor valor de erosión con una media de 1.45 toneladas por hectárea, esto se debe a que el suelo fue removido por las labores de mecanización, estas labores provocaron que el suelo estuviera desprotegido y fuera desprendido y arrastrado por el agua. La mecanización no ofrece protección al suelo contra la erosión hídrica, al manipular el suelo este se separa por el impacto de las gotas de lluvia y se mueve a través de la pendiente como consecuencia del escurrimiento superficial.

Se pudo observar que el tratamiento que ofreció la mejor protección al suelo en contra de la erosión hídrica es el método de siembra directa con labranza mínima, presentando el menor valor de suelo erosionado con una media de 0.71 toneladas por hectárea; este comportamiento se debe a que no fue mecanizado el suelo y permaneció con mayor cobertura vegetal ejercida por los rastrojos y las raíces de las malezas que permanecen en el suelo ejercen una mayor cohesión, la erosión del suelo se da por la esorrentía superficial a través de la pendiente de todo el terreno. La importancia de no manipular el suelo con maquinaria y al permanecer la cobertura vegetal en el terreno, se reduce el arrastre de las partículas del suelo, debido a que interceptan las gotas de lluvia hacia la superficie del suelo disminuyendo el volumen y la velocidad de la esorrentía, que es el factor principal de la pérdida de suelo por erosión, (Figura 5).

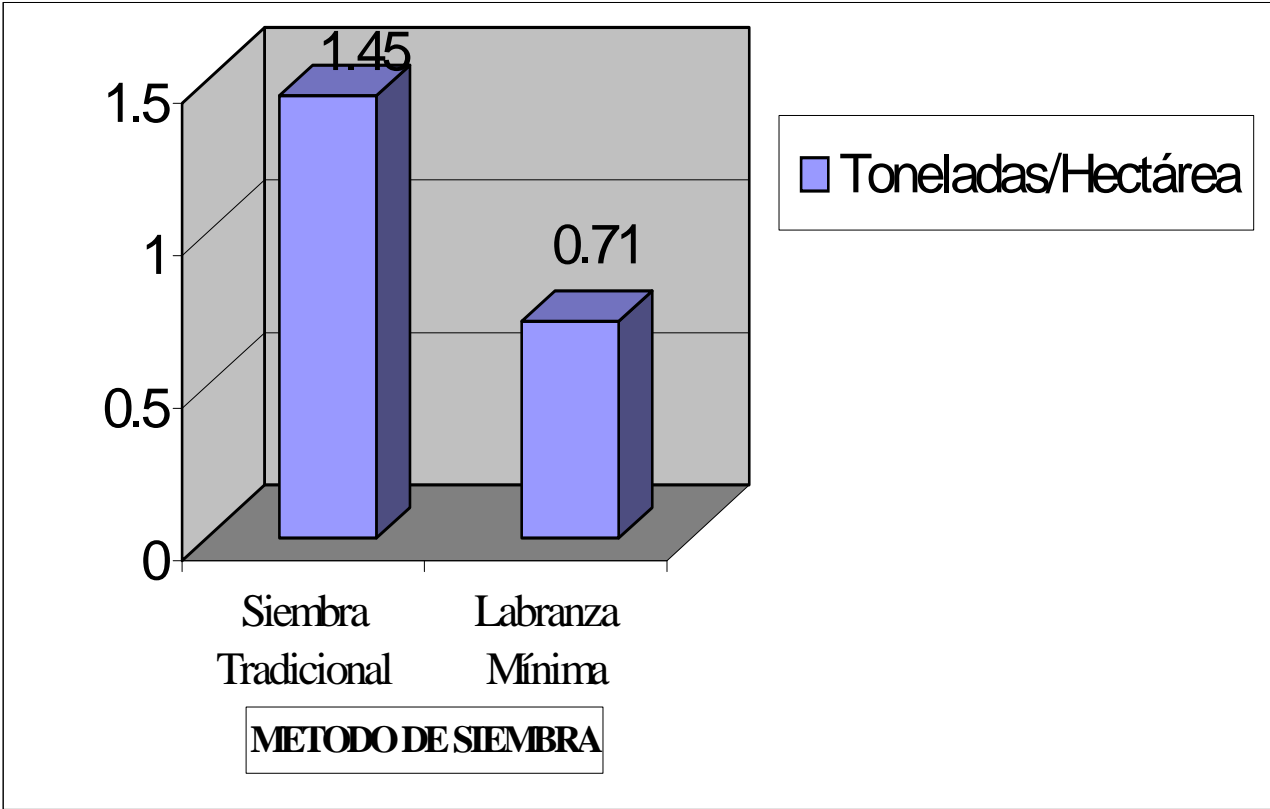


Figura 5. Suelo erosionado ton/ha, en el sitio experimental. Finca Sabana Grande. Escuintla.

**7.1.4 RENDIMIENTO DEL CULTIVO**

Los datos de rendimiento del cultivo de maíz en kg/ha, fueron tomados después de la cosecha, la que se realizó a los 125 días después de la siembra. En el cuadro 10 se presentan los resultados del rendimiento obtenidos en el método de siembra directa con labranza mínima y el método de siembra tradicional.

Cuadro 10. Rendimiento del cultivo (kg/ha), para los tratamientos y las repeticiones en el sitio experimental.

BLOQUE	MÉTODO DE SIEMBRA	
	TRADICIONAL	LABRANZA MÍNIMA
I	3606.39	2807.19
II	3256.74	2667.33
III	3416.58	3296.7
IV	2967.03	3646.35
V	3246.75	3346.65
VI	3186.81	2707.29
VII	3176.82	3346.65
VIII	2997	3426.57
TOTAL	25845.12	25244.71
MEDIA	3231.77	3155.59

En el cuadro 10 se muestra los resultados del rendimiento de cultivo de maíz para los dos tratamientos en el sitio experimental, los datos de la variable rendimiento fueron sometidos a una prueba de diferencias entre medias, con muestras apareadas, el análisis se realizó por medio de una prueba de “t”.

En el cuadro 11 se presenta el resumen de la prueba de “t” para el rendimiento del cultivo de maíz obtenido en el sitio experimental.

Cuadro 11. Resumen de la prueba de “t” de una cola, de las diferencias de muestras apareadas, para el rendimiento del cultivo kg/ha, en los dos métodos de siembra.

METODO DE SIEMBRA	MEDIA DE LAS DIFERENCIAS	T CALCULADA	T TABULADA
Tradicional Labranza Mínima	76.17	0.42	1.895

\* Nivel de significancia al 0.05

$$“t_c” = \frac{\bar{X}}{s / \sqrt{n}}$$

“t” Student’s = gl,  $\alpha$  (5%)

En el cuadro 11 se puede observar el resumen de la prueba de medias para los dos tratamientos, observándose que no se encontraron diferencias significativas (Figura 4A) en el rendimiento del cultivo de maíz, debido a que son menores al nivel de significancia de 0.05.

No se presentan diferencias entre el método de siembra directa con labranza mínima 3,155.59 kg/ha y el método de siembra tradicional 3,231.77 kg/ha (Figura 6), estos rendimientos no son significativos en un período corto, los cambios pueden variar a mediano y largo plazo.

El método de labranza no incidió en el rendimiento del cultivo, los resultados varían a través del tiempo a medida que los suelos se degraden por el uso excesivo de maquinaria y la pérdida de la fertilidad de los suelos por el efecto que provoca la erosión hídrica. El efecto de los tratamientos por rendimiento se observará a mediano y largo plazo.

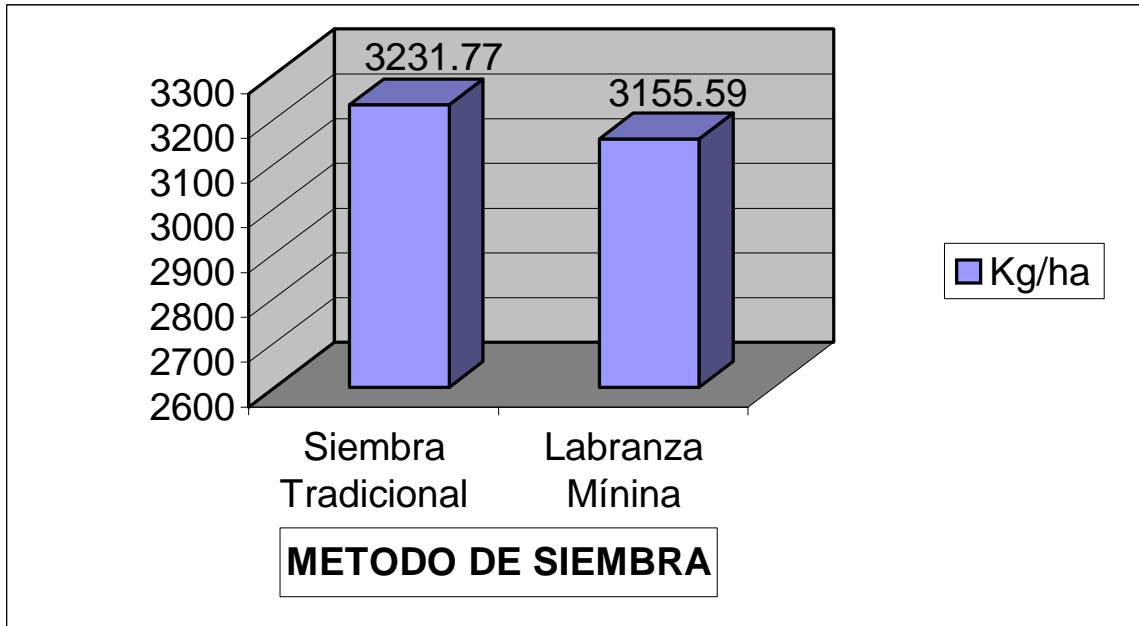


Figura 6. Rendimiento del cultivo kg/Ha, para los dos tratamientos en el sitio experimental. Finca Sabana Grande. Escuintla.

### 7.1.5 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

Para el estudio del comportamiento agronómico del cultivo de maíz para el método de siembra directa con labranza mínima y el método de siembra tradicional, se estudiaron las siguientes variables de respuesta en el sitio experimental: días a la madurez fisiológica del cultivo de maíz, altura de plantas de maíz, longitud de mazorcas y diámetro de mazorcas (cuadro 12).

Cuadro 12. Variables de respuesta, del comportamiento agronómico del cultivo de maíz, en el sitio experimental.

VARIABLES	METODO DE SIEMBRA	
	TRADICIONAL	LABRANZA MINIMA
Madurez fisiológica (días)	125	125
Altura de plantas (mt)	1.99	2.02
Longitud de mazorcas (cm)	20.17	20.03
Diámetro de mazorcas (cm)	5.31	5.32

En el cuadro 12 se puede observar que no se presentan diferencias en la madurez fisiológica del maíz, altura de plantas, longitud de mazorcas y diámetro de mazorcas al sembrar con el método de siembra directa con labranza mínima y el método de siembra tradicional.

En el cuadro 13 se presenta el resumen de los resultados del comportamiento agronómico del cultivo de maíz para los dos tratamientos, los datos de las variables fueron sometidos a una prueba de diferencias entre medias, con muestras apareadas, el análisis se realizó por medio de una prueba de “t”.

Cuadro 13. Resumen de la prueba de “t” de una cola, de las diferencias de muestras apareadas, para el comportamiento agronómico del cultivo, en los dos métodos de siembra.

VARIABLE	MEDIA DE LAS DIFERENCIAS	T CALCULADA	T TABULADA
Días a la Madurez fisiológica	0.0	0.0	1.895
Altura de plantas (mt)	-0.025	-1.71	
Longitud de mazorcas (cm)	0.14	0.67	
Diámetro de mazorcas (cm)	-0.01	-0.27	

\* Nivel de significancia al 0.05

$$“t_c” = \frac{\bar{X}}{s / \sqrt{n}}$$

“t” Student’s = gl,  $\alpha$  (5%)

En el cuadro 13 se puede observar el resumen de la prueba de medias del comportamiento agronómico para los dos tratamientos, observándose que no se encontraron diferencias significativas; días a la madurez fisiológica, altura de plantas (Figura 5A), longitud de mazorcas (Figura 6A), diámetro de mazorcas (Figura 7A), debido a que fueron menores al nivel de significancia de 0.05.

Los datos observados para el comportamiento agronómico del cultivo de maíz no presentaron diferencias entre los dos tratamientos, esto se debe a que la labranza no incide en el crecimiento y madurez fisiológica, los resultados obtenidos demuestran que no fué el método de labranza el que influyó en el comportamiento agronómico del cultivo de maíz debido a que no es un factor limitante que define estos resultados.

Para el comportamiento agronómico del cultivo, los resultados varían en el futuro (mediano y largo plazo) a medida que los suelos se degraden por el uso excesivo de maquinaria y la pérdida de la fertilidad de los suelos por el efecto que provoca la erosión hídrica.

## 7.2 ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA MÍNIMA Y EL MÉTODO DE SIEMBRA TRADICIONAL, EN LA FINCA SABANA GRANDE, ESCUINTLA.

En el cuadro 14 se observan los porcentajes obtenidos entre los dos tratamientos; estos porcentajes se calcularon de acuerdo a la productividad que se obtuvo del cultivo de maíz y la venta del producto en el mercado.

Cuadro 14. Porcentaje de la rentabilidad del cultivo de maíz, para los dos métodos de siembra, en la Finca Sabana Grande. El Rodeo, Escuintla.

METODO DE SIEMBRA	RENTABILIDAD
SIEMBRA TRADICIONAL	24.55 %
SIEMBRA DIRECTA CON LABRANZA MINIMA	27.78 %

En el cuadro 14 se pueden observar los porcentajes del análisis económico para la rentabilidad del cultivo de maíz en el método de siembra tradicional y el método de siembra directa con labranza mínima, observándose que la rentabilidad fue mayor en el método de siembra directa con labranza mínima con una diferencia de 3.23 %.

La diferencia de rentabilidad observada entre los dos métodos (3.23 %) se incrementa en el sistema de siembra tradicional, esto se origina debido a que no se realizó un control químico de las malezas al inicio del cultivo por las labores de mecanización y éstas son

eliminadas de forma manual utilizando jornales, provocando que se incrementen los costos de producción para el sistema de siembra tradicional (Figura 7).

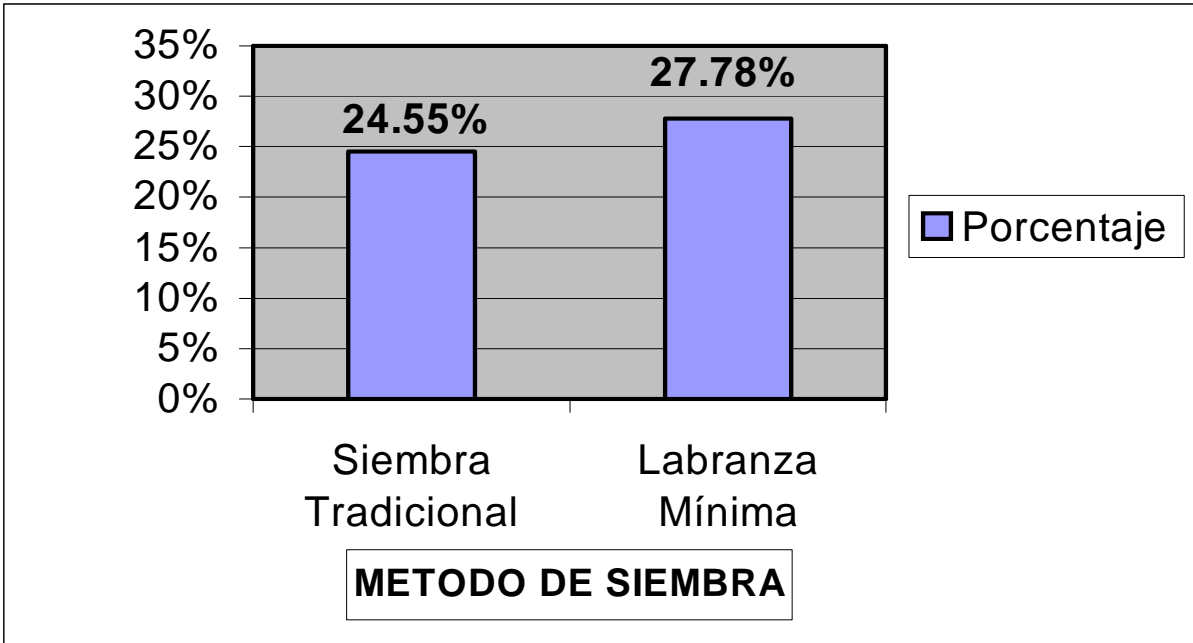


Figura 7. Porcentaje de la rentabilidad del cultivo de maíz, para los dos tratamientos en el sitio experimental. Finca Sabana Grande. Escuintla.

En los cuadros 15 y 16 se presentan los costos de producción y la rentabilidad para el establecimiento de 1 hectárea de maíz para el método de siembra tradicional y para el método de siembra directa con labranza mínima, en condiciones de la Finca Sabana grande, Escuintla.

Cuadro 15. Costo de Producción para una hectárea de maíz, para el método de siembra tradicional. Finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

	CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	TOTAL
I.	<b>COSTOS</b>					
1	<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
	1.1 Arrendamiento del Terreno	Quetzales			428.00	
	1.2 Mecanizada	Quetzales			350.00	
	1.3 Siembra	Jornal	4	25	100	
	1.4 Labores culturales					
	1.4.1 Fertilización	Jornal	5	25	125	
	1.4.2 Aplicación de Plaguicidas	Jornal	5	25	125	
	1.4.3 Limpias	Jornal	12	25	300	
	1.5 Cosecha					
	1.5.1 Dobra	Jornal	3	25	75	
	1.5.2 Tapisca	Jornal	4	25	100	
	1.5.3 Desgrane	Jornal	12	25	300	
	1.6 Insumos					
	1.6.1 Semilla	Libras	42	7.14	300	
	1.6.2 Fertilizantes	qq	6	90	540	
	1.6.3 Pesticidas	Litros	3	125	375	
	<b>SUB TOTAL</b>					3118.00
2	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
	2.1 Administración (10%)				311.8	
	2.1 Intereses (9%)				280.62	
	<b>SUB TOTAL</b>					592.42
	<b>COSTO TOTAL</b>					3710.42
II.	<b>INGRESO BRUTO</b>					
	Venta del producto					4621.50
III.	<b>INGRESO NETO</b>					911.08
IV	<b>RENTABILIDAD</b>					24.55 %

Cuadro 16. Costo de Producción para una hectárea de maíz, para el método de siembra directa con labranza mínima. Finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.

	CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	TOTAL
I.	<b>COSTOS</b>					
1	<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
	1.1 Arrendamiento del Terreno	Quetzales			428.00	
	1.2 Siembra	Jornal	4	25	100	
	1.3 Labores culturales					
	1.3.1 Fertilización	Jornal	5	25	125	
	1.3.2 Aplicación de Plaguicidas	Jornal	7	25	175	
	1.4 Cosecha					
	1.4.1 Dobra	Jornal	3	25	75	
	1.4.2 Tapisca	Jornal	4	25	100	
	1.4.3 Desgrane	Jornal	12	25	300	
	1.5 Insumos					
	1.5.1 Semilla	Libras	42	7.14	300	
	1.5.2 Fertilizantes	qq	6	90	540	
	1.5.3 Pesticidas	Litros	3	125	375	
	1.5.4 Herbicida	Kilogramos	3	150	450	
	<b>SUB TOTAL</b>					2968.00
2	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
	2.1 Administración (10%)				296.8	
	2.1 Intereses (9%)				267.12	
	<b>SUB TOTAL</b>					563.92
	<b>COSTO TOTAL</b>					3531.92
II.	<b>INGRESO BRUTO</b>					
	Venta del producto					4512.30
III.	<b>INGRESO NETO</b>					980.38
IV.	<b>RENTABILIDAD</b>					27.78 %

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 Las cantidades de escorrentía superficial observadas durante el período de investigación fueron de 410.69 m<sup>3</sup>/ha y 1.45 ton/ha de suelo erosionado. El método de siembra directa con labranza mínima presentó la menor cantidad de escorrentía superficial, con 293.61 m<sup>3</sup>/ha y 0.71 ton/ha de suelo erosionado.
- 8.2 El método de siembra tradicional y el método de siembra directa con labranza mínima no influyen en el comportamiento agronómico del cultivo: días a la madurez fisiológica del maíz, altura de planta, diámetro de mazorcas y longitud de mazorcas, comportándose igual en cuanto al desarrollo fisiológico del cultivo. Estas variables necesitan ser evaluadas en un mayor tiempo para concluir si existen efectos o no, debido a que pueden variar en el futuro (largo o mediano plazo).
- 8.3 El método de siembra directa con labranza mínima presentó un costo de producción de Q 3,531.92, con una rentabilidad de 27.78 %, mientras que el costo de producción más alto se presentó en el método de siembra tradicional Q 3,710.42, con una rentabilidad de 24.55 %.

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 El período del cultivo de maíz evaluado es corto, no observándose diferencias sobre el comportamiento agronómico del cultivo. Se recomienda realizar evaluaciones de siembra directa en parcelas de escorrentía con cultivo de maíz con la misma densidad de siembra, con el fin de evaluar los efectos de escorrentía y suelo erosionado a largo plazo sobre el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo, con el objetivo de orientar y capacitar a los agricultores sobre las ventajas de la conservación de los suelos.
- 9.2 Se recomienda el método de siembra directa con labranza mínima en el cultivo de maíz para la región de Escuintla, así como para las regiones productivas con condiciones edáficas y climáticas similares, debido a que este método de siembra presenta protección a los suelos de la escorrentía superficial, erosión y disminuye los costos de producción incrementando la rentabilidad del cultivo.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. ALIANZA NACIONAL PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE. 1996. Labranza de conservación. Guatemala, Monsanto. 6 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. En: Seminario Agricultura Sostenible (1., 1997. Guatemala). Memoria. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. p. 10-22.
4. COLEGIO DE POSTGRADUADOS DE CHAPINGO. 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, México. 248 p.
5. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. s.f. Tecnología de la labranza mínima en la zona de influencia del proyecto Checua. Colombia, CAR-KWF-GTZ. 3 p.
6. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. DELGADO, F. 1987. Prácticas agronómicas de conservación de suelos. Mérida, Venezuela, Universidad Nacional Experimental de Los Llanos "Ezequiel Zamora". 69 p. (Serie Suelos y Clima SC-63).
8. DERPSCH, R. 1995. Efectos de la preparación del suelo en la sustentabilidad de la producción agrícola; experiencias del MERCOSUR. Paraguay, GTZ. 23 p.
9. FAO. s.f. Agricultura de conservación en Brasil. Brasil. 2 p.
10. FRANCIA. CENTRO TÉCNICO FORESTAL TROPICAL; MADAGASCAR. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS. 1977. Conservación de suelos en regiones tropicales (Africa y Madagascar). Trad. Por José A. Castillo. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierra. 120 p.

11. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. s.f. Datos climatológicos de la estación meteorológica Sabana Grande, Escuintla. Sin Publicar.
12. GUATEMALA. SECRETARIA GENERAL DE PLANIFICACIÓN; GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACION; GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
13. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1987. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja cartográfica Alotenango, no. 2059 III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
14. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1978. Mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. 4h. Color.
15. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1982. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
16. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. s.f. Mapa de regiones fisiográficas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
17. LEVIN, R.I.; RUBIN, S.D. 1996. Estadística para administradores. 6 ed. México, Prentice-Hall Hispanoamérica. 1018 p.
18. LÓPEZ HERNÁNDEZ, J.E. 1990. Segunda evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 56 p.
19. MONSANTO. s.f. Labranza de conservación; para que su finca marche mejor. Guatemala. 7 p.
20. MORALES MÉRIDA, J.C. 1983. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. 72 p.
21. NEW HOLLAND. s.f. De la labor de arada tradicional a la labranza mínima. España. p. 1.
22. OLIVEROS, M.A.; MILLAN, A.J.; VILLAROEL, D.A. s.f. Importancia del control de las malezas en las sabanas orientales. Venezuela, Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Monagas. 3 p.

23. ORTEGA, Y. s.f. Roundup herbicida de Monsanto; manual técnico, solución inteligente para el control de malezas. San José, Costa Rica. 22 p.
24. PADILLA CAMBARA, T.; ESPAÑA MORALES, H.E. 2000. Determinación de la capacidad de uso y uso actual de los suelos de la Unidad Docente Productiva finca Sabana Grande, Facultad de Agronomía, municipio de Escuintla, departamento de Escuintla. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 17 p.
25. PARAGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1995. Proyecto conservación de suelos. Paraguay, GTZ. Boletín Informativo. no. 48:1-5.
26. PERDOMO, R. 1968. Estudio de la génesis, morfología, propiedades físicas, químicas, mineralógicas y cartografía de suelos de la finca Sabana Grande, Escuintla. Guatemala, FAUSAC. 73 p.
27. PEREZ L., H.E. 1995. Evaluación de la cobertura vegetal y la pendiente sobre la erosión hídrica en al parte alta de la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango; fase II. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 99 p.
28. SEMEATO, S.A. 2000. Siembra directa. Servicio de atención al consumidor final. Brasil. 114 p.
29. SIMMONS, C.H.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. s.f. Carta agrológica de reconocimiento de la república de Guatemala; hoja Escuintla. Guatemala, Servicio Cooperativo Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Esc. 1:400,000. Color.
30. SUAREZ DE CASTRO, F. 1979. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 315 p.
31. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, SECRETARÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA. s.f. Libro de actas. Guatemala. 200 p.

## 11. APENDICE

Figura 1A. Distribución de los tratamientos evaluados en el campo experimental.

Labranza Mínima	Método Tradicional	Labranza Mínima	Método Tradicional	Labranza Mínima	Método Tradicional	Labranza Mínima	Método Tradicional
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
Método Tradicional	Labranza Mínima	Método Tradicional	Labranza Mínima	Método Tradicional	Labranza Mínima	Método Tradicional	Labranza Mínima
<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>

$$"tc" = \frac{\bar{X}}{S / \sqrt{n}}$$

$\bar{X}$  = Media

S = Desviación estándar

"t" Student's = gl ,  $\alpha$  (5%)

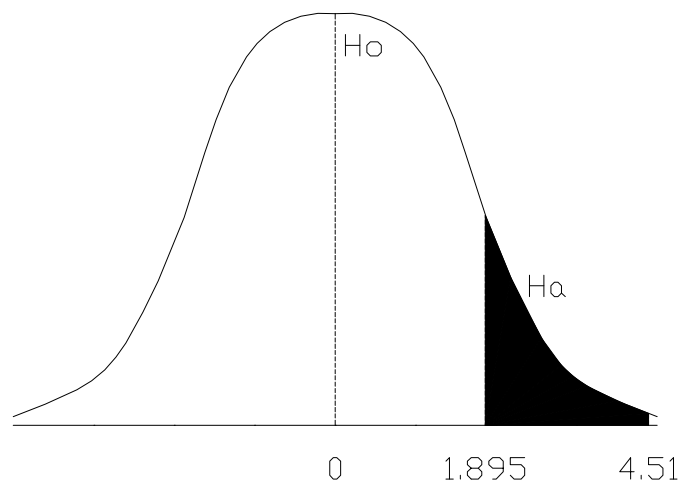


Figura 2A. Prueba de hipótesis de un extremo al 0.05 de significancia para la variable de respuesta, escorrentía superficial. Finca Sabana Grande. Escuintla.

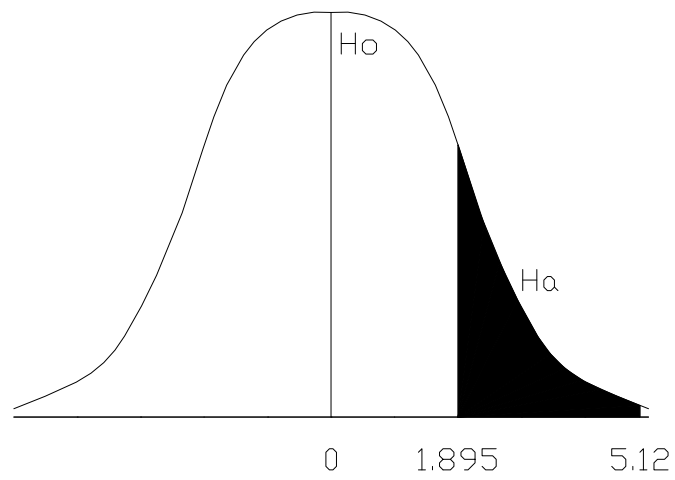


Figura 3A. Prueba de hipótesis de un extremo al 0.05 de significancia para la variable de respuesta, suelo erosionado. Finca Sabana Grande. Escuintla.

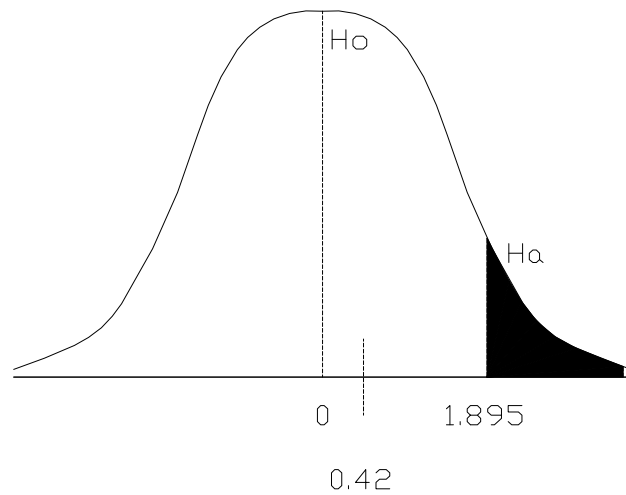


Figura 4A. Prueba de hipótesis de un extremo al 0.05 de significancia para la variable de respuesta, rendimiento del cultivo. Finca Sabana Grande. Escuintla.

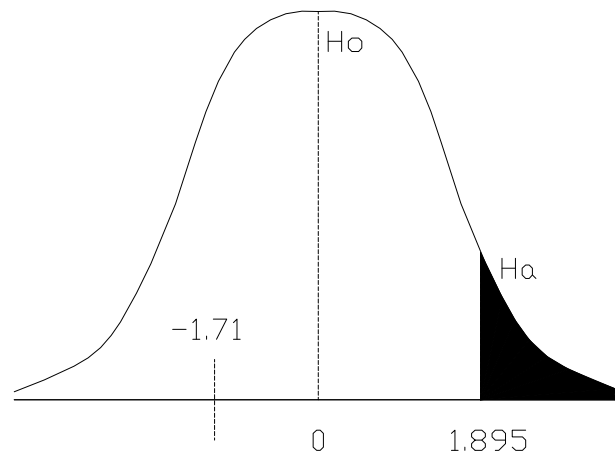


Figura 5A. Prueba de hipótesis de un extremo al 0.05 de significancia para la variable de respuesta, altura de plantas. Finca Sabana Grande. Escuintla.

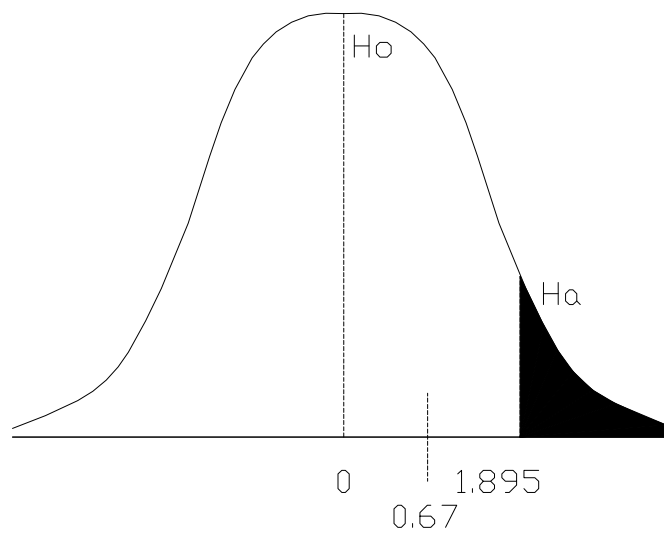


Figura 6A. Prueba de hipótesis de un extremo al 0.05 de significancia para la variable de respuesta, longitud de mazorcas. Finca Sabana Grande. Escuintla.

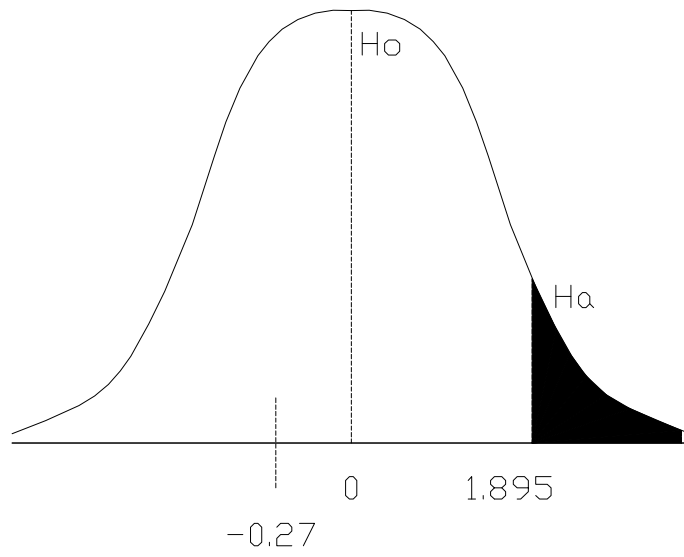


Figura 7A. Prueba de hipótesis de un extremo al 0.05 de significancia para la variable de respuesta, diámetro de mazorcas . Finca Sabana Grande. Escuintla.



